



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

## CAMPUS GUADALAJARA

**"LEAN CONSTRUCTION EN  
ESTRUCTURAS METÁLICAS"**

**DANIEL DETTMER CALDERÓN**

**DR. FRANCISCO MORENO ABRIL**

Director de tesis

Tesis presentada para optar por el grado de  
Maestro en Administración de la Construcción  
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios  
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,  
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 2 de junio del 2025



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

## CAMPUS GUADALAJARA

Junio del 2025

MTRO. MARIO ANTONIO LEAL GONZÁLEZ  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE EXÁMENES DE GRADO  
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que **Daniel Dettmer Calderón**, de la Maestría en Administración de la Construcción, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa "TESIS", titulada:

### **"LEAN CONSTRUCTION EN ESTRUCTURAS METÁLICAS"**

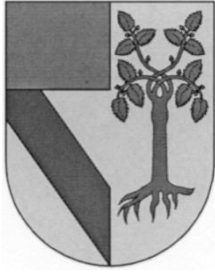
Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

DR. FRANCISCO MORENO ABRIL

ASESOR DE TESIS



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

## CAMPUS GUADALAJARA

### DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO

SR. DANIEL DETTMER CALDERÓN

Presente.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de “**TESIS**”, titulada:

"LEAN CONSTRUCTION EN ESTRUCTURAS METÁLICAS"

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar cinco ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

MTRO. MARIO ANTONIO LEAL GONZÁLEZ  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN

## **DEDICATORIA**

Este espacio quiero dedicarlo a aquellas personas que me han impulsado a ser mejor persona cada día y un mejor profesionalista. Quiero dedicar esta tesis, principalmente, a mi familia. A mis padres, Daniel y Tania, por formarme en el ser humano que soy ahora, a mis abuelos Otto Uwe, María del Rosario y Silvia Alicia por siempre estar ahí para mí y brindarme un consejo cuando lo necesito. Finalmente, a todos aquellos que me han animado a estudiar dicha maestría y a realizar esta tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

El desarrollo de esta tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de mis compañeros, amigos y familiares. Quisiera agradecer en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de poder estudiar esta maestría. Como segundo lugar quiero agradecer a mi madre Tania y mi padre Daniel, que han sido un apoyo incondicional en mi desarrollo profesional y humano. Sin ellos, simplemente no hubiera sido posible. Un especial agradecimiento también a mis tres hermanos por siempre apoyarme en mis proyectos. También, debo mencionar a mis abuelos y mi abuelita, que siempre, por medio de sus consejos y sabiduría, me orientan y han sido un soporte a lo largo de mi vida. Agradezco profundamente a mi novia Valeria, por impulsarme también en el desarrollo de mi tesis y recordarme que todos los días debo trabajar en ella, así como por su apoyo en todo momento. Quiero también hacer un especial agradecimiento a todos mis profesores de la maestría que me han ayudado en el desarrollo de la tesis, en especial al Dr. Francisco Moreno Abril, por su paciencia y orientación en el desarrollo de la misma.

## RESUMEN

Actualmente, en la construcción, cada vez nos enfrentamos a una serie de diversos desafíos que impactan en tres rubros importantes: costo, tiempo y calidad. La volatilidad de los precios de materiales, la escasez de mano de obra calificada y los retrasos en los suministros de materiales en tiempo y forma han incrementado los riesgos financieros y la incertidumbre en la planeación. A su vez, la falta de una programación eficiente, la coordinación deficiente entre contratistas y proveedores, así como la ausencia de herramientas de control en tiempo real, provocan incrementos en el presupuesto y modificaciones al cronograma inicial. Estos factores no solo impactan la rentabilidad de los proyectos, sino que también comprometen la satisfacción del cliente y la competitividad de las empresas constructoras en un mercado cada vez más exigente.

Para poder abordar esta problemática, se pretende, primero, hacer una descripción detallada acerca de las herramientas *Lean* que existen y cómo se pueden aplicar estos principios en una empresa, con la finalidad de conocer qué retos se presentan a la hora de su implementación, así como los beneficios que pueden traer. Se realizará también una encuesta que, al finalizarla, se analizarán los resultados obtenidos con el fin de poder concluir si las herramientas *Lean* disminuyen los costos, tiempos y mejoran la productividad en los proyectos de construcción de estructuras metálicas.

La presente tesis plantea como hipótesis que la aplicación de herramientas *Lean* en un proyecto de estructura metálica, puede reducir tiempos de entrega, costos y mejorar la productividad. Para verificarlo, se establecen objetivos específicos orientados a medir el nivel de implementación *Lean* en el sector, así como cuantificar sus efectos en tiempo, costo y desempeño. Para poder llegar a una conclusión, se realizará una investigación documental que se verá complementada con trabajo de campo al realizar encuestas

Finalmente, la tesis incluye un análisis FODA y CAME de la empresa donde laboro actualmente, en el cual se identifican las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en relación con la adopción de prácticas *Lean*. Finalmente, por medio de los resultados obtenidos de las encuestas y su análisis, se determina si la hipótesis

es válida y se concluye al describir recomendaciones prácticas para la implementación de *Lean Construction* en proyectos de estructuras metálicas.

## ÍNDICE GENERAL:

<b>CAPÍTULO 1, INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1 PORQUÉ DE LA TESIS.....	13
1.2 ANTECEDENTES.....	13
1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	15
1.3.1 HIPÓTESIS.....	15
1.3.2 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.3 OBJETIVOS PARTICULARES .....	15
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5 METODOLOGÍA .....	16
1.6 DESCRIPCIÓN DE LA TESIS.....	16
<b>CAPÍTULO 2, MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	17
2.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	17
2.2 CONCEPTOS BÁSICOS .....	18
2.2.1 ¿QUÉ ES LEAN? .....	18
2.2.2 ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION? .....	18
2.2.3 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO .....	19
2.2.4 ¿QUÉ ES UN PROYECTO ESTRUCTURAL?.....	19
2.2.5 ¿QUÉ ES UN PROYECTO ESTRUCTURAL METÁLICO?.....	20
2.3 HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCTION.....	20
2.3.1 LAST PLANNER SYSTEM .....	20
2.3.2 HERRAMIENTAS KAIZEN .....	21
2.3.3 TAKT TIME.....	22
2.3.4 HEIJUNKA.....	23
2.3.5 JIDOKA .....	24
2.4 BIM EN LA CONSTRUCCIÓN .....	25
2.4.1 DIMENSIONAMIENTO BIM.....	25
2.4.2 3D, 4D Y 5D .....	26
2.4.3 7D COMISSIONING .....	27

2.5	LEAN CONSTRUCTION EN MÉXICO .....	28
2.5.1	BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN .....	28
2.5.2	IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION RECOMENDADA ..	28
2.6	FODA Y CAME PARA IMPLEMENTACIÓN.....	29
2.6.1	FODA .....	29
2.6.2	CAME.....	30
<b>CAPÍTULO 3,</b>	<b>ENCUESTAS, Y RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
3.1	INTRODUCCIÓN.....	31
3.1.1	TAMAÑO DE MUESTRA.....	31
3.1.2	¿CÓMO HACER UNA ENCUESTA? .....	32
3.2	ENCUESTAS.....	33
3.2.1	FODA Y CAME.....	41
<b>CAPÍTULO 4,</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
4.1	INTRODUCCIÓN.....	46
4.2	ENCUESTA .....	46
4.3	ANÁLISIS DE OBJETIVOS.....	71
4.3.1	OBJETIVO PARTICULAR 1 .....	71
4.3.2	OBJETIVO PARTICULAR 2 .....	72
4.3.3	OBJETIVO PARTICULAR 3 .....	72
4.3.4	OBJETIVO PARTICULAR 4 .....	72
4.3.5	OBJETIVO GENERAL.....	73
<b>CAPÍTULO 5,</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
5.1	INTRODUCCIÓN.....	73
5.2	ANÁLISIS DE LA HIPÓTESIS.....	74
5.3	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	75
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>76</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla 1 Herramientas a Aplicar en Taller al Implementar Lean Construction por Rango.....</i>	<b>63</b>
<i>Tabla 2 Herramienta Principal de para Optimización de Recursos.....</i>	<b>65</b>

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Imagen de las 8 categorías de desperdicios en Lean Lean Construction.....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 2 Caja de Heijunka (Toneva, s.f.) .....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 3 Dimensiones de BIM.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 4 Las claves del éxito para la implementación de Lean Lean Construction.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 5 FODA de la empresa.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 6 CAME de la empresa.....</i>	<i>43</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 Ramo de la Construcción .....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfico 2 Área de Puesto en la Empresa .....</b>	<b>47</b>
<b>Gráfico 3 Implementación de Herramientas .....</b>	<b>47</b>
<b>Gráfico 4 Frecuencia de Uso de Herramientas .....</b>	<b>48</b>
<b>Gráfico 5 Frecuencia de Implementación de Herramientas en Proyectos Metálicos.....</b>	<b>48</b>
<b>Gráfico 6 Ventajas en Reducción de Tiempos al Usar Herramientas .....</b>	<b>49</b>
<b>Gráfico 7 Reducción de Costos al Usar Herramientas .....</b>	<b>49</b>
<b>Gráfico 8 Optimización de Recursos al Usar Herramientas .....</b>	<b>50</b>
<b>Gráfico 9 Comparativa de Costos al Usar Herramientas .....</b>	<b>50</b>
<b>Gráfico 10 Reducción de Tiempos de Entrega al Usar Herramientas .....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 11 Reducción de Plazos de Ejecución al Usar Herramientas .....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 12 Comparativa de Retrasos de Obra al Usar Herramientas .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 13 Mejora en Productividad al Usar Herramientas .....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 14 Incremento de Eficiencia al Usar Herramientas .....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 15 Opiniones Sobre los Beneficios al Usar Herramientas .....</b>	<b>54</b>
<b>Gráfico 16 Uso de Herramientas en Proyectos Metálicos.....</b>	<b>54</b>
<b>Gráfico 17 – Comparativa de Uso de Herramientas en Proyectos .....</b>	<b>57</b>
<b>Gráfico 18 Motivos de Desuso de Herramientas en Proyectos Metálicos .....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico 19 Estandarización de Herramientas en Proyectos Metálicos .....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico 20 Reducción de Costos al Utilizar Herramientas .....</b>	<b>61</b>
<b>Gráfico 21 Rentabilidad de Proyectos al Utilizar Herramientas .....</b>	<b>61</b>
<b>Gráfico 22 Eficiencia de los Equipos de Trabajo al Utilizar Herramientas .....</b>	<b>62</b>
<b>Gráfico 23 Expectativas de Cambio Cultural al Implementar .....</b>	<b>62</b>
<b>Gráfico 24 Herramientas a Aplicar en Taller al Implementar Lean Construction .....</b>	<b>63</b>
<b>Gráfico 25 Herramienta a Aplicar para Reducir Tiempos de Entrega en Taller</b>	<b>64</b>
<b>Gráfico 26 Herramienta Principal de para Optimización de Recursos.....</b>	<b>64</b>
<b>Gráfico 27 – Herramienta a Aplicar para Optimizar Recursos en un Taller.....</b>	<b>65</b>
<b>Gráfico 28 Aspectos de Mejora al Aplicar .....</b>	<b>68</b>
<b>Gráfico 29 Factores Claves para Implementación de Lean Construction .....</b>	<b>71</b>

## INDICE DE FÓRMULAS

<i>Fórmula 1 Para el cálculo del Takt Time .....</i>	<b>22</b>
<i>Fórmula 2 Tamaño de la muestra (QuestionPro, s.f.).....</i>	<b>31</b>

## CAPÍTULO 1, INTRODUCCIÓN

### 1.1 PORQUÉ DE LA TESIS

Como constructores en el ámbito de la ingeniería civil, día a día nos enfrentamos a la resolución de algún problema. Es intrigante, pero todos los días, sin excepción, hay algún problema a resolver. Uno de los desafíos con el que me he enfrentado en el ámbito profesional es el incumplimiento de los tiempos de entrega de obra con el cliente. Las obras tienden a retrasarse y, muchas veces, no sabemos cómo recuperar dicho tiempo para salir en forma. Sí sabemos el por qué; sin embargo, el cómo es más complicado.

Mi experiencia como profesionista me ha permitido poder observar estos problemas; sin embargo, no me he detenido lo suficiente como para poder analizarlo objetivamente. Los incumplimientos con el cliente vienen de la mano por diversas razones: la falta de planeación de la ejecución de la obra, los cambios en el proyecto a último momento, la falta de información para arrancar con los proyectos, errores constructivos, etc.

Esta tesis pretende poder abordar el problema por medio de una encuesta para la recopilación de datos concretos relacionados con la aplicación de herramientas *Lean* en la construcción, al final se pretenden analizar los resultados, así como establecer una sugerencia de cómo pudiéramos implementar las herramientas para nuestros proyectos, con la finalidad de poder terminarlos en tiempo y forma.

### 1.2 ANTECEDENTES

El término *Lean*, es una filosofía de trabajo que tiene su auge a finales del siglo XX en la producción de la industria automovilística cuando los japoneses abarcaban el 40% de este mercado. Esta filosofía proporcionaba “mejor calidad a menor costo, con

plazos de entrega mucho más cortos y eliminando pérdidas”. El sistema que impulsó el desarrollo de dicho término es el Sistema de Producción Toyota (TPS) desarrollado tras la segunda guerra mundial por los japoneses. Este sistema buscaba eliminar lo más posible las actividades que no añadieran valor al producto final proporcionando una mejor calidad a menor costo. (Vegas, 2024)

Se define *Lean Construction* “como la optimización de las actividades que agregan valor a un proyecto constructivo mientras se reducen o eliminan las que no lo hacen”. Para ello, *Lean Construction* desarrolla herramientas específicas aplicadas a la ejecución de obra y a instaurar un sistema productivo que elimine o minimice los residuos (Vegas, 2024).

“En el *Lean Construction* se establecen 8 categorías de desperdicios o residuos” (Vegas, 2024) mencionados a continuación (ilustración 1):

- 1.- Talento NO Utilizado
- 2.- Inventario
- 3.- Movimiento
- 4.- Espera
- 5.- Transporte
- 6.- Defectos
- 7.- Sobreproducción
- 8.- Sobre procesamiento



**Ilustración 1. Imagen de las 8 categorías de desperdicios en Lean Construction.**

Del mismo modo, *Lean Construction* está enfocado “en mejorar tres procesos con el objetivo de aumentar la eficiencia”, dichos objetivos son los siguientes: transformación, planificación y control. La *transformación*, se refiere a la minimización o eliminación de los flujos, entendidos como el recorrido que los materiales completan hasta su instalación en obra. La *planificación*, define criterios y estrategias para alcanzar los objetivos del proyecto. Por último, el *control* asegura que cada actividad se realiza en la secuencia prevista. (Vegas, 2024)

El *Lean Construction* “tiene como objetivo encontrar la excelencia, no sólo del producto final, sino también de la empresa responsable. Para ello, se busca aplicar la filosofía a todo el ciclo de vida completo de un proyecto” (Vegas, 2024). A continuación, se enlistan algunas de las herramientas que se pueden utilizar de forma independiente, o bien en conjunto, para la implementación de esta filosofía: *Lean Project Delivery System* (LPDS), Ejecuciones Integradas al Proyecto (IPD), *Last Planner System* (LPS), Líneas de Balance (LOB), Medición de Pérdidas, *Takt Time*, *Scrum*, *Kanban*, entre otras. (Vegas, 2024)

### 1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

#### 1.3.1 HIPÓTESIS

“Al aplicar las herramientas de *Lean Construction* en un proyecto de estructura metálica, podemos reducir los tiempos de entrega, productividad y costo de obra.”

