



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN**

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR *LEAN CONSTRUCTION* EN  
MICROEMPRESAS CONSTRUCTORAS**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**  
**ING. INGRID PASTOR TORRES**

**TUTOR PRINCIPAL**  
**DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas

Secretario: M.I. Carlos Narcia Morales

1 er. Vocal: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

2 do. Vocal: Ing. Guillermo Casar Marcos

3 er. Vocal: M.I. Sergio Macuil Robles

Lugar donde se realizó la tesis:  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, Ciudad de México

**TUTOR DE TESIS:**

DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

---

**FIRMA**

## **“Propuesta de una metodología para implementar Lean Construction en microempresas constructoras”**

Ing. Ingrid Pastor Torres

Maestría en Ingeniería Civil con especialidad en Construcción

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Asesor: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

## DEDICATORIA

A mi mamá,  
por haber creído en mí desde un inicio,  
por motivarme a cumplir mis sueños y objetivos  
y por dedicarme toda su vida.

A mi papá,  
por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

Todos mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye éste.

¡Gracias, mamá y papá!

## AGRADECIMIENTOS

**A mi familia**, por motivarme incondicionalmente en todo momento.

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a la Facultad de Ingeniería y al CONACYT**, por haberme abierto las puertas de la máxima casa de estudios y por brindarme esta gran oportunidad de seguir creciendo profesionalmente.

**A mi tutor**, Dr. Jesús Hugo Meza Puesto, por su apoyo y tiempo invaluable dedicado, para la realización de esta investigación.

**A mis maestros**, por compartir sus experiencias y enriquecerme de gran conocimiento.

**A todos los expertos *Lean***, que colaboraron y son parte fundamental del presente trabajo.

**A mis amigos**, que estuvieron presentes durante el proceso de este trabajo.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1. Planteamiento del problema .....	9
1. Justificación .....	10
2. Objetivo general .....	11
3. Objetivos específicos .....	11
4. Hipótesis .....	12
<b>CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Antecedentes .....	13
1.2 Microempresas .....	14
1.3 Productividad y competitividad .....	17
1.3.1 Productividad .....	17
1.3.2 Competitividad .....	18
1.4 <i>Lean Construction</i> .....	18
1.5 Valor ganado y pérdidas .....	19
1.5.1 Clasificación de tipos de pérdidas .....	20
1.5.1.1 3 MU .....	21
1.5.1.2 4 M o 5M .....	22
1.5.1.3 7 desperdicios de acuerdo con el TPS .....	23
1.5.1.4 Costos de calidad pobre .....	24
Conclusiones capitulares .....	25
<b>CAPÍTULO 2.- ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>26</b>
2.1 Calidad a través de la historia .....	26
2.2 Concepto de Gestión de calidad .....	27
2.3 Ventajas de la Gestión de calidad .....	28
2.4 Concepto <i>Lean</i> .....	30
2.5 Origen <i>Lean</i> .....	30
2.6 <i>Lean</i> en la actualidad .....	31
Conclusiones capitulares .....	32
<b>CAPÍTULO 3.- LEAN APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Principios <i>Lean</i> .....	33
3.2 Construcción tradicional .....	36
3.2.1 Calidad pobre .....	38
3.3 Construcción <i>Lean</i> .....	41