#### 1.3.2 OBJETIVO GENERAL

Poder hacer una comparativa de la implementación de las herramientas de construcción en un proyecto, determinando la mejora en diversos aspectos referentes al tiempo, productividad y costo del proyecto.

#### 1.3.3 OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Determinar el nivel de implementación de la herramienta de *Lean Construction* en la industria de la construcción
- b) Medir la reducción del costo al implementar las herramientas *Lean*.
- c) Medir la reducción del tiempo de entrega del proyecto al implementar las herramientas *Lean*.
- d) Medir la productividad al implementar las herramientas *Lean*.

## 1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Se limitará la investigación en base al siguiente estudio: el estudio de los empresarios de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), delegación Jalisco, con los cuales se determinará el uso de la herramienta de *Lean Construction*.

Con el desarrollo de esta tesis podremos observar los resultados que las encuestas nos arrojan para poder tener una mejor visión sobre el uso de herramientas *Lean*, específicamente empleadas en proyectos de estructuras metálicas.

## 1.5 METODOLOGÍA

Como objeto de esta tesis, se hará una investigación de tipo documental, puesto que se tratará de analizar herramientas *Lean* que son aplicables a proyecto de estructuras metálicas. Se presentan a continuación los pasos a seguir para dicha metodología:

- 1.- Planteamiento de antecedentes, hipótesis y objetivos.
- 2.- Alcance y delimitación de la tesis.
- 3.- Marco Teórico.
- 4.- Diseño de estudio del proyecto (recopilación de información y de datos para su estudio).
- 5.- Medición, encuestas y resultados del proyecto.
- 6.- Análisis del proyecto ejecutado.
- 7.- Conclusiones.

## 1.6 DESCRIPCIÓN DE LA TESIS

Esta tesis constará de cinco capítulos generales.

- Capítulo I Introducción, el cual abarcará de forma introductoria la problemática y los aspectos de manera general.
- Capítulo II Marco Teórico, en el cual se mencionará con mayor detalle el conocimiento del problema.
- Capítulo III Medición, en dicho capítulo se investigará acerca de la hipótesis a resolver y de cómo se medirá y cuáles serán dichos parámetros.

- Capítulo IV Análisis, en el cual se describirán los resultados obtenidos de la investigación.
- Capítulo V Conclusiones, en el cual se dará a conocer si la hipótesis resultó ser correcta, así como las opiniones personales del autor. Y, finalmente la Bibliografía.

## **CAPÍTULO 2, MARCO TEÓRICO**

### 2.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se habla acerca de los conceptos básicos respecto a *Lean Construction*, qué es *Lean* y cuáles son las diferencias respecto a *Lean Construction*. También, se describe lo que es un proyecto, así como sus características principales y las diferencias que existen respecto a un proyecto estructural metálico. Algunas de las herramientas de *Lean*, que se abordan en el capítulo son: *Last Planner System*, herramientas *Kaizen*, *Takt Time*, *Heijunka*, herramientas *Kanban*, entre otras. Así mismo, se abordan temas como *BIM*, *BIM* en la construcción y un poco de historia de en México, así como las barreras que se presentan en su implementación en las empresas.

Estas herramientas se describen con la finalidad de poder tener un panorama mucho más amplio del tema, así como también poder conocer lo que existe respecto a *Lean*, en la actualidad. Esto sirve como una base para la tesis y poder continuar con el análisis del estudio que nos respecta.

#### 2.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para las fuentes de información para este capítulo, se investigarán en fuentes de internet, *papers*, escritos importantes tales como tesis existentes y libros que sean relevantes al tema que nos interesa ahondar más.

## 2.2 CONCEPTOS BÁSICOS

### 2.2.1 ¿QUÉ ES LEAN?

*El término Lean, tuvo origen en Japón a finales de los años 50. Dicho término fue desarrollado por ingenieros de una empresa ensambladora de automóviles cuyo nombre era Toyota Motors. Sin embargo, el pionero más reconocido de este tema fue Taiichi Ohno. Taiichi, fue el encargado de buscar la eliminación de los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes, haciendo a un lado la tradicional producción en masa, por la producción a pedido del cliente, evitando así la acumulación de mercancía. Taiichi, creó el proceso de manufactura llamado “Toyota Production System” (TPS) minimizando las existencias y defectos en todas las operaciones, con el objetivo de mejorar la producción de fábrica y conseguir el mercado automotriz en Japón. (Gómez, 2011)*

### 2.2.2 ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION?

*Es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agreguen valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello, se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos, a todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. (Sánchez, 2014)*

### 2.2.3 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

El ciclo de vida de un proyecto incluye todos los pasos y fases necesarias para que los encargados de proyectos, puedan llevar a cabo la gestión de los mismos de principio a fin. Hay 5 fases en el ciclo de vida del proyecto y cada una de ellas incluye un conjunto de pasos que deben ejecutarse en todo caso. Las 5 fases del ciclo de vida de un proyecto son las siguientes (Martínez, 2025) :

- **Inicio:** La fase inicial del ciclo de vida de un proyecto consta de sólo dos pasos independientes: el acta de constitución del proyecto y el registro de partes interesadas. El objetivo de esta fase es determinar la visión del proyecto, documentar lo que se espera lograr y obtener la aprobación de la parte con capacidad de decisión.
- **Planificación:** Durante la fase de planificación se construye la infraestructura del proyecto. Esta, es la encargada de permitir que se logre el objetivo final y que se haga dentro de las limitaciones predeterminadas de tiempo y presupuesto.
- **Ejecución:** Esta fase es crítica, ya que es cuando las ideas y planificaciones comienzan a cobrar vida y se materializa la visión del proyecto a través de la acción coordinada de equipos y recursos. Durante esta etapa, se asignan roles y responsabilidades específicos, para facilitar la dirección de los esfuerzos hacia metas previamente definidas.
- **Control:** Durante esta fase, se monitoriza el progreso real del proyecto en comparación con el plan y se ponen en marcha las medidas correctivas necesarias. Con independencia de lo razonable que sea un plan, en la práctica siempre van a ser necesarios ajustes, por eso esta fase es también de gran relevancia.
- **Cierre:** La fase de cierre es la fase final del ciclo de vida de un proyecto y es donde se pueden obtener las conclusiones pertinentes acerca de todo el proceso. Es esencial cerrar formalmente el proyecto y obtener la aprobación escrita del cliente y de las demás partes interesadas.

### 2.2.4 ¿QUÉ ES UN PROYECTO ESTRUCTURAL?

El proyecto de la estructura de una edificación consiste en la redacción de la documentación necesaria y suficiente para definir adecuadamente las soluciones técnicas a adoptar, que permitirán la construcción de la edificación en cuestión, siempre atendiendo a la normativa vigente en cada momento. Dicho proyecto de la estructura, quedará integrado en el proyecto global de la edificación, ya sea como un proyecto parcial, bajo la autoría y responsabilidad del consultor de estructuras, o bien, la estructura proyectada será una parte más del proyecto de edificación, el cual

quedará de forma íntegra bajo la autoría y responsabilidad del proyectista principal. (Rabuso, 2021)

### 2.2.5 ¿QUÉ ES UN PROYECTO ESTRUCTURAL METÁLICO?

La estructura metálica es un tipo de soporte utilizado en la construcción civil compuesto por perfiles metálicos, principalmente acero. Este está formado fundamentalmente por hierro y carbono y su resistencia depende de la cantidad de carbono utilizada. Este tipo de construcción en seco se puede aplicar en diversos proyectos por sus grandes ventajas. (...) Una estructura metálica, es una obra civil que está sostenida principalmente por perfiles metálicos como el acero. Este tipo de construcción ingresa dentro de las construcciones en seco, ya que no utiliza agua en su edificación, lo que acelera tiempo y ahorros económicos. Desde los primeros puentes metálicos hasta los edificios comerciales y residenciales más modernos, el acero se ha utilizado cada vez más en la construcción civil desde el siglo XVIII, lo que permite soluciones audaces y eficientes para innumerables tipos de trabajo. (Lesnik, 2021)

## 2.3 HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCTION

### 2.3.1 LAST PLANNER SYSTEM

*El primer documento técnico sobre Last Planner System fue publicado en 1994 y, posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis doctoral del año 2000. Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”. Ante la pregunta “¿qué vamos a hacer la semana próxima?”, la respuesta más probable es “lo que está en el programa”, o “lo que está generando más urgencia”. Los supervisores consideran que su trabajo es mantener la presión sobre los subordinados para seguir produciendo a pesar de los obstáculos. La entrega irregular de*

*recursos y la terminación impredecible de los trabajos previamente necesarios, invalidan la presunta ecuación de “lo que se hará” con “lo que debería hacerse” y rápidamente da lugar al abandono de la planificación que dirige la producción real.*

*Es un sistema de trabajo que se realiza semana tras semana desde el inicio de la obra, esto se hace en una habitación grande que esté instalada lo más cerca posible de la obra, aquí se reúnen todos los del equipo de trabajo. Las decisiones son tomadas cuando todo el equipo está a favor; una vez aceptadas, los equipos de trabajo deben asegurarse de que cuenten con los recursos necesarios y el tiempo suficiente para completar el trabajo. Lo que este sistema trata de hacer es que un “debería hacerse” se convierta en “se puede hacer”, creando un flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido. Esto sólo pueden ser logrado cuando todo el equipo trabaja en colaboración, comprometiéndose a realizar bien sus tareas semana tras semana. (Achell, 2014)*

### 2.3.2 HERRAMIENTAS KAIZEN

Hace referencia a un término japonés que establece una permanente mejora en la calidad. Este término motiva al personal inmerso en el proceso a implementar mejoras continuas a modo de reducir costos y generar una política de cero defectos, en ciertos casos es requerida una propuesta nueva de manera semanal; por lo que esto requiere que el personal esté involucrado en el proyecto. (Pons & Rubio, Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner System, 2019)

La mentalidad *Kaizen*, se desprende de los siguientes puntos (Ponz, 2018):

1. Todo puede y debe ser mejorado.
2. No debe pasar ningún día sin que se realice algún tipo de mejora.
3. Piensa en la expectativa del cliente y esfuérate en proporcionárselo.
4. No critiques, sugiere y mejora.
5. Piensa en cómo mejorar, en vez de por qué no puede mejorarse.

6. Piensa más allá del sentido común. Incluso, si algo va bien, busca la forma de hacer que vaya aún mejor.
7. Afronta la solución de los problemas desde un enfoque sistémico y colaborativo.

### 2.3.3 TAKT TIME

Este término tiene su origen de la palabra alemán *takt*, que significa latido o pulso. Fue utilizado por primera vez en 1930 en Alemania para la manufactura de aviones. Posteriormente, este término contribuyó significativamente en el *TPS (Toyota Production System)*.

El *Takt Time*, es la velocidad a la que se debe completar un producto para satisfacer la demanda del cliente. Por ejemplo, si recibes un nuevo pedido de producto cada 4 horas, tu equipo debe terminar un producto en 4 horas o menos para poder satisfacer la demanda. *Takt Time* es tu tiempo de venta y puede fácilmente ser considerado como el latido de tu proceso de trabajo. Éste, te permite optimizar tu capacidad de la manera más apropiada para satisfacer la demanda sin tener demasiado inventario en reserva (Tsonev, Businessmap, s.f.).

Para poder calcular el *Takt Time*, se utiliza la siguiente fórmula (Tsonev, Businessmap, s.f.):

#### **Fórmula 1 Para el cálculo del Takt Time**

$$Takt\ Time = \frac{Total\ Available\ Production\ Time}{Average\ Customer\ Demand}$$

Con el fin de obtener un resultado preciso utilizando esta fórmula de *Takt Time*, se debe utilizar tanto el tiempo de producción disponible, como la demanda por periodos de tiempo (Tsonev, Businessmap, s.f.).

- **Tiempo de entrega (*lead time*)** es el periodo de tiempo entre la recepción de un pedido y el momento en que el cliente recibe el valor.
- **Tiempo de ciclo** es el tiempo en que tu equipo trabaja activamente en un pedido de un cliente.
- ***Takt Time*** es el periodo máximo de tiempo que debes cumplir para satisfacer la demanda del cliente (Tsonev, Businessmap, s.f.).

#### 2.3.4 HEIJUNKA

*Heijunka es un método Lean para reducir las desigualdades en un proceso de producción y minimizar las posibilidades de sobrecarga. El término Heijunka proviene del japonés y significa “nivelación”. Este puede ayudarte a reaccionar ante los cambios de la demanda y a utilizar tu capacidad de la mejor manera posible.*

*Al implementar Heijunka, puedes dejar de producir trabajo en lotes y comenzar a procesar pedidos de acuerdo con la demanda del cliente. Esto te permitirá reducir los costos de inventario ya que, cuando el volumen de pedidos es bajo, tendrás una menor cantidad de productos en reserva a la espera de ser comprados. Por otro lado, tu proceso y tu equipo estarán protegidos de la sobrecarga cuando haya un aumento de demanda ya que estarás produciendo valor de acuerdo con tu Takt Time, o, mejor dicho, tu tasa de venta promedio (Toneva, s.f.).*

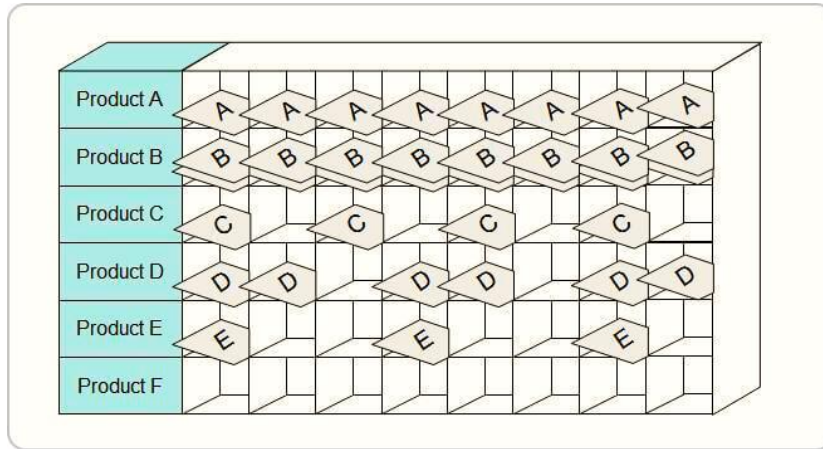
El método *Heijunka*, tiene 2 formas de nivelar los recursos:

1. Nivelación por volumen.
2. Nivelación por tipo.

La nivelación por volumen, describe que, “al establecer un flujo de trabajo continuo, debes detener el procesamiento del trabajo en lotes para producir sólo lo que se ha pedido y mantener los costos de inventario bajos” (Toneva, s.f.).

*(La nivelación por tipo) es aplicable cuando se gestiona una cartera de productos. Esta te permite nivelar la producción en función de la demanda promedio de cada producto en cartera y organizar tu trabajo en torno a ella. El principio sigue siendo el mismo; creas suficientes productos de cada tipo para satisfacer la demanda promedio de los clientes. (Toneva, s.f.)*

*Una caja de Heijunka es una herramienta de programación utilizada para visualizar los elementos de trabajo que deben completarse para satisfacer la demanda promedio del cliente. Básicamente, es un sistema que visualiza los pedidos de cada producto y de acuerdo con la demanda promedio, nivela una secuencia de producción para lograr un flujo óptimo (Toneva, s.f.). (ilustración 2)*



La *caja Ilustración 2 Caja de Heijunka (Toneva, s.f.)* típica de Heijunka, es una cuadrícula dividida por el tipo de producto y la cantidad que debe producirse cada día de la semana laboral. Las filas horizontales representan cada producto de la cartera mientras que las columnas verticales son para cada día de la semana laboral. Cada caja sirve como contenedor para los elementos de trabajo programados que tu equipo debe completar. (Toneva, s.f.)

### 2.3.5 JIDOKA

*Jidoka es un método Lean ampliamente adoptado en la manufactura y el desarrollo de productos. Conocido también como automatización, es una manera simple de proteger a tu empresa de entregar a tus clientes productos de baja calidad o defectuosos mientras intentas mantener tu Takt Time.*

*Con el fin de garantizar que una empresa entregue sus productos sin defectos, Jidoka se basa en 4 principios simples:*

1. *Descubrir una anomalía.*
2. *Detener el proceso.*
3. *Solucionar el problema inmediato.*
4. *Investigar y resolver la causa raíz (Tsonev, Businessmap, s.f.).*

## 2.4 BIM EN LA CONSTRUCCIÓN

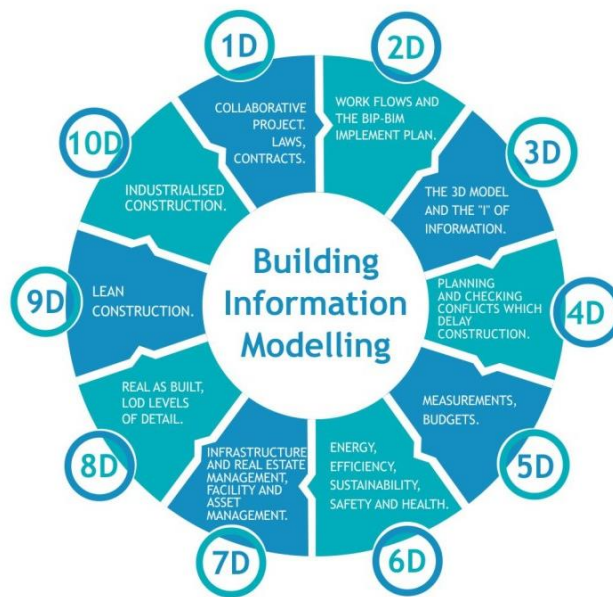
*La Penn State University en su documento BIM Project Execution Guide define BIM (Building Information Modelling) como un proceso enfocado en el desarrollo, uso, y transferencia de un modelo de información digital de un proyecto de construcción para mejorar el diseño, construcción y operación de un proyecto. Es una metodología de trabajo cuya máxima eficiencia se logra al ser utilizada durante todo el ciclo de vida de un proyecto, trabajando de forma colaborativa e integrada. (Messner, Anumba, Dubler, Goodman, & Colleen, 2021)*

### 2.4.1 DIMENSIONAMIENTO BIM

*Las dimensiones del BIM son niveles adicionales de información que enriquecen el modelo digital, y van mucho más allá de la simple representación geométrica. Cada dimensión integra datos fundamentales para mejorar la gestión y eficiencia del proyecto, incluyendo aspectos como costos, tiempos, sostenibilidad y mantenimiento. (BibLus Editorial Team, 2025)*

A continuación, se enlistan dichas dimensiones (BibLus Editorial Team, 2025):  
(ilustración 3)

1. 1D: conceptualización.
2. 2D: representación por medio de vectores.
3. 3D: *modelo tridimensional.*
4. 4D: *gestión de la programación (análisis de tiempos).*
5. 5D: *gestión de la información económica (análisis de costos).*
6. 6D: *evaluación de la sostenibilidad (social, económica y ambiental).*
7. 7D: *gestión y facility management.*
8. 8D: *seguridad en la fase de diseño y ejecución del proyecto.*
9. 9D: *construcción sin pérdidas (metodología).*
10. 10D: *industrialización de la construcción.*



**Ilustración 3 Dimensiones de BIM.**

#### 2.4.2 3D, 4D Y 5D

**3D:** La tercera dimensión, que es la representación tridimensional, tiene como finalidad, una vez recopilada la totalidad de la información respectiva a las dos primeras dimensiones, proceder a la modelización geométrica de la infraestructura en formato 3D mediante el uso de animaciones o renders, la cual está sustentada en la información reunida a lo largo de las fases previas. (Structuralia, 2018)

**4D:** La cuarta dimensión integra la variable del tiempo de ejecución del proyecto. Se comienza a planear la programación de las actividades (diagramas de Gantt, PERT, WBS) a realizar, sus tareas y duraciones. Se puede hacer uso de programas tales como MS Project, Navisworks, Primavera, entre otros. (Structuralia, 2018)

**5D:** Esta fase comprende el análisis y estimación de los costos del proyecto, además de su control a medida que este avance o se vea modificado. Al integrar *BIM* información detallada de cada uno de los elementos, es relativamente sencillo generar

informes presupuestarios en cualquier momento de la vida del proyecto. (Structuralia, 2018)

#### 2.4.3 7D COMISSIONING

**7D:** Esta dimensión es la gestión operativa y el mantenimiento del edificio y sus componentes a lo largo del ciclo de vida. Cuando se habla acerca del ciclo de vida, no podemos obviar los aspectos de mantenimiento y clausura o renovación de la edificación. El software *7D BIM* extrae y realiza un seguimiento de todos los datos relacionados con los componentes, especificaciones, manuales de mantenimiento e instalación, garantías, etc. (BibLus Editorial Team, 2025)

## 2.5 LEAN CONSTRUCTION EN MÉXICO

### 2.5.1 BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Está claro que, la implementación de la metodología, en la industria de la construcción, no es algo sencillo, pero tampoco imposible. A continuación, se enlistan diversos motivos por los cuales fallan las empresas en la implementación de *Lean* en sus empresas:


1. No entender la verdadera esencia del significado de.
2. Buscar la optimización local pero no la global.
3. La escasa transparencia y la desconfianza mutua típica de la industria AEC (*Architecture, Engineering and Lean Construction*).
4. El miedo a fracasar en la implementación.
5. La falta de liderazgo, disciplina y perseverancia.
6. Pensar que es una receta mágica que alguien viene a implementar.
7. No tener una sensación de urgencia (no visualizar la necesidad de cambiar).
8. La falta de retención de conocimiento en las empresas.
9. Pensar que los éxitos pasados garantizarán éxitos futuros.
10. Una visión muy cortoplacista. (Pons & Rubio, *Lean Construction Las 10 Claves del Éxito para su Implantación*, 2021)

### 2.5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION RECOMENDADA


Para poder hacer una correcta implementación de la metodología, se presenta la siguiente imagen (ilustración 4), en la cual se describen las 10 claves del éxito para su implementación: (Pons & Rubio, *Lean Construction Las 10 Claves del Éxito para su Implantación*, 2021)

## LAS 10 CLAVES DEL ÉXITO PARA IMPLANTAR LEAN CONSTRUCCIÓN


### GESTIÓN DE LA PERSONAS

-  **1** Un patrocinador interno al más alto nivel directivo que tenga claro que Lean es el camino a seguir. Partir por el por qué. Tener un propósito y un objetivo claro.
- 2** El liderazgo interno de los mandos intermedios de la compañía.
- 3** Formación estratégica del equipo directivo y formación práctica al personal de la empresa. Empoderar a los empleados en la implantación de Lean.


### EL PLAN ESTRATÉGICO

-  **4** Hacer un plan estratégico a largo plazo de la implantación. Tener claro que no todas las empresas son iguales. Diseñar un sistema propio. Entender la filosofía, centrarse en los procesos y no tanto en las herramientas.
- 5** No esperar a tener las condiciones ideales y ser consciente de que es un viaje largo.
- 6** Probar y si no funciona, analizar, rectificar y volver a probar.

### EL ENFOQUE EN EL PROCESO

-  **7** Implantación piloto con ayuda de un experto (externo y/o interno).
- 8** Herramientas orientadas al flujo de valor.

### LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA TECNOLOGÍA

-  **9** Retener el conocimiento e integrar a toda la cadena de valor.
- 10** Usar la tecnología apropiada.

***Ilustración 4 Las claves del éxito para la implementación de Lean Construction***

## 2.6 FODA Y CAME PARA IMPLEMENTACIÓN

### 2.6.1 FODA

Se presentará un análisis *FODA* basado en la empresa en la cual laboro actualmente para poder conocer la situación interna y externa de la misma y poder saber dónde estamos parados actualmente.

En este análisis se presentan los aspectos negativos y positivos de la empresa, en base a sus orígenes, ya sean externos o internos. El **análisis interno** involucra la inspección de los siguientes puntos principales (Antevenio, 2021):

**-Fortalezas:** (se consideran) los factores positivos que tiene una organización para generar una ventaja frente a sus competidores.

**-Debilidades:** con los elementos, recursos de energía, habilidades y actitudes de una organización se puede determinar las barreras que tiene para conseguir resultados positivos. También se pueden incluir elementos relacionados con finanzas, mercado, organización y control. Después de identificar las debilidades de la organización, es preciso llevar a cabo una estrategia para eliminar de inmediato los problemas internos. (Antevenio, 2021)

Para el análisis **externo** se identifican las siguientes variables:

**-Oportunidades:** son una serie de factores positivos y favorables para la organización. Es importante saber cuáles son para aprovecharlos y proporcionar factores positivos a la marca.

**-Amenazas:** (son las) situaciones negativas vinculadas al proyecto que pueden perjudicar el funcionamiento de este. Para solventar esta circunstancia, es imprescindible diseñar una estrategia adecuada. (Antevenio, 2021)

#### 2.6.2 CAME

El CAME es una herramienta complementaria que se utiliza para sacar un mayor partido a las conclusiones extraídas en el análisis FODA. El objetivo es determinar la estrategia de una manera más clara. Para ello, se cogen como base diferentes aspectos que se obtienen en el análisis FODA.

El significado de las siglas de esta herramienta se desgana de la siguiente manera: corregir, afrontar, mantener y explotar. Son acciones que se pueden utilizar de la siguiente manera en los factores obtenidos en la matriz FODA:

- Subsanan las debilidades del negocio.
- Enfrentarse a las amenazas externas en el mercado de tu negocio.
- Continuar trabajando en las fortalezas intrínsecas.
- Aprovechar las oportunidades que te ofrece tu mercado. (Antevenio, 2021)

## CAPÍTULO 3, ENCUESTAS, Y RESULTADOS

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se presentan como parte introductoria, lo que es una encuesta, cuáles son sus características principales y los pasos a seguir para poder elaborar una encuesta satisfactoria. También, se describe el tamaño de muestra y la fórmula que se utiliza para poder llegar a dicho resultado. Por otro lado, se presenta la encuesta que se realizó, junto con todas las preguntas y los resultados recopilados de la misma.

#### 3.1.1 TAMAÑO DE MUESTRA

A continuación, se presenta la ecuación y los datos con los cuales se calculó el tamaño de la muestra de la investigación:

***Fórmula 2 Tamaño de la muestra (QuestionPro, s.f.)***

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de Población o Universo (Agremiados del CMIC)

Z = Parámetro Estadístico que depende el Nivel de Confianza NC

NC = Nivel de Confianza

e = Margen de error

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = Probabilidad de que NO ocurra el evento estudiado

Una vez recopilados los parámetros, se procede a formularlo de la siguiente manera:

$$n = \frac{452 * 1.96^2 * 0.50 * 0.50}{0.14^2 * (452 - 1) + 1.96^2 * 0.50 * 0.50}$$

Teniendo como resultado: 44.2960 personas con un nivel de confianza del 95%. Redondeando al número entero más próximo nos dan 45 personas. Este será el número de personas que se encuestarán para poder recopilar información.

### 3.1.2 ¿CÓMO HACER UNA ENCUESTA?

Para la elaboración de una encuesta, se deben de seguir 4 pasos descritos a continuación (Fernández Núñez, 2007):

1. Describir la información que se necesita. Se debe de determinar con claridad, qué tipo de información se necesita, y de qué personas se requieren sus opiniones. Se debe de tener una finalidad para dicha información.
2. Redactar las preguntas y escoger el tipo de preguntas. Se recomienda incluir preguntas de tipo socio-demográfico pues permiten describir globalmente al grupo de personas encuestadas. Además, se debe definir el tipo de preguntas. Ya sean abiertas o cerradas.
3. Redactar un texto introductorio y las instrucciones. Los cuestionarios deben presentarse con un breve texto que explique el objetivo del estudio. Además, en el texto introductorio, se debe garantizar el anonimato y la confidencialidad del encuestado.
4. Diseñar el aspecto formal del cuestionario. Se debe de presentar el cuestionario en un formato atractivo, profesional y fácil de entender. Además, el cuestionario debe ser y debe parecer, corto.

### 3.2 ENCUESTAS

Se presenta, a continuación, el cuestionario realizado en la plataforma de *Google Forms*:

## ***Lean Construction en Estructuras Metálicas***

Esta encuesta se elabora con fines académicos y de investigación. Forma parte de una tesis titulada "***Lean Construction en Estructuras Metálicas***", para lograr el grado de Maestría en Administración en la Construcción de la Universidad Panamericana.

Agradecemos su aportación a este trabajo académico, ya que su valiosa ayuda contribuirá al aumento de conocimiento en esta área. Favor de contestar con sinceridad las siguientes preguntas, escogiendo la opción que mejor se adecúe a su punto de vista.

*\* Indica que la pregunta es obligatoria*

---

1. Nombre: \*

---

2. Correo: \*

---

3. La empresa en la que labora, ¿en qué ramo de la construcción se encuentra? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Obra Civil
- Cálculo Estructural
- Instalaciones
- Terracerías
- Estructuras Metálicas
- Otro
- Otro: 

---

4. ¿En cuál área desempeña su puesto en la empresa? \*

Marca solo un óvalo.