3.4	<i>Lean Construction</i> vs modelo tradicional.....	45
3.4.1	Entrega Integrada de Proyectos (IPD).....	48
3.1	Principales herramientas de <i>Lean Construction</i> .....	51
3.1.1	5 por qué de Toyota.....	52
3.1.2	Diagrama de Ishikawa .....	53
3.1.3	Diagrama de Pareto.....	54
3.1.4	5s.....	57
3.1.5	<i>Kanban</i> .....	59
3.1.5.1	<i>Last Planner System</i> .....	61
3.1.6	<i>Gemba Walk</i> .....	63
3.1.7	Ciclo PDCA.....	65
3.1.7.1	Informa A3.....	67
	Conclusiones capitulares .....	68
	<b>CAPÍTULO 4.- MÉTODO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
4.1	Consideraciones generales.....	69
4.2	Descripción del método.....	69
4.3	Las entrevistas .....	71
4.3.1	Diseño y aplicación de las entrevistas .....	72
4.3.1.1	Entrevista 1 .....	72
4.3.1.2	Entrevista 2 .....	73
4.4	Análisis de resultados .....	74
4.4.1	Entrevista 1.....	74
4.4.1.1	Datos generales .....	75
4.4.1.2	Evaluación <i>Lean Construction</i> .....	77
4.4.1.3	Motivación de implementación <i>Lean</i> .....	79
4.4.1.4	Implementación <i>Lean Construction</i> .....	80
4.4.1.5	Beneficio de la metodología para microempresas .....	83
4.4.2	Entrevista 2.....	84
4.4.2.1	Datos generales .....	85
4.4.2.2	Experimental .....	87
4.4.2.3	Utilidad .....	95
4.4.2.4	Recomendación .....	98
4.4.2.5	Implementación <i>Lean Construction</i> .....	102
	Conclusiones capitulares .....	107
	<b>CAPÍTULO 5.- METODOLOGÍA SUGERIDA .....</b>	<b>108</b>
5.1	Consideraciones generales.....	109
5.2	Metodología sugerida.....	109
5.2.1	Definir alcances del proyecto.....	112



5.2.2	Sensibilización <i>Lean</i> .....	113
5.2.3	Definir roles y perfiles .....	115
5.2.4	<i>Last Planner System</i> .....	117
5.2.5	Ejecución y <i>Gemba Walk</i> .....	119
5.2.6	Medición e identificación de pérdidas .....	120
5.2.7	Informe A3 .....	120
5.2.8	Registro de acciones .....	121
	Conclusiones capitulares .....	122
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....</b>		<b>123</b>
	Conclusiones:.....	123
	De las hipótesis formuladas:.....	123
	De las entrevistas realizadas: .....	124
	De la metodología propuesta: .....	125
	Recomendaciones: .....	127
	Para futuras investigaciones:.....	127
	Para las empresas constructoras:.....	127
<b>APÉNDICES .....</b>		<b>128</b>
	Apéndice 1 Diagnóstico de microempresas constructoras.....	128
	Apéndice 2 Análisis cualitativo a expertos en <i>Lean</i> .....	130
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>134</b>
	Libros .....	134
	Artículos .....	135
	Tesis .....	135
	Páginas web.....	136

## INTRODUCCIÓN

### 1. Planteamiento del problema

La Industria de la Construcción en México no ha sido estudiada ni explotada al máximo, México tiene un buen desarrollo en la construcción, pero carece de eficiencia en todas las etapas del proyecto integral. no se han implementado metodologías para realizar una producción eficaz, por lo que la mayor parte de las empresas realizan construcciones de forma mecánica, sin detenerse a pensar en el costo y tiempo que impacta este sistema convencional o tradicional; además no todas las partes involucradas tienen claros los objetivos del proyecto, lo cual es una limitante para cumplir en tiempo y forma los alcances de los trabajos planeados, para la completa satisfacción del cliente.

La construcción, representan una fuerte inversión para el cliente, mismo que espera que la obra se realice al menor costo posible y que se ejecute en un tiempo muy corto. La contratista de este tipo de obras en México debería tener en mente un plan o metodología a seguir para poder cumplir con estas expectativas del cliente, pero la realidad es que en México no ha explotado de la mejor manera la producción en nuestra industria, a comparación de la industria manufacturera que lleva varios años aplicando y estudiando su campo de producción para realizar sus procesos de manera más eficiente.

Además, hay que recalcar que, en un proyecto de construcción en México, a lo que menos atención y cuidado se le presenta es a la etapa de planeación. Bien sabemos que la etapa de planeación es vital porque son las bases de toda obra. En la etapa de planeación se pueden visualizar problemas que se pueden presentar en las siguientes etapas del proyecto, y si se realiza una buena planeación, podemos reducir considerablemente los costos y tiempos del proyecto integral.