- Gerencia de Proyectos
- Construcción
- Planeación
- Despacho Arquitectónico
- Diseño
- Administración de Obra
- Otro: \_\_\_\_\_

5. 1.- En la empresa en que labora, ¿se han implementado herramientas de *Lean Construction* en los proyectos de construcción? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

6. 2.- ¿Qué herramientas de *Lean Construction* se implementaron? Donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6
<b>LPS (Last Planner System)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Takt Time</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Herramientas KAIZEN</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Suministro JIT (Just In Time)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Heijunka</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Otro</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. 3.- ¿Considera que la implementación de herramientas *Lean Construction* es común en la industria de la construcción de estructuras metálicas? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. 4.- ¿Considera que el nivel de implementación de *Lean Construction* en proyectos de estructura metálica es adecuado para generar mejoras en tiempo, costo y calidad? La escala será de 1 a 6, donde 1 es poco adecuado y 6 es muy adecuado. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. 5.- ¿La aplicación de las herramientas *Lean* generan una reducción significativa en los costos de las obras? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. 6.- La implementación de *Lean Construction*, ¿ha permitido optimizar los recursos y reducir costos en los proyectos? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. 7.- Los proyectos que han implementado herramientas *Lean*, ¿han presentado costos menores en comparación con los proyectos tradicionales? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. 8.- El tiempo de entrega de los proyectos, ¿ha disminuido al aplicar *Lean Construction* en proyectos de estructura metálica? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. 9.- Las herramientas de *Lean Construction*, ¿contribuyen a la reducción de los plazos de ejecución de los proyectos? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. 10.- Los proyectos que implementan *Lean Construction*, ¿tienen menos retrasos, en comparación con los proyectos tradicionales? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. 11.- La productividad en los proyectos, ¿mejora al aplicar las herramientas *Lean*? \*  
La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. 12.- La implementación de herramientas *Lean*, ¿ha permitido aumentar la eficiencia del equipo de trabajo en los proyectos? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. 13.- ¿Recomendaría la implementación de *Lean Construction*, en proyectos de estructura metálica por sus beneficios en tiempos, costos y productividad? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

*Marca solo un óvalo.*

1	2	3	4	5	6
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. 14.- Las herramientas *Lean*, ¿son poco utilizadas en la industria de la construcción de estructuras metálicas? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Verdadero  
 Falso

19. 15.- ¿Por qué? \*

---

---

---

---

---

20. 16.- Implementar herramientas de *Lean Construction*, ¿es una práctica estándar en todos los proyectos de estructuras metálicas? \*

Marca solo un óvalo.

Verdadero

Falso

21. 17.- ¿Por qué? \*

---

---

---

---

---

22. 18.- El uso de *Lean Construction*, ¿siempre resulta en una reducción de costos en los proyectos? \*

Marca solo un óvalo.

Verdadero

Falso

23. 19.- Los proyectos con *Lean Construction*, ¿suelen ser más rentables debido a la optimización de recursos? \*

Marca solo un óvalo.

Verdadero

Falso

24. 20.- Los equipos de trabajo, ¿se vuelven más eficientes, al aplicar los principios de *Lean Construction*? \*

Marca solo un óvalo.

Verdadero

Falso

25. 21.- Considera que la implementación de *Lean Construction*, ¿es un cambio cultural en la empresa? \*

Marca solo un óvalo.

Verdadero

Falso

26. 22.- En un taller de fabricación de estructura metálica, ¿qué herramienta aplicarías primero para poder reducir los tiempos de entrega? Donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. \*

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6
<b>LPS (Last Planner System)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Takt Time</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Herramientas KAIZEN</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Suministro JIT (Just In Time)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Heijunka</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Otro</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27. 23.- En un taller de fabricación de estructura metálica, ¿qué herramienta aplicaría \* primero para poder optimizar los recursos?

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6
<b>LPS (Last Planner System)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Takt Time</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Herramientas KAIZEN</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Suministro JIT (Just In Time)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Heijunka</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Otro</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28. 24.- Al aplicar las herramientas de *Lean Construction* en un proyecto de estructura metálica, ¿qué aspectos se mejoran primordialmente?

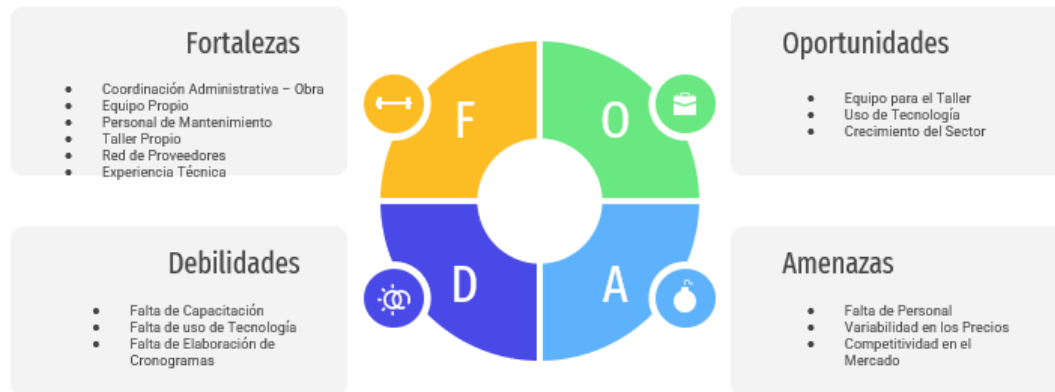
\_\_\_\_\_

29. 25.- Al implementar las herramientas de *Lean Construction*, ¿qué factores considera que son claves para el éxito en su implementación? \*

\_\_\_\_\_

### 3.2.1 FODA Y CAME

A continuación, se presenta el análisis FODA y CAME de la empresa en la que laboro actualmente:



**Ilustración 5 FODA de la empresa**

FODA:

Fortalezas:

- **Coordinación Administrativa – Obra:** se tiene una buena comunicación entre el personal de obra y el administrativo.
- **Equipo Propio:** la empresa cuenta con equipo de montaje (grúas, camiones, camionetas, máquinas de soldar, etc.) y herramientas propias para no depender de terceros y evitar así las pérdidas de tiempo y un sobrecosto.
- **Personal de Mantenimiento:** la empresa cuenta con un equipo calificado de personal de mantenimiento para poder atender cualquier imprevisto o falla en algún equipo.
- **Taller Propio:** se cuenta con un taller propio con espacio amplio para poder maniobrar y descargar materiales, así como el manejo de los mismos (Área de descarga, área de almacenaje, área de fabricación, área de pintura).
- **Red de Proveedores:** se cuenta con una relación sólida de proveedores de acero y de lámina, así como también de recubrimientos.
- **Experiencia Técnica:** se cuenta con más de 25 años de experiencia en el ámbito de la construcción, construyendo más de dos millones de metros cuadrados.

Oportunidades:

- **Equipo para el Taller:** actualmente, no se cuenta con una grúa viajera, que pudiera ser de mayor utilidad que la grúa titán que se tiene, además de reducir el costo del combustible.

- **Uso de Tecnología:** se puede considerar la compra de drones para revisar los avances en obra y evitar posibles riesgos en los accidentes de la supervisión de los trabajos.
- **Crecimiento del Sector:** la demanda de la construcción de bodegas ha aumentado y se pudiera explotar este crecimiento en la construcción.

Debilidades:

- **Falta de Capacitación:** hace falta una capacitación para tener personal calificado en temas como soldadura, pintura, seguridad, etc.
- **Falta de Uso de Tecnología:** el uso de programas y softwares, así como de ERPs está limitado en la empresa.
- **Falta de Elaboración de Cronogramas:** a pesar de que se realizan cronogramas en Excel, al final no nos apegamos a ellos y no se da el seguimiento que se les debería de dar.

Amenazas:

- **Falta de Personal:** se cuenta con un personal de planta tanto en taller como en obra; sin embargo, la rotación de personal es continua y cada vez más frecuente.
- **Variabilidad en los Precios:** debido al cambio de gobierno de estados unidos, existe incertidumbre y variabilidad en el incremento de los precios de los materiales, en especial el del acero estructural.
- **Competitividad en el Mercado:** la industria de la construcción es altamente competitiva y, cada vez hay mayor competencia y ajuste en los precios y tiempos de entrega de los proyectos.

CAME:

C	<b>CORREGIR</b> Falta de capacitación y falta de uso de tecnología.
A	<b>AFRONTAR</b> Falta de personal, variabilidad en los precios y competitividad en el mercado.
M	<b>MANTENER</b> Equipo propio, red de proveedores y experiencia técnica.
E	<b>EXPLOTAR</b> Equipo para el taller, uso de tecnología y crecimiento del sector.

**Ilustración 6 CAME de la empresa**

Corregir (Debilidades):

- Falta de Capacitación
  - **Estrategia:** Implementar un programa de formación continua para el personal, centrado en áreas clave como soldadura, pintura y seguridad. Esto no sólo mejorará la calidad del trabajo, sino que también reducirá el riesgo de accidentes.
  - Acciones a Tomar:
  - Contratar cursos necesarios de capacitación:
    - Posición de soldadura (1G, 2G, 3G, 4G, 5G, Y 6G)
    - Seguridad Personal NOM-027
    - DC3 de los trabajadores
  - Crear un sistema de evaluación de habilidades y competencias periódicas para medir el progreso.
- Falta de Uso de Tecnología
  - **Estrategia:** Fomentar la digitalización en los procesos internos de la empresa. Incorporar software de gestión de proyectos y ERP que ayuden a optimizar la administración de tiempos, recursos y materiales.
  - Acciones a Tomar:
  - Implementar herramientas más avanzadas para la gestión de proyectos, como software de planificación de proyectos (por ejemplo, Microsoft Project o Primavera).
  - Definir roles y responsabilidades claras para garantizar que los cronogramas se cumplan.

#### Afrontar (Amenazas):

- Falta de Personal
  - **Estrategia:** Mejorar las condiciones laborales y ofrecer beneficios adicionales para reducir la rotación de personal y atraer nuevos talentos.
  - Acciones a Tomar:
    - Ofrecer programas de incentivos, bonificaciones por desempeño y oportunidades de crecimiento interno.
    - Evaluar la posibilidad de contratar personal de manera más estratégica, utilizando agencias de reclutamiento o plataformas digitales especializadas en el sector.
- Variabilidad en los Precios
  - **Estrategia:** Buscar alternativas de abastecimiento y negociar acuerdos más flexibles con proveedores para mitigar el impacto de la variabilidad de los precios de materiales.
  - Acciones a Tomar:
    - Fomentar relaciones a largo plazo con proveedores para asegurar precios estables y posibles descuentos por volumen.
    - Explorar fuentes de materiales alternativas para diversificar los riesgos.
- Competitividad en el Mercado
  - **Estrategia:** Enfocar los esfuerzos en diferenciarse de la competencia a través de la mejora de la calidad, la reducción de tiempos de entrega y el uso de tecnología avanzada.
  - Acciones a Tomar:
    - Mejorar la propuesta de valor a través de la innovación en procesos y el uso de tecnología avanzada como drones y maquinaria más eficiente.
    - Ofrecer un servicio al cliente superior, garantizando que los clientes reciban atención personalizada y de alta calidad.

#### Mantener (Fortalezas):

- Equipo Propio
  - **Estrategia:** Aprovechar el equipo propio como una ventaja competitiva para ofrecer plazos más cortos y precios más atractivos sin depender de terceros.
  - Acciones a Tomar:
    - Mantener una rigurosa rutina de mantenimiento preventivo para garantizar que el equipo esté en óptimas condiciones.
    - Aprovechar el equipo propio en proyectos más grandes para optimizar la eficiencia operativa y reducir costos.
- Red de Proveedores
  - **Estrategia:** Seguir fortaleciendo la relación con los proveedores actuales y explorar nuevos proveedores que ofrezcan mejores condiciones de precio o calidad.
  - Acciones a Tomar:
    - Establecer acuerdos a largo plazo con los proveedores estratégicos para asegurar la estabilidad en los precios y la disponibilidad de materiales.
    - Monitorear constantemente el mercado para asegurarse de que se están obteniendo los mejores precios y condiciones posibles.

- Experiencia Técnica
  - **Estrategia:** Seguir aprovechando la experiencia técnica de la empresa para ofrecer soluciones de alta calidad y valor agregado a los clientes.
  - Acciones a Tomar:
  - Mantenerse actualizado en las últimas tendencias de la industria para aplicar innovaciones que fortalezcan la reputación de la empresa.
  - Utilizar la experiencia acumulada para ganar nuevos proyectos y fidelizar a los clientes existentes.

Explotar (Oportunidades):

- Equipo para el Taller
  - **Estrategia:** Adquirir una grúa viajera para optimizar el tiempo de trabajo en el taller y reducir el consumo de combustible.
  - Acciones a Tomar:
    - Realizar un análisis de costo-beneficio para evaluar la compra de la grúa viajera.
    - Iniciar el proceso de adquisición si el retorno de inversión es favorable.
- Uso de Tecnología
  - **Estrategia:** Incorporar drones en la supervisión de obras para mejorar la precisión en el monitoreo de avances y reducir riesgos de accidentes.
  - Acciones a Tomar:
  - Adquirir drones y capacitar al personal para su uso en el monitoreo de proyectos.
  - Establecer un protocolo de uso de drones para asegurar la eficacia y seguridad en su implementación.
- Crecimiento del Sector
  - **Estrategia:** Aprovechar el crecimiento en la demanda de bodegas para captar nuevos proyectos y expandir la cartera de clientes.
  - Acciones a Tomar:
  - Identificar los segmentos de mercado con mayor crecimiento en la construcción de bodegas y adaptar las ofertas comerciales a estas necesidades.
  - Fortalecer la estrategia de marketing y ventas para aumentar la visibilidad de la empresa en el sector.

## CAPÍTULO 4, ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

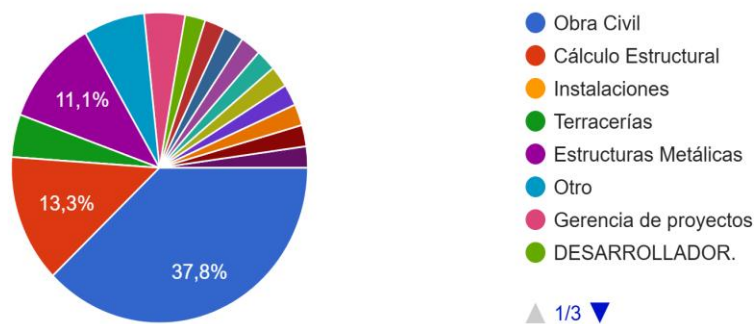
En este capítulo, se muestran las gráficas de la encuesta realizada previamente y un análisis de las mismas con la finalidad de poder sustentar nuestra hipótesis y objetivos generales y particulares. También, se muestran los resultados del caso de estudio realizado y un análisis de los mismos.

### 4.2 ENCUESTA

#### **Gráfico 1 Ramo de la Construcción**

La empresa en la que labora, ¿en qué ramo de la construcción se encuentra?

45 respuestas

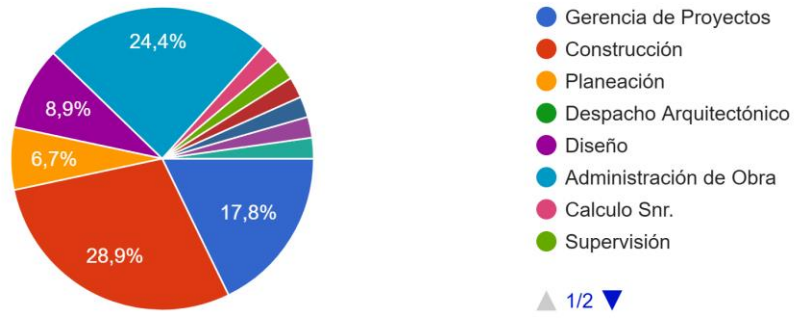


Se puede observar que una parte representativa de la muestra, un 37% laboran en la obra civil, un 13% en el cálculo estructural y un 11% en las estructuras metálicas. Más del 50% de los encuestados están en alguno de estos ramos de la construcción (gráfico 1).

## Gráfico 2 Área de Puesto en la Empresa

¿En cuál área desempeña su puesto en la empresa?

45 respuestas

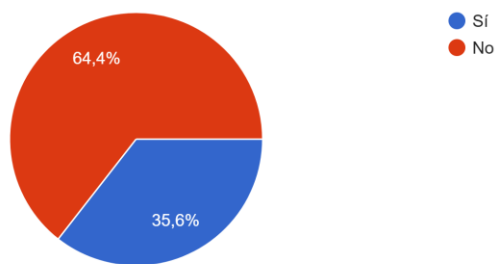


El 28% tiene un puesto en la construcción, mientras que un 24% en la administración de obra y un 17% en la gerencia. Por lo que más del 50% tienen un puesto administrativo o gerencial en la construcción (gráfico 2).

## Gráfico 3 Implementación de Herramientas

1.- En la empresa en que labora, ¿se han implementado herramientas de Lean Construction en los proyectos de construcción?

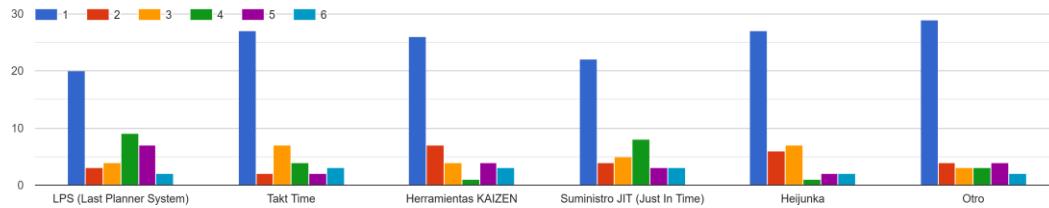
45 respuestas



El gráfico 3 muestra que el 64% de los encuestados NO ha implementado herramientas *Lean* para sus obras.

### Gráfico 4 Frecuencia de Uso de Herramientas

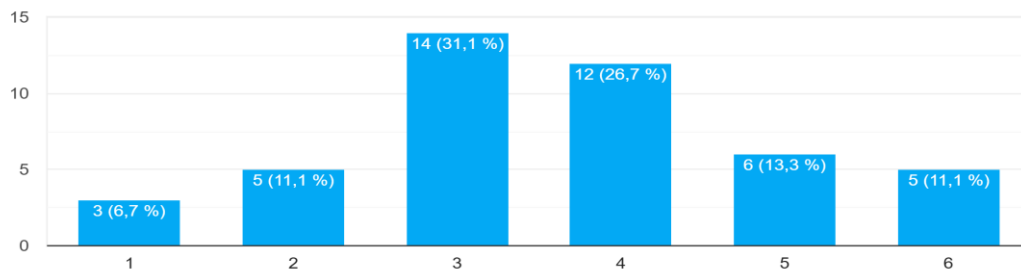
2.- ¿Qué herramientas de Lean Construction se implementaron? Donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.



En la gráfica de barras anterior (gráfico 4), se observa que la mayoría de los encuestados no han implementado tantas herramientas de *Lean Construction* para sus proyectos.

### Gráfico 5 Frecuencia de Implementación de Herramientas en Proyectos Metálicos

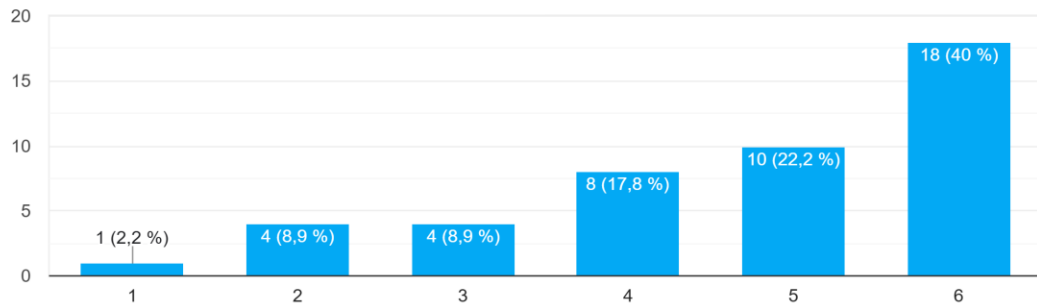
3.- ¿Considera que la implementación de herramientas Lean Construction es común en la industria de la construcción de estructuras metálicas? La esc...erá de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto. 45 respuestas



En la pregunta 3, se observa que alrededor del 50% de los encuestados, comentan que es más o menos común la implementación de herramientas *Lean* en la industria de la construcción (gráfico 5).

### Gráfico 6 Ventajas en Reducción de Tiempos al Usar Herramientas

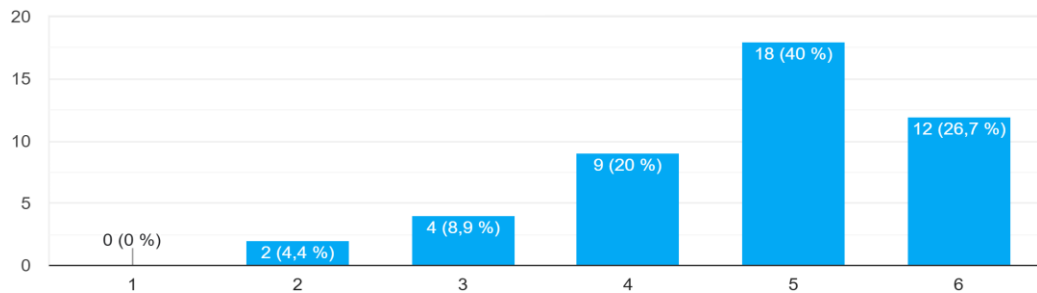
4.- ¿Considera que el nivel de implementación de Lean Construction en proyectos de estructura metálica es adecuado para generar mejoras en tie..., donde 1 es poco adecuado y 6 es muy adecuado.  
45 respuestas



En la pregunta 4, más del 60% de los encuestados expresan que es bastante adecuado la aplicación de herramientas *Lean* para generar mejoras en el tiempo, costo y calidad de la construcción (gráfico 6).

### Gráfico 7 Reducción de Costos al Usar Herramientas

5.- ¿La aplicación de las herramientas Lean generan una reducción significativa en los costos de las obras? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.  
45 respuestas

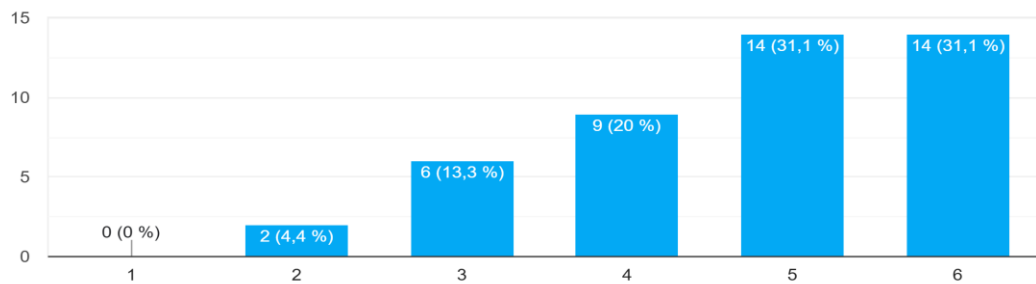


En la quinta pregunta, casi el 70% de los encuestados consideran que la aplicación de las herramientas *Lean* genera una reducción significativa en los costos de las obras (gráfico 7).

### Gráfico 8 Optimización de Recursos al Usar Herramientas

6.- La implementación de Lean Construction, ¿ha permitido optimizar los recursos y reducir costos en los proyectos? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

45 respuestas

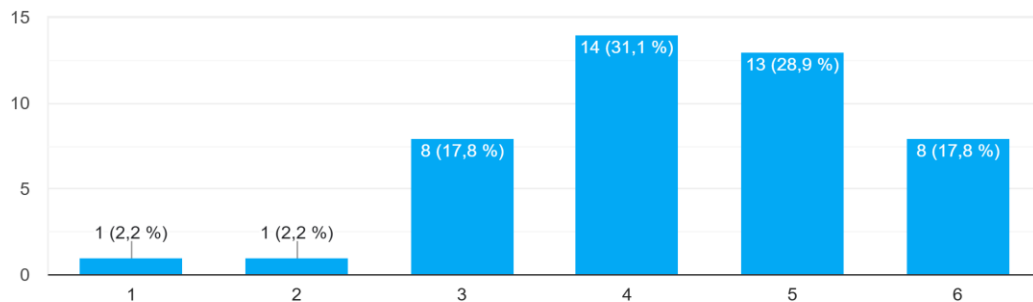


En la sexta pregunta, para el 60% de los encuestados, las herramientas *Lean* les han permitido optimizar los recursos y reducir los costos en los proyectos (gráfico 8).

### Gráfico 9 Comparativa de Costos al Usar Herramientas

7.- Los proyectos que han implementado herramientas Lean, ¿han presentado costos menores en comparación con los proyectos tradicionales? La es...erá de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

45 respuestas

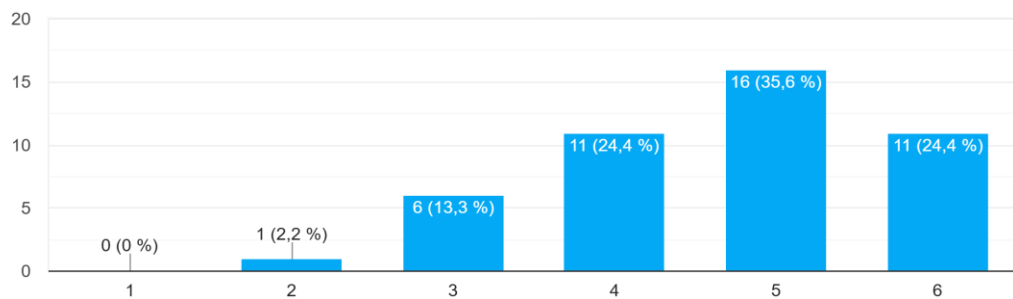


En el gráfico 9, más del 70% de los encuestados comentan que en proyectos en los que se han implementado herramientas *Lean* se han presentado costos menores en comparación a proyectos tradicionales.

### Gráfico 10 Reducción de Tiempos de Entrega al Usar Herramientas

9.- Las herramientas de Lean Construction, ¿contribuyen a la reducción de los plazos de ejecución de los proyectos? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

45 respuestas

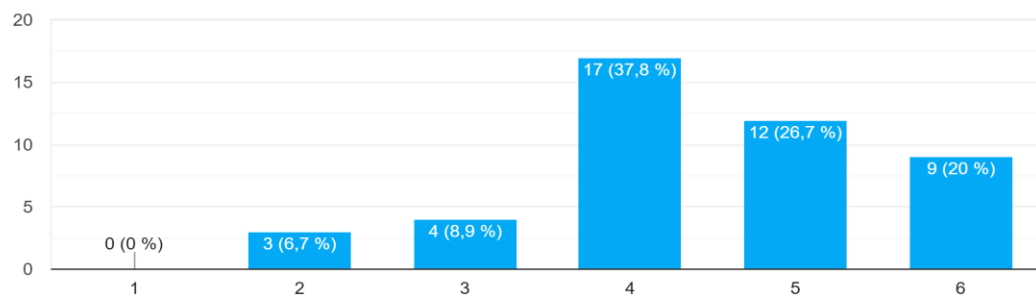


En la octava pregunta, más del 80% de los encuestados contestaron que el tiempo de entrega de proyectos de estructuras metálicas ha disminuido en buena proporción (gráfico 10).

### Gráfico 11 Reducción de Plazos de Ejecución al Usar Herramientas

8.- El tiempo de entrega de los proyectos, ¿ha disminuido al aplicar Lean Construction en proyectos de estructura metálica? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

45 respuestas

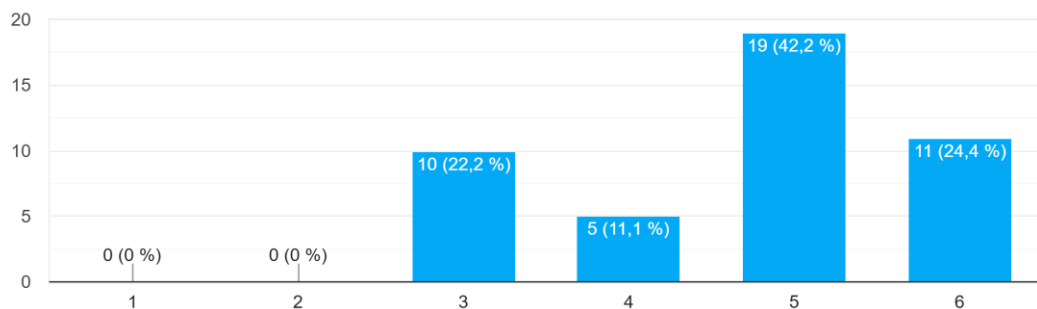


En la pregunta anterior, se observa que el 60% comentan, en base a su experiencia laboral, que las herramientas de *Lean Construction*, contribuyen a la reducción de los plazos de ejecución de proyectos considerablemente (gráfico 11).

### **Gráfico 12 Comparativa de Retrasos de Obra al Usar Herramientas**

10.- Los proyectos que implementan Lean Construction, ¿tienen menos retrasos, en comparación con los proyectos tradicionales? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

45 respuestas

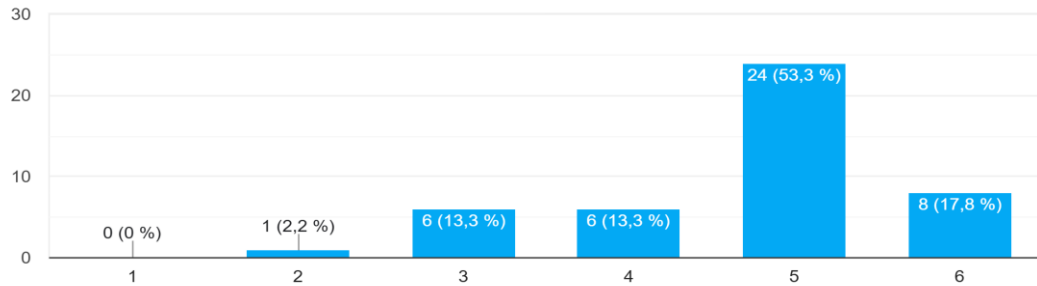


En esta décima pregunta, se observa que el 66% de los proyectos que implementan *Lean Construction*, tienen menos retrasos en comparación con los proyectos tradicionales (gráfico 12).