## 1. Justificación

Evidentemente, México necesita alguna metodología para mejorar la producción de la construcción en cada una de las etapas que conforman el proyecto ejecutivo.

Las micros, pequeñas y medianas empresas, en el ramo de la construcción, son las empresas que menos control de obra tienen por lo que es necesario prestar mayor atención y enfocarse en su gestión administrativa de la construcción, y qué mejor manera que implementando una filosofía utilizada en países de primer mundo para reducir los desperdicios.

La presente investigación tiene una relevancia económica y social amplia, ya que está enfocada a la implementación y estudio de la filosofía *Lean Construction* para microempresas, la cual tiene las bases de la filosofía Lean Manufacturing, misma que ha traído grandes mejoras y aprovechamientos en los procesos en la industria de la manufactura.

*Lean Construction* es una filosofía para incrementar la eficiencia y reducir distintos tipos de pérdidas en un proyecto de construcción; esta filosofía es relativamente nueva y es poco conocida en México.

Existen algunas preguntas que debemos realizar, para llevar a cabo la presente investigación:

- ¿Cuál es el modelo convencional de construcción en México?
- ¿Qué es y en qué consiste Lean Construction?
- ¿Qué son y por qué se generan las pérdidas?
- ¿Cómo eliminar y prevenir las pérdidas en la obra?
- ¿Cómo se reducen las pérdidas en la Construcción con la filosofía *Lean Construction*?

## 2. Objetivo general

- Proponer una metodología para la implementación de las herramientas y estrategias de *Lean Construction* en los procesos de producción de microempresas, para los proyectos de construcción en México, con base al estudio de los principios de la filosofía *Lean* para entender y comprender la metodología *Lean Construction*, la cual estará apoyada de investigaciones bibliográficas y la recopilación de datos de personas experimentadas en el tema, para la reducción de pérdidas y culminar en la optimización del costo y tiempo de las obras de construcción.

## 3. Objetivos específicos

- Proponer una metodología *Lean*, específicamente a las microempresas para construir con el modelo *Lean Construction*.
- Analizar la filosofía *Lean Construction* y el modelo convencional de construcción en México.
- Señalar las ventajas de la filosofía *Lean Construction*.
- Comparar las ventajas de la filosofía *Lean* contra el modelo convencional.
- Especificar los procesos con más pérdidas en sus diferentes etapas.
- Proponer estrategias para reducir las pérdidas de costo y tiempo durante la ejecución de un proyecto aplicando la filosofía *Lean Construction*.

#### 4. Hipótesis

- Las microempresas constructoras en México desconocen la filosofía *Lean Construction*, así como sus alcances.
- Las microempresas constructoras en México no han implementado *Lean*, debido a que no saben cómo implementarlo.
- Empleando la filosofía *Lean Construction*, se reducen los costos y tiempos de una obra.
- Aplicando la metodología en microempresas con las herramientas más adecuadas de *Lean Construction*, el tiempo de ejecución de los trabajos y el presupuesto de la obra disminuyen considerablemente.

## CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se muestran conceptos básicos para la presente investigación, como la definición de microempresas, así como la situación actual de las empresas constructoras en el país. Así como la filosofía *Lean Construction* y sus antecedentes. Esta información es fundamental para la propuesta de una metodología para implementar *Lean Construction* en microempresas constructoras.

### 1.1 Antecedentes

*Lean Construction* es una filosofía aplicada a la Construcción, la cual se basa en los principios de la filosofía *Lean Production*.

El origen del concepto *Lean Production* surgió en el año de 1990, cuando James P. Womack y Daniel T. Jones, investigadores del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), investigaron y publicaron su libro "*The Machine that changed the world*".

Posteriormente publicaron el libro "*Lean Thinking*", en 1996. Comprobaron la eficiente producción de la empresa Toyota Motor Corporation, fabricante de automóviles japoneses

La metodología *Lean Manufacturing* no es tan nueva, ya que sus orígenes datan del año 1949 con la TPS (Toyota Production System) la cual estaba a cargo del Ingeniero Mecánico Taiichi Ohno, hoy considerado padre de *Lean Production* o *Lean Manufacturing*.

A finales del año 1949, Toyota tuvo que recortar mucho personal debido a una larga huelga que ocasionó un colapso de ventas, Ohno se dio cuenta que la productividad japonesa estaba muy por debajo de la americana, entonces decidió ir a Estados Unidos a estudiar la productividad y la reducción de desperdicios. Ohno entendió que lo que se realizaba en Estados Unidos era una producción a grandes volúmenes y con pocos modelos, pero una cantidad excesiva de desperdicios.

Ohno reflexionó y tuvo la brillante idea de realizar una producción a baja escala, pero con una gran cantidad de modelos. Además, concluyó e implementó una pequeña cantidad de automóviles en stock, eliminó pasos innecesarios, controló las actividades principales y le dio prioridad al cliente.

## 1.2 Microempresas

“Las microempresas son todos aquellos negocios que tienen menos de 10 trabajadores, generan anualmente ventas hasta por 4 millones de pesos y representan el 95 por ciento del total de las empresas y el 40 por ciento del empleo en el país; además, producen el 15 por ciento del Producto Interno Bruto.”<sup>1</sup>

El sistema de clasificación que se utiliza en México para ordenar las estadísticas que se producen sobre las actividades económicas es el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Éste acota al sector de la construcción de la siguiente manera: a nivel subsector se desagrega en edificación, construcción de obras de ingeniería civil y trabajos especializados para la construcción. En la siguiente tabla se aprecia la desagregación de la actividad de acuerdo con el SCIAN a nivel de rama:

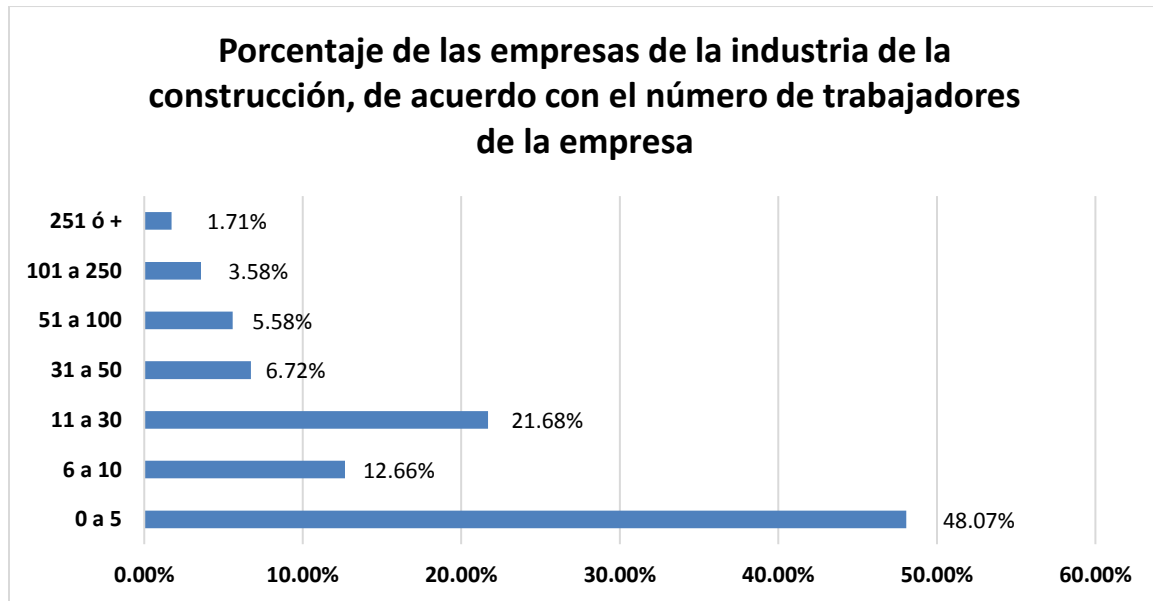
<b>Sector 23: Construcción</b>
<b>Subsector</b>
<b>236 Edificación</b>
<b>Rama</b>
<b>2361</b> Edificación residencial
<b>2362</b> Edificación no residencial
<b>237 Construcción de obras de Ingeniería Civil</b>
<b>2371</b> Construcción de obras para el suministro de agua, petróleo, gas, energía eléctrica y telecomunicaciones
<b>2372</b> División de terrenos y construcción de obras de urbanización
<b>2373</b> Construcción de vías de comunicación
<b>2379</b> Otras construcciones de ingeniería civil
<b>238 Trabajos especializados para la construcción</b>
<b>2381</b> Cimentaciones, montaje de estructuras prefabricadas y trabajos en exteriores
<b>2382</b> Instalaciones y equipamiento en construcciones
<b>2383</b> Trabajos de acabados en edificaciones