### Gráfico 13 Mejora en Productividad al Usar Herramientas

11.- La productividad en los proyectos, ¿mejora al aplicar las herramientas Lean? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

45 respuestas

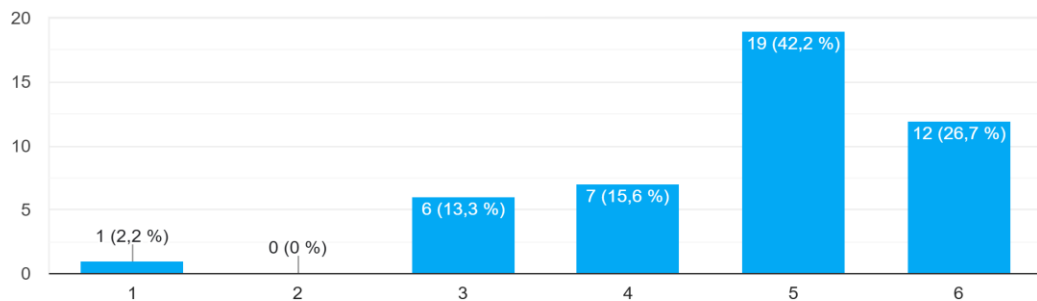


Más del 60% de los encuestados consideran que al aplicar las herramientas *Lean*, la productividad de mano de obra en sus proyectos ha mejorado considerablemente (gráfico 13).

### Gráfico 14 Incremento de Eficiencia al Usar Herramientas

12.- La implementación de herramientas Lean, ¿ha permitido aumentar la eficiencia del equipo de trabajo en los proyectos? La escala será de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.

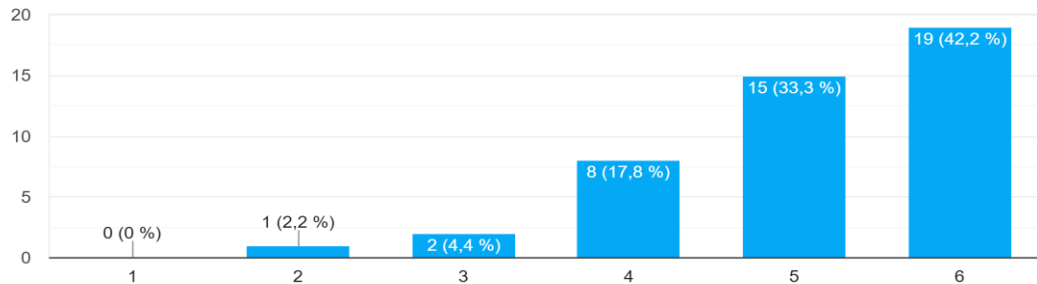
45 respuestas



En el gráfico 14, podemos observar que la implementación de estas herramientas *Lean*, casi el 70% considera que les ha permitido aumentar la eficiencia en su equipo de trabajo cuando implementan dichas herramientas.

### Gráfico 15 Opiniones Sobre los Beneficios al Usar Herramientas

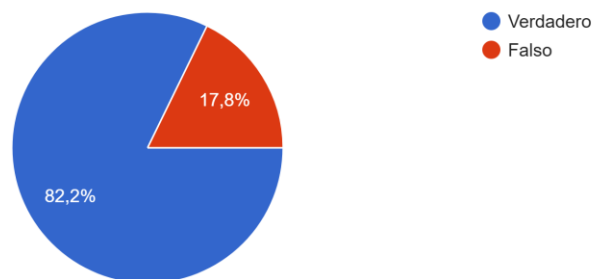
13.- ¿Recomendaría la implementación de Lean Construction, en proyectos de estructura metálica por sus beneficios en tiempos, costos y productividad...erá de 1 a 6, donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.  
45 respuestas



Más del 70% de los encuestados Sí recomiendan implementar *Lean Construction* en proyectos conformados por estructuras metálicas, por sus beneficios en tiempos, costos y productividad (gráfico 15).

### Gráfico 16 Uso de Herramientas en Proyectos Metálicos

14.- Las herramientas Lean, ¿son poco utilizadas en la industria de la construcción de estructuras metálicas?  
45 respuestas



En este gráfico de pastel, observamos algo que es importante para el tema de investigación, puesto que el 82% de los encuestados utiliza relativamente poco las herramientas *Lean* para proyectos de construcción de estructuras metálicas (gráfico 16).

## 15.- ¿Por qué?

45 respuestas

Por que así lo considero.

Hasta mi experiencia no he visto que las apliquen específicamente en estructuras metálicas, pero lo veo viable porque mucho proceso es en serie.

Porque una empresa grande necesita el sistema

Falta de promoción

Es muy reciente para las empresas que llevan años en el ámbito

Falta de conocimiento

No existe conocimiento sobre las herramientas

No hay mucho conocimiento

No hay mucho conocimiento al respecto

Las condiciones de nuestro país

En México no es tan utilizado la metodología Lean en los proyectos de construcción

Desconozco mucho el tema pero a lo poco que sé dentro de México apenas están queriendo realmente implementar Lean Construction

No está en la cultura del país.

No todos las conocen.

Los 8 principios de Lean, descritos en "The Lean Builder" aplican en la construcción en general , pero la incertidumbre en productos que requieren just in time delivery(concreto,etc) y el acero que son los dos mayores factores en temas de costos no son temas tocados a fondo en lean por lo menos a detalle , la mayoría de los journals de lean se enfocan en la mano de obra y ejecución o rendimiento y estrategias , lean es aplicable si se refiere a casos de estudio probados. Bueno viendo las demás preguntas se toca el tema .

Poco personal con conocimientos
Porque la gente en México tiende a ser poco adaptativa a nuevas herramientas e innovación.
Por temas de Costo y falta de actualización de las empresas
En construcción se planea con sistemas Pull regularmente, en fabricación utilizan herramientas de control de calidad de Lean manufacturing
Existen empresas que si las utilizan
Es en el ramo que me parece más funcional
Desconocimiento de las herramientas
estas metodologías de Lean Construction, inspiradas en el Lean Manufacturing, buscan reducir desperdicios, optimizar procesos, mejorar la eficiencia y generar valor para el cliente. Falta de personal capacitado para su correcta aplicación
Son muy utiles
Por falta de capacitación y actualización profesional
Es una práctica que no es muy común por la mentalidad del México.
pos la mala costumbre de hacer todo como ya lo sabíamos, nos da miedo innovar
Por falta de conocimiento
Creo que son aplicables en empresas grandes y bien establecidas, las empresas chicas y medianas pocas se pueden permitir o deciden arriesgarse en invertir en métodos de gestión nuevos
Debido a que la implementación de estas herramientas requieren una estructura de empresa algo desarrollada y varias empresas no tienen la suficiente organización para ejecutar estas herramientas.
porque requiere gente con mas capacidad y eso es más caro, solo en pocos talleres
No he conocido a alguien que use esas herramientas aunque no tengo contacto con muchas empresas de estructura metálica
No hay mucha personas especializadas en esto
Hay mucha resistencia al cambio en todos los niveles. Los tiempos de los proyectos en general son muy ajustados y esto hace que no se logre implementar eficientemente.
La falta de información
La metodología no es fácil de aplicar, la organización y producción sufre al inicio de la implementación.
Poco conocimiento
Por falta de conocimiento

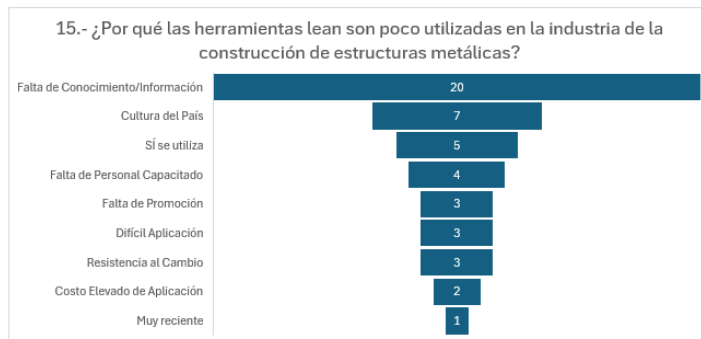
- No lo he notado, quizá por mi poca experiencia aun
- Por desconocimiento y enfoques de planeación tradicionales
- Es una forma de trabajo que muy pocos están familiarizados con ella.
- No se tiene el conocimiento suficiente y se tiene resistencia al cambio
- No hay divulgación
- No son muy comunes

Se hizo una recopilación, de las respuestas, para poderse agrupar en los siguientes rubros y realizar un gráfico para poder analizar las respuestas:

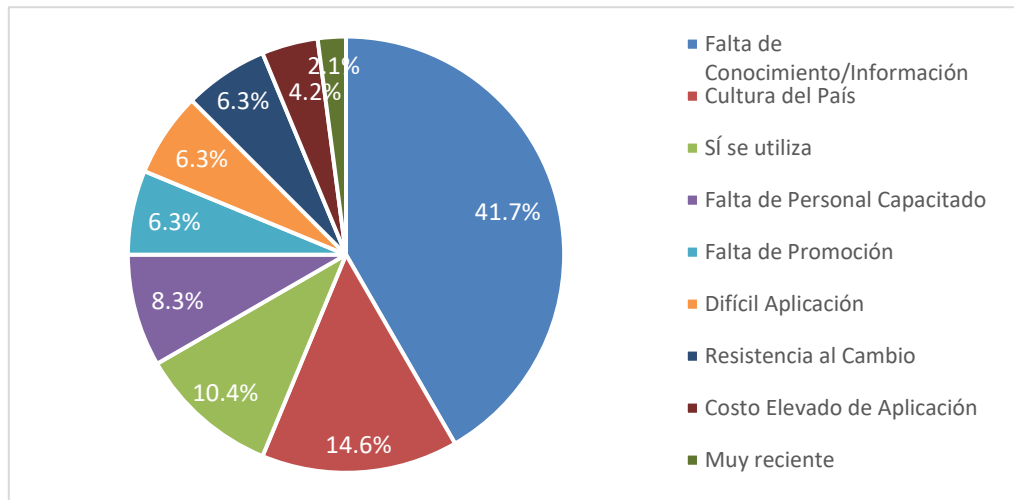
### Gráfico 17 – Comparativa de Uso de Herramientas en Proyectos

15.- ¿Por qué las herramientas lean son poco utilizadas en la industria de la construcción de estructuras metálicas?

Rubro	#	%
Falta de Conocimiento/Información	20	41.7%
Cultura del País	7	14.6%
Sí se utiliza	5	10.4%
Falta de Personal Capacitado	4	8.3%
Falta de Promoción	3	6.3%
Difícil Aplicación	3	6.3%
Resistencia al Cambio	3	6.3%
Costo Elevado de Aplicación	2	4.2%
Muy reciente	1	2.1%
<b>TOTAL:</b>	<b>48</b>	<b>100.0%</b>



**Gráfico 18 Motivos de Desuso de Herramientas en Proyectos Metálicos**

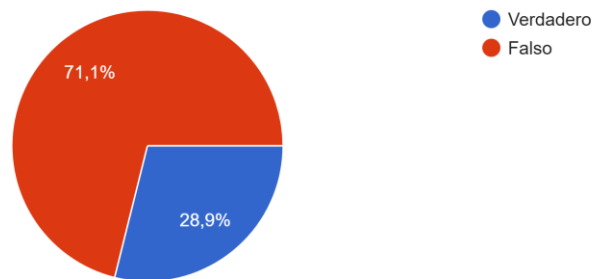


Como se observa en los gráficos 17 y 18, casi el 42% de los encuestados comentan que las herramientas *Lean* son POCO utilizadas en la industria de la construcción de estructuras metálicas por una falta de conocimiento acerca del tema, así como un 14% menciona que el motivo es por la cultura del país.

**Gráfico 19 Estandarización de Herramientas en Proyectos Metálicos**

16.- Implementar herramientas de Lean Construction, ¿es una práctica estándar en todos los proyectos de estructuras metálicas?

45 respuestas



En este gráfico de pastel, podemos observar que el 71% de los encuestados menciona que el uso de herramienta *NO* es una práctica estandarizada en los proyectos de estructuras metálicas (gráfico 19).

### 17.- ¿Por qué?

45 respuestas

No es estándar.
Como empresas deberíamos buscar actualizarnos a otras herramientas.
Para tener el organigrama de la obra
No lo solicitan.
Es una metodología reciente
Se necesita mucha calidad para el ensamblaje
No existe conocimiento sobre las herramientas
Ayuda bastante en la reducción de perdidas de materiales, costos y tiempos
Muchas empresas no lo aplican
Lo hacen a la antigua
No es tan común utilizar las hermanitas Lean en México
Ayudaría muchísimo en la logística y en la entrega de piezas
Debería, pero no lo es.
Lo relaciono con el tema de "estandarizar"
Su pregunta es ambigua(cuál es su caso de estudio, ningún caso de estudio puede analizar el país , son casos focalizados), si hablamos de México , no, algunas empresa emplean lean , más no todas el acero es más que montar el acero es cardle to grave( que emplea dese la producción al desmonte de la estructura) Leed tiene referencias al tema
Poco personal con conocimientos
Porque no lo es.

Por los beneficios que estos representan

Es muy genérica o binaria la pregunta

No esta estandarizado, solo algunas lo utilizan y a su modo

Es una buena forma de trabajo

Poca capacitación del tema

Si bien las herramientas de Lean Construction han demostrado ser efectivas en la industria de la construcción de estructuras metálicas, su implementación no es una práctica estándar en todos los proyectos.

Las formas las que se llevan acabo controles de costo y tiempo tienen algún tipo o variante de herramienta Lean, aunque muchas veces no se utiliza con la intención de aplicar una herramienta Lean como tal

Pues así debería serlo

Porque no todos las empresas tienen implementado Lean Construction

No se tiene la buena práctica.

porque daría mejor certeza

La mayoría de las empresas no conocen la metodología, malamente

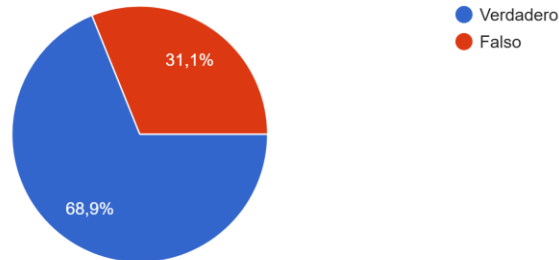
Creo que son aplicables en empresas grandes y bien establecidas, las empresas chicas y medianas pocas se pueden permitir o deciden arriesgarse en invertir en métodos de gestión nuevos

Por el simple hecho que no es una norma oficial.

porque a eso me dedico y se que pocos usan lean

## Gráfico 20 Reducción de Costos al Utilizar Herramientas

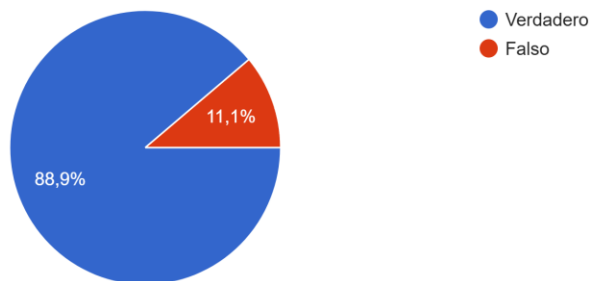
18.- El uso de Lean Construction, ¿siempre resulta en una reducción de costos en los proyectos?  
45 respuestas



En el gráfico de pastel, podemos observar que el 68% de los encuestados afirma que al utilizar *Lean Construction*, resulta en una reducción de costos en sus proyectos (gráfico 20).