Tabla 1. Construcción y actividades relacionadas a la misma consideradas (Fuente: INEGI. Censos económicos 2014)

Con la clasificación anterior y de acuerdo con el censo elaborado por el INEGI en el 2014, se registraron 28,378 empresas relacionadas a la Industria de la Construcción a nivel

<sup>1</sup> Secretaría de Economía de México, (2006 – 2012), México emprende.

nacional; 12,932 en el subsector de edificación, 7969 en el subsector de construcción de obras de Ingeniería Civil y 7477 en el subsector de trabajos especializados para la construcción.

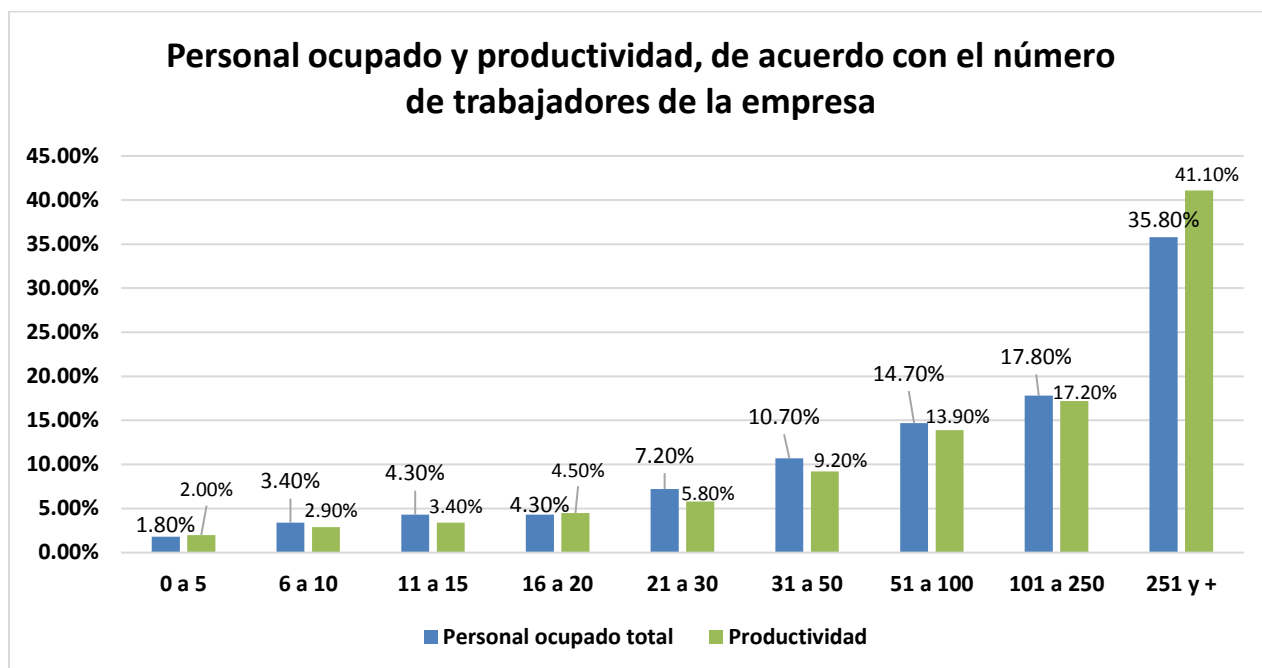


Gráfica 1. Porcentaje de las empresas de la industria de la construcción, de acuerdo con el número de trabajadores de la empresa.

(Fuente: INEGI. Censos económicos 2014)

De la Gráfica 1, se puede observar que las empresas con 10 personas o menos, es decir microempresas, representan el 60.73% de todas las empresas relacionadas a la construcción, lo que quiere decir que la mayor parte de las empresas constructoras son microempresas.





Gráfica 2. Personal ocupado y productividad, de acuerdo con el número de trabajadores de la empresa. (Fuente: INEGI. Censos económicos 2009)

En la Gráfica 2, se observa que las microempresas poseen el 5.2% del personal ocupado total de la industria de la construcción y un 4.9% de la producción total de la misma.

En conclusión, el 60.73% de las empresas de la Industria de la Construcción aportan únicamente el 5.2% de la productividad, lo cual es un porcentaje mínimo o muy bajo relacionado con el alto porcentaje de empresas que contribuyen a esta producción.

Además, se aprecia que a medida que las empresas tienen un mayor número de personal y son más grandes, tienden a una mayor productividad, lo que pone en desventaja a las microempresas, que son las empresas más vulnerables y que evidentemente se necesita prestar mayor atención para incrementar su productividad.

La Secretaría de Economía de México clasifica a las empresas:

- Las microempresas son todos aquellos negocios que tienen menos de 10 trabajadores, generan anualmente ventas hasta por 4 millones de pesos.
- Las pequeñas empresas son aquellos negocios dedicados al comercio, que tiene entre 11 y 30 trabajadores o generan ventas anuales superiores a los 4 millones y hasta 100 millones de pesos.

- Las medianas empresas son los negocios dedicados al comercio que tiene desde 31 hasta 100 trabajadores, y generan anualmente ventas que van desde los 100 millones y pueden superar hasta 250 millones de pesos.
- Se consideran grandes empresas a aquellos negocios dedicados a los servicios y que tienen desde 101 hasta 251 trabajadores y tienen ventas superiores a los 250 millones de pesos.

### **1.3 Productividad y competitividad**

En la actualidad, una empresa no sólo necesita ser más productiva, sino, ser más competitiva, la competitividad está relacionada con la productividad.

Se suele confundir a la productividad con la competitividad, que son conceptos distintos, usualmente se cree que cuando una empresa produce mucho es porque es una empresa altamente competitiva, lo cual es totalmente falso. Por ejemplo: un caso de una empresa que fabrica una gran cantidad de tabiques y si sus tabiques son defectuosos, no todos son del mismo tamaño o cuentan con sus bordes irregulares, es seguro que esta empresa no sea competitiva en el mercado.

Y se puede ejemplificar, pero en caso contrario, que produzca excelentes tabiques, pero en poca cantidad, lo que ocasiona que los ingresos sean mínimos y tenga una deficiente rentabilidad económica.

La productividad y competitividad son conceptos interconectados pero diferentes. La competitividad es el resultado de un balance entre la producción y la calidad del producto.

#### **1.3.1 Productividad**

La productividad es la cantidad de producción obtenidos con relación a la inversión de dinero, los materiales e insumos, así como el tiempo destinado para su ejecución, es el cociente entre lo elaborado y la inversión.

La productividad de una empresa depende de dos factores: las características del producto y la eficiencia para producirlo.

### 1.3.2 Competitividad

La competitividad es una característica o cualidad que posee una empresa la cuál destaca de las demás. La competitividad generalmente se basa en ventajas competitivas, como habilidades, recursos, tecnología, o filosofías que la hacen superior con respecto a los demás. (Hitt, Ireland, Hoskisson, 2004, p. 6)

La competitividad va de la mano con la calidad del servicio o producto y para obtener una ventaja competitiva se puede optar por la reducción en los costos de producción u optar por una ventaja de distinción que hace ganar más a la empresa por cada producto proporcionado.