## Gráfico 21 Rentabilidad de Proyectos al Utilizar Herramientas

19.- Los proyectos con Lean Construction, ¿suelen ser más rentables debido a la optimización de recursos?  
45 respuestas

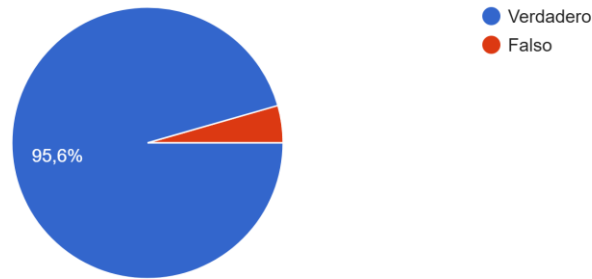


En la pregunta diecinueve, casi el 90% afirman que los proyectos en los cuales se trabaja bajo herramientas, se optimizan los recursos y se llevan a cabo proyectos más rentables (gráfico 21).

### Gráfico 22 Eficiencia de los Equipos de Trabajo al Utilizar Herramientas

20.- Los equipos de trabajo, ¿se vuelven más eficientes, al aplicar los principios de Lean Construction?

45 respuestas

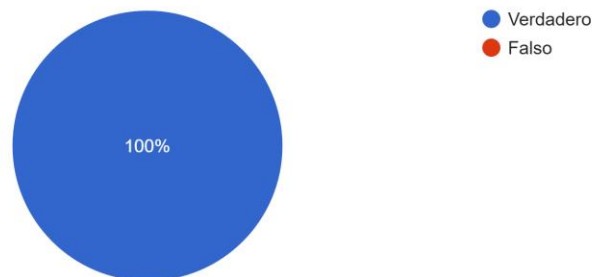


Sólo el 5% de los encuestados comentan que al aplicar los principios de *Lean Construction*, el equipo de trabajo NO necesariamente se vuelve más eficiente (gráfico 22).

### Gráfico 23 Expectativas de Cambio Cultural al Implementar

21.- Considera que la implementación de Lean Construction, ¿es un cambio cultural en la empresa?

45 respuestas

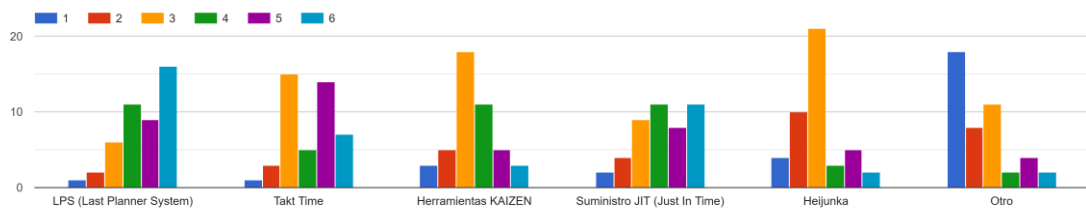


El 100% del muestreo considera que para poder llevar a cabo la implementación de *Lean Construction*, es necesario romper paradigmas en el cambio cultural de la empresa (gráfico 23).

A continuación, se mostrará un gráfico de barras apiladas para tener un mejor entendimiento y poder analizar los datos (gráfico 24 y tabla 1):

**Gráfico 24 Herramientas a Aplicar en Taller al Implementar Lean Construction**

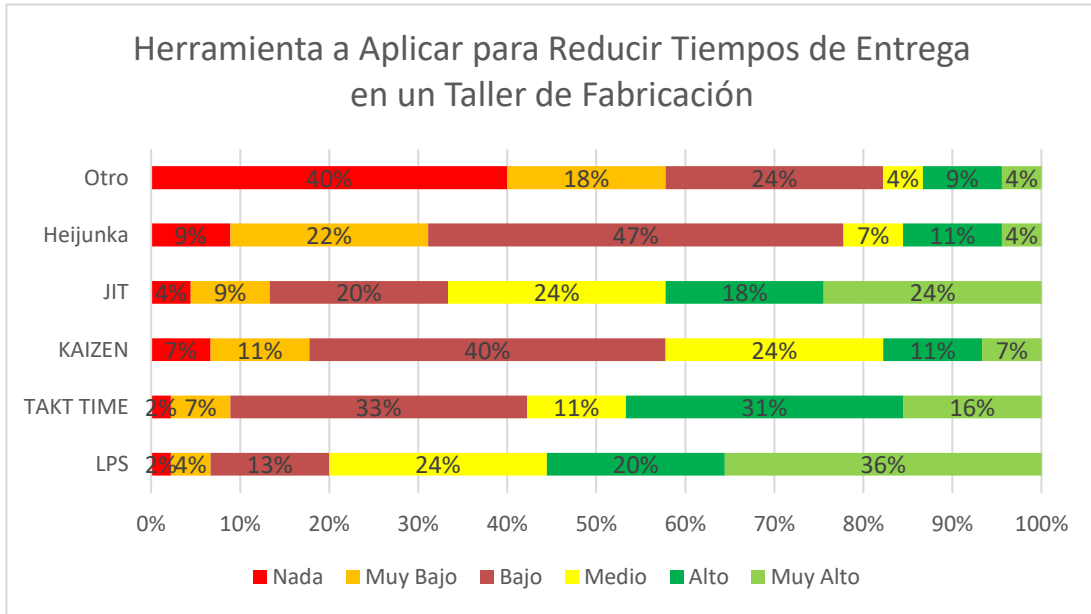
22.- En un taller de fabricación de estructura metálica, ¿qué herramienta aplicaría primero para poder reducir los tiempos de entrega? Donde 1 es muy bajo y 6 es muy alto.



**Tabla 1 Herramientas a Aplicar en Taller al Implementar Lean Construction por Rango**

RANGO:	LPS		TAKT TIME		KAIZEN		JIT		Heijunka		Otro	
Nada	1	2%	1	2%	3	7%	2	4%	4	9%	18	40%
Muy Bajo	2	4%	3	7%	5	11%	4	9%	10	22%	8	18%
Bajo	6	13%	15	33%	18	40%	9	20%	21	47%	11	24%
Medio	11	24%	5	11%	11	24%	11	24%	3	7%	2	4%
Alto	9	20%	14	31%	5	11%	8	18%	5	11%	4	9%
Muy Alto	16	36%	7	16%	3	7%	11	24%	2	4%	2	4%
<b>TOTAL:</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

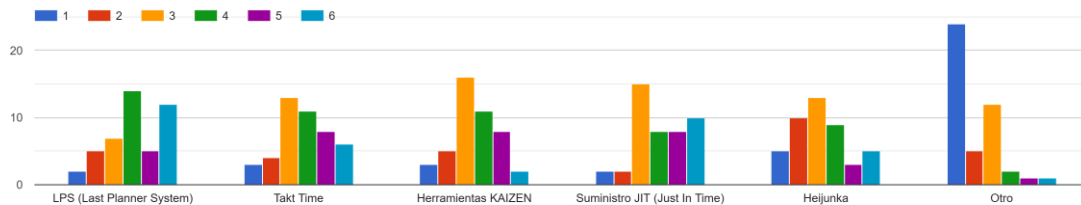
**Gráfico 25 Herramienta a Aplicar para Reducir Tiempos de Entrega en Taller**



En el gráfico de barras apiladas mostrado previamente, podemos ver que las herramientas que más se utilizarían en un taller de fabricación de estructuras metálicas para reducir los tiempos de entrega serían: *Last Planner System (LPS)* con un 36% y *JIT (Just In Time)* con un 24% del total de los encuestados (gráfico 25).

**Gráfico 26 Herramienta Principal de para Optimización de Recursos**

23.- En un taller de fabricación de estructura metálica, ¿qué herramienta aplicaría primero para poder optimizar los recursos?

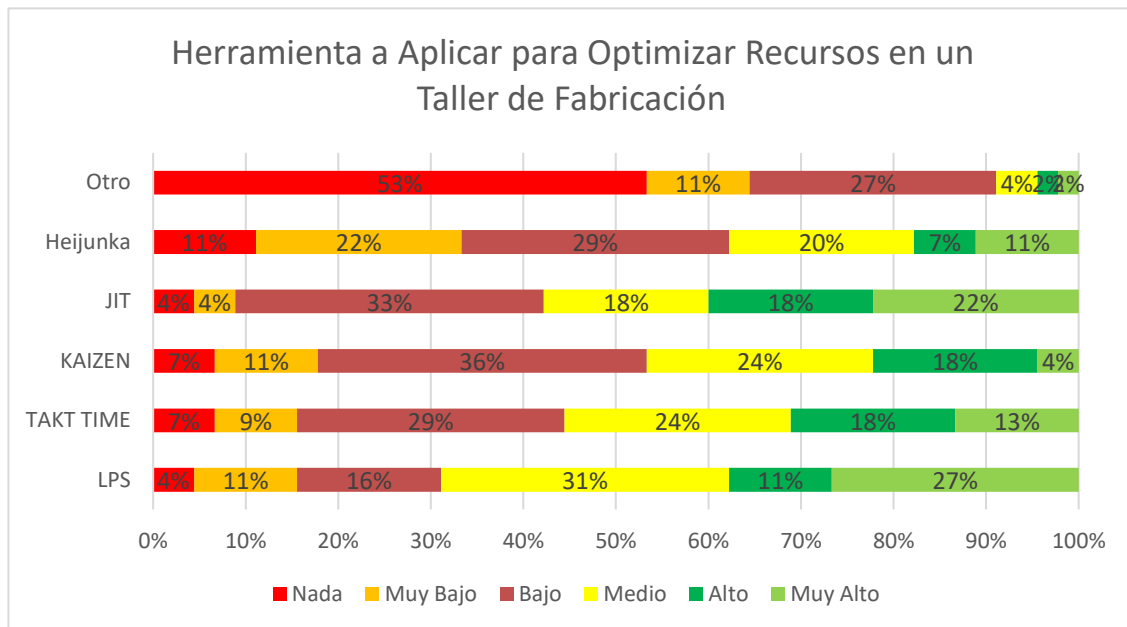


A continuación, se mostrará un gráfico de barras apiladas para tener un mejor entendimiento y poder analizar los datos (gráfico 27 y tabla 2):

**Tabla 2 Herramienta Principal de para Optimización de Recursos**

RANGO:	LPS		TAKT TIME		KAIZEN		JIT		Heijunka		Otro	
Nada	2	4%	3	7%	3	7%	2	4%	5	11%	24	53%
Muy Bajo	5	11%	4	9%	5	11%	2	4%	10	22%	5	11%
Bajo	7	16%	13	29%	16	36%	15	33%	13	29%	12	27%
Medio	14	31%	11	24%	11	24%	8	18%	9	20%	2	4%
Alto	5	11%	8	18%	8	18%	8	18%	3	7%	1	2%
Muy Alto	12	27%	6	13%	2	4%	10	22%	5	11%	1	2%
<b>TOTAL:</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>	<b>100%</b>

**Gráfico 27 – Herramienta a Aplicar para Optimizar Recursos en un Taller**



En el gráfico de barras apiladas mostrado previamente (gráfico 27), a diferencia del análisis previo (gráfico 26), podemos observar que, de las herramientas para poder optimizar recursos en un taller de fabricación de estructuras metálicas, las utilizarían MEDIANAMENTE para este caso. El 31% utilizaría *Last Planner System (LPS)*, mientras que en un rango de 29-36% utilizarían poco las herramientas.

24.- Al aplicar las herramientas de *Lean Construction* en un proyecto de estructura metálica, ¿qué aspectos se mejoran primordialmente?

35 respuestas

Mayor control en la producción e instalación. así como saber que recursos se necesitaran y en que tiempos.

Tiempos de entrega y organización.

Mejor planeacion.

Tiempos de entrega y costos

Las consideraciones de diseño, y una mejor ejecución del proyecto

Organizacion de los recursos

Tiempos, costos

Recursos

La comunicacion y organizacion

Tiempos de fabricación y optimizar recursos.

Costo, tiempo desperdiciado, valor ganado, status

Tiempo, costo

Optimización de tiempo y de recursos

Coordinación, calidad, tiempo. Primero se tiene que garantizar flujo y luego reducir recursos y costos

Planeacion, entregas, tiempos

Coordinacion y ejecución

Aplicar Lean Construction en un proyecto de estructuras metálicas ayuda a hacer todo más eficiente, acelerar tiempos, usar mejor los materiales y la mano de obra, evitar desperdicios y mejorar la calidad y seguridad en el trabajo.

Correcta aplicación y aprovechamiento de recursos

Costos y tiempos

Tiempo de fabricación y colocación de la estructura

La Planeación

Los costos y tiempos

El uso del tiempo y insumos sería más eficiente.

menos sobrantes, todo es más preciso pero sube el riesgo

Los tiempos y la reducción de costos

Tiempo y Costo

Tiempo

Desconozco.

Coordinación

Tiempos

Los tiempos, calidad, al final el costo sale por los anteriores dos

Reduccion de desperdicios

Tiempo, costo y productividad.

Procesos de fabricación y montaje

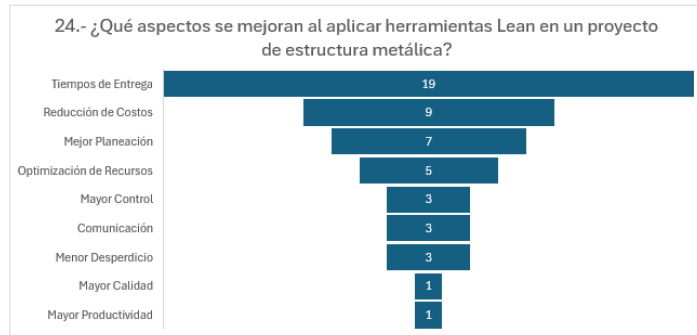
Planificación y desperdicios

Se hizo una recopilación, de las respuestas, para poderse agrupar en los siguientes rubros y realizar un gráfico para poder analizar las respuestas:

## Gráfico 28 Aspectos de Mejora al Aplicar

24.- Al aplicar las herramientas de Lean Construction en un proyecto de estructura metálica ¿qué aspectos se mejoran primordialmente?

Rubro	#	%
Tiempos de Entrega	19	37.3%
Reducción de Costos	9	17.6%
Mejor Planeación	7	13.7%
Optimización de Recursos	5	9.8%
Mayor Control	3	5.9%
Comunicación	3	5.9%
Menor Desperdicio	3	5.9%
Mayor Calidad	1	2.0%
Mayor Productividad	1	2.0%
<b>TOTAL:</b>	<b>51</b>	<b>100.0%</b>



Como se observa en el gráfico de embudo, el 37% de los encuestados mencionan que los tiempos de entrega se verían mejorados sustancialmente al aplicar las herramientas, así como en una mejora en la planeación y la reducción de los costos 17% y 13% respectivamente (gráfico 28).

25.- Al implementar las herramientas de *Lean Construction*, ¿qué factores considera que son claves para el éxito en su implementación?

45 respuestas

Capacitación del personal

Una correcta enseñanza a quienes manejaran estas herramientas y saber como implementarlas acorde a las áreas. básicamente una correcta capacitación y que ya tenga un modelo previo de como usarse para no estar experimentando.

Buen desempeño por parte de los trabajadores para trabajar en conjunto ya que eso facilita los avances y entrega

Pronta aplicacion.

La comunicación y una buena organización

Supervisión, Seguimiento y que el equipo este convencido de la metodologia

Conocimiento adecuado sobre las herramientas y sus procesos

El conocimiento y la correcta aplicación
Tener personal capacitado para su aplicación
Constancia
Liderazgo, seguimiento
Disciplina
Qué todo el equipo esté con la misma sinergia de trabajar de esa manera.
Buena capacitación y enseñar bien a los encargados para que puedan aplicarlo a las necesidades de cada empresa.
Ningún proyecto se cumple a tiempo , la implementación de lean se basa en los 8 principios de lean , un proyecto es exitoso en base al desperdicio si al final todo es desperdicio ninguna actividad genera valor y es 100% desperdicio
La excelente planeación
Que todos colaboren
La supervisión de la correcta ejecución del plan de trabajo
Entendimiento del producto final, del valor que requiere cada fase del proyecto y entendimiento integral entre disciplinas
Disciplina y coordinación
Los tiempos de suministros y el manejo "adecuado" de los costos con los proveedores del acero
Capcitación
depende del compromiso del equipo, una buena planificación, mejora continua, uso eficiente de recursos, comunicación clara y adaptación al cambio

El disciplina para la correcta aplicación de la herramienta y supervisión constante para tener certeza de que tanto funciona o no cierta herramienta

Su correcta ejecución

Capacitación adecuada

Que Dirección y gerencia den seguimiento puntual a la instalación del sistema.

Control y Seguridad

Conocer la metodología para poderla implementar de buena manera y capacitar al personal

Buena comunicación entre los encargados de implementar las herramientas y todas las demás áreas como costos, proveedores, gerente general, contratistas etc...

La coordinación, seguimiento y retroalimentación al momento de utilizar las herramientas.

nose

El seguimiento de todos los colaboradores

Tener personal capacitado como también una buena planeación como optimismo de material

Disposición, Capacitación

La información

El seguimiento personalizado, la disposición del personal y la apertura de la dirección.

Cultura del equipo

La constancia y la cultura

La comunicación con el equipo de trabajo, para su correcta aplicación

Capacitación del personal encargado de obra

Capacitación, comunicación y compromiso.

Entender que es una filosofía de empresa y no solo de proyecto

Conocer el modelo

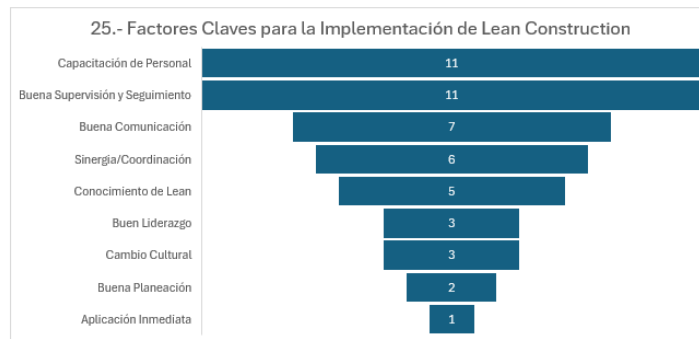
Que la empresa lo quiera emplear, normalmente no adoptan otras formas de trabajo nuevas a las ya establecidas por la misma empresa

Se hizo una recopilación, de las respuestas, para poderse agrupar en los siguientes rubros y realizar un gráfico para poder analizar las respuestas:

### Gráfico 29 Factores Claves para Implementación de Lean Construction

25.- Al implementar las herramientas de Lean Construction ¿qué factores considera que son claves para el éxito en su implementación?

Rubro	#	%
Capacitación de Personal	11	22.4%
Buena Supervisión y Seguimiento	11	22.4%
Buena Comunicación	7	14.3%
Sinergia/Coordinación	6	12.2%
Conocimiento de Lean	5	10.2%
Buen Liderazgo	3	6.1%
Cambio Cultural	3	6.1%
Buena Planeación	2	4.1%
Aplicación Inmediata	1	2.0%
<b>TOTAL:</b>	<b>49</b>	<b>100.0%</b>



Como se observa en el gráfico 29, el 50% de los encuestados mencionan que los siguientes 3 puntos son los factores clave para la implementación exitosa de: Capacitación de personal (22%), Buena Supervisión y Seguimiento (22%) y una Buena Comunicación (14%).

## 4.3 ANÁLISIS DE OBJETIVOS

### 4.3.1 OBJETIVO PARTICULAR 1

-Determinar el nivel de implementación de la herramienta de *Lean Construction* en la industria de la construcción

En base a la encuesta realizada, en la pregunta 1 podemos observar que el nivel de implementación de herramientas, en la industria de la construcción, está en un 35.6%, siendo la falta de conocimiento acerca del tema, la principal causa de falta de aplicación.

#### 4.3.2 OBJETIVO PARTICULAR 2

-Medir la reducción del costo al implementar las herramientas *Lean*.

En base a la encuesta realizada, en la pregunta 24, el rubro de la reducción de los costos tiene un 17% de participación por parte de los encuestados, siendo este % muy bajo; sin embargo, en la 5ta pregunta, observamos que 66% de los encuestados respondió que la aplicación de herramientas *Lean* Sí generan una reducción significativa en los costos de las obras. Por lo que podemos concluir que sí se reducen los costos al aplicar estas herramientas.

#### 4.3.3 OBJETIVO PARTICULAR 3

-Medir la reducción del tiempo de entrega del proyecto al implementar las herramientas *Lean*.

En la pregunta 4 de la encuesta realizada, podemos observar que el 62% de los encuestados responde que el nivel de implementación de *Lean Construction* en proyectos de estructuras metálicas es adecuado para generar mejoras en los tiempos de entrega de las obras. Así mismo, en la octava pregunta el 46% de los encuestados respondieron que sí ha disminuido el tiempo de entrega de los proyectos de estructuras metálicas al aplicar *Lean Construction*.

#### 4.3.4 OBJETIVO PARTICULAR 4

-Medir la productividad al implementar las herramientas *Lean*.

En la sexta pregunta, observamos que el 62% de los encuestados al implementar *Lean Construction* en sus proyectos, le ha permitido optimizar los recursos y reducir los costos en los proyectos, en comparación con los que NO utilizan estas herramientas, siendo esta una mejora en la productividad de sus empresas.

#### 4.3.5 OBJETIVO GENERAL

Analizando los objetivos particulares previamente descritos y analizados por medio de los resultados obtenidos de la encuesta, podemos decir que existe una mejora en los aspectos referentes al tiempo, la productividad y el costo del proyecto. Si observamos las herramientas con mayor calificación respecto a las demás, la que ocupa el primer lugar es *Last Planner System* con un 36% de participación para mejorar los tiempos de entrega, en base a la pregunta 22 de la encuesta. Así mismo, esta herramienta de *Lean*, ocupa el primer lugar entre las demás para la optimización de recursos en un taller de estructuras metálicas. En base a los resultados obtenidos en las encuestas, podemos concluir que el objetivo general fue cumplido, sin embargo, hizo falta poder medir estas mejoras por medio de algún caso práctico en el cual se pueda observar el uso de las herramientas lean y medir cuantitativamente los resultados.

## **CAPÍTULO 5, CONCLUSIONES**

### 5.1 INTRODUCCIÓN

La presente tesis se desarrolló con el principal propósito de poder analizar los principales factores que provocan retrasos y sobrecostos en la ejecución de proyectos de estructuras metálicas, proponiendo la implementación de herramientas de *Lean Construction* como una posible alternativa para mejorar la eficiencia y productividad en los proyectos de construcción. A lo largo de la investigación, se identificó que las causas más comunes de incumplimiento en los tiempos de entrega son los siguientes: la falta de planeación, la deficiente comunicación entre los equipos de trabajo, la ausencia de control en los flujos de información y los desperdicios generados por actividades que no producen valor.

Tras realizar la encuesta a profesionales del sector de la construcción, se comprobó que la utilización de herramientas, tales como: *Last Planner System*, *Kaizen* y

*Kanban*, permiten lograr una coordinación más eficiente, reducir tiempos improductivos y mejorar el cumplimiento de metas semanales. Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación sistemática de estas metodologías, genera un impacto positivo en la productividad general y en la calidad de los procesos constructivos, optimizando los recursos y favoreciendo una cultura de mejora continua dentro de la organización.

En conclusión, la investigación confirma que la filosofía *Lean* es aplicable y altamente beneficiosa en proyectos de estructuras metálicas, siempre que exista un compromiso institucional para capacitar al personal, fomentar la comunicación efectiva y establecer indicadores de desempeño medibles. La adopción de este enfoque no sólo mejora la gestión operativa, sino que también impulsa un cambio cultural en la forma de planear, ejecutar y coordinar obras.

## 5.2 ANÁLISIS DE LA HIPÓTESIS

El objetivo general de la investigación fue demostrar que la aplicación de herramientas *Lean Construction*, en proyectos de estructuras metálicas, permite reducir los tiempos de ejecución y aumentar la productividad. Con base en los resultados obtenidos de la investigación, se puede afirmar que la hipótesis general es verdadera, pues se comprobó una mejora sustancial en el control de actividades, el cumplimiento de plazos y la reducción de desperdicios.

Respecto a los objetivos particulares, se determinó lo siguiente:

- Se identificaron correctamente las principales causas de retrasos en obras con estructura metálica, entre las que destacan: la falta de planeación y la falta de coordinación entre las etapas de diseño, fabricación y montaje.
- Se analizó la factibilidad de implementar herramientas *Lean* en empresas, comprobando su viabilidad técnica y organizacional.
- Se comprobó la efectividad del *Last Planner System* como herramienta de control de producción, observando un incremento del cumplimiento de plan semanal superior al 20%.
- Se validó la importancia del trabajo colaborativo y la mejora continua, evidenciando que la integración de equipos multidisciplinarios contribuye a la eliminación de desperdicios y retrabajos.

En consecuencia, los resultados respaldan la hipótesis planteada y confirman que la aplicación de *Lean Construction* representa una estrategia efectiva para mejorar los indicadores de desempeño en proyectos de estructuras metálicas, generando beneficios económicos y operativos.

### 5.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de la tesis se identificaron diversos temas que no pudieron ser abordados en profundidad, pero que representan una oportunidad para futuras investigaciones:

- Evaluar el impacto económico cuantitativo de la implementación de *Lean Construction* en distintas etapas del ciclo de vida del proyecto (fabricación, transporte y montaje).
- Analizar la integración de herramientas digitales como *Building Information Modeling (BIM)* con metodologías *Lean* para potenciar la coordinación y el control de procesos.
- Profundizar en el estudio de indicadores de desempeño específicos para obras metálicas (por ejemplo, productividad por tonelada montada o eficiencia por hora-hombre).
- Investigar la percepción y nivel de aceptación de la cultura *Lean* entre trabajadores de campo, supervisores y gerentes de obra.
- Realizar comparativos entre obras ejecutadas bajo sistemas tradicionales y obras con metodología *Lean*, a fin de medir diferencias en tiempo, costo y calidad de manera estadísticamente significativa.
- Explorar la aplicabilidad del enfoque *Lean* en proyectos de estructuras mixtas (acero-concreto) o en obras de gran altura.

Estas líneas de investigación futuras permitirán fortalecer el conocimiento sobre la implementación de *Lean Construction* en las empresas y contribuir al desarrollo de estrategias más eficientes, sostenibles y colaborativas dentro del sector de la construcción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Achell, P. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid : *Fundación Laboral de la Construcción* .
- Antevenio. (28 de marzo de 2021). *Cómo hacer un análisis DAFO y CAME para definir tu estrategia de marketing*. Obtenido de Antevenio: <https://www.antevenio.com/blog/analisis-dafo-y-came/>
- BibLus Editorial Team. (04 de Noviembre de 2025). *Las 10 dimensiones del BIM*. Obtenido de BibLus: <https://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim/>
- Fernández Núñez, L. (2007). *¿Cómo se elabora un cuestionario? Recerca*.
- Gómez, I. (2011). *Lean Construction*. México: *Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Lesnik, G. (21 de Octubre de 2021). *Construcción en Seco*. Obtenido de <https://construccionenseco.net/estructuras-metalicas-definicion-tipos-y-caracteristicas/>
- Martínez, S. (01 de Octubre de 2025). *INESDI*. Obtenido de <https://www.inesdi.com/blog/ciclo-vida-proyecto-fases/>
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., & Colleen. (2021). *BIM Project Execution Planning*.
- Pons, J. F., & Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner System*. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Pons, J. F., & Rubio, I. (2021). *Lean Construction Las 10 Claves del Éxito para su Implantación*. Madrid.
- Ponz, J. L. (2018). *Lean Construction y Last Planner System (LPS)*. Chile: Plexos.

*QuestionPro*. (s.f.). Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html>

Rabuso. (16 de Septiembre de 2021). *ACIES*. Obtenido de <https://www.acies.es/comunicacion/noticias/en-que-consiste-el-proyecto-de-la-estructura-de-una-edificacion#:~:text=El%20proyecto%20de%20la%20estructura%20de%20un a%20edificaci%C3%B3n%20consiste%20en,normativa%20vigente%20en%20cada%20momento>.

Sánchez, R. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*.

*Structuralia*. (14 de Febrero de 2018). Obtenido de <https://blog.structuralia.com/las-7-dimensiones-del-bim-y-las-razones-para-su-dominio>

Toneva, M. (s.f.). *Businessmap*. Obtenido de <https://businessmap.io/es/gestion-lean/flujo-continuo/que-es-heijunka>

Tsonev, N. (s.f.). *Businessmap*. Obtenido de <https://businessmap.io/continuous-flow/takt-time>

Tsonev, N. (s.f.). *Businessmap*. Obtenido de <https://businessmap.io/es/gestion-lean/flujo-continuo/que-es-jidoka>

Vegas, I. L. (9 de Septiembre de 2024). *Evalore*. Obtenido de <https://evalore.es/que-es-lean-construction/#:~:text=Su%20origen%20se%20encuentra%20en,mejor%20calidad%20a%20menor%20coste>.