Las ventajas competitivas dependen de realizar inversiones, por ejemplo, con mayor tecnología, las buenas relaciones con el cliente, contratar a personal calificado, y con las que a través del tiempo otorgan una mayor rentabilidad a la empresa. El resto de las empresas no tienen esas ventajas, pero que no es algo imposible de conseguir, por lo que usualmente se suelen copiar técnicas y procedimientos.

El camino para mantenerse siempre competitivos en el mercado es la mejora continua (Brady y Cronin, 2001, p. 248).

Utilizar alguna herramienta o metodología de la mejora continua incrementa considerablemente la competitividad en las empresas, un ejemplo a utilizar es la filosofía *Lean Construction*.

### 1.4 Lean Construction

Lean es un término en inglés que se podría traducir al español como “esbelto”, “sin grasa”, o para nuestros fines “sin pérdidas”, y el término *Lean Construction* se traduciría como “construcción sin pérdidas”

En 1992 surge el término *Lean Construction* por Lauri Koskela, profesor del Centro de Investigación Técnica de Finlandia, en su tesis de doctorado, propuso la implementación de los conceptos *Lean* en la Industria de la Construcción, recalcó que debe existir una teoría de producción en la construcción debido a que la construcción es un sistema muy complejo.

*Lean Construction* es una filosofía de construcción cuyo objetivo es eliminar las pérdidas o desperdicios, es decir, todo aquello que no agrega valor al producto final de los recursos utilizados para la construcción y así generar el máximo valor para los clientes.

### **1.5 Valor ganado y pérdidas**

Para poder entender los conceptos de valor ganado y pérdidas, debemos tener claras algunas definiciones.

**Proceso:** Una secuencia de actividades usadas para manejar una o más funciones de la organización

El proceso incluye personal directivo, máquinas, materiales y métodos. El proceso puede ser interno y/o coincidir con una función y a menudo multifuncional.

**Actividad:** Una sola operación se lleva a cabo dentro del proceso.

**Valor ganado de la actividad:** Es lo que realmente aporta el valor del producto al cliente y provee un valor más alto afuera que adentro, donde el valor es reconocido por el cliente.

En la *Lean Organization* el valor ganado debe ser creado al costo más bajo posible, maximizando el valor que el cliente reconoce.

**Pérdida:** Cada actividad que agrega costo, pero no valor para el cliente.

El valor es la evaluación general de un cliente sobre la utilidad de un producto, basada en la percepción de lo que se recibe y lo que se da a cambio por él.

El valor se construye entre la interacción de varias figuras que deben culminar en el cumplimiento de los requerimientos a través de una cadena de actividades para aportar valor al cliente.



Figura 1. Valor ganado en la construcción (Elaboración propia)

En el sector de la construcción el valor ganado puede resumirse en una suma de lo que aportan los diferentes proveedores y los contratistas (acero, concreto, acabados, instalaciones, etc.) al constructor para la correcta ejecución de la obra para la entrega al cliente final, el cuál con base a su evaluación y percepción definirá el valor ganado del proceso, producto, o en su caso, al proyecto ejecutivo.

### 1.5.1 Clasificación de tipos de pérdidas

Los tipos de pérdidas se pueden clasificar de diferentes maneras, esto de acuerdo con el enfoque cultural o histórico. Las principales clasificaciones son las siguientes:

- 3 MU
- 4 M o 5 M
- 7 desperdicios de acuerdo con el TPS
- Costos de calidad pobre

### 1.5.1.1 3 MU

*Muda*, es un término japonés que significa “inutilidad, desperdicio” y es un concepto clave del Toyota Production System (TPS).

Existen 3 tipos de desperdicio que los japoneses conocen como:

- “*Muda*: Más capacidad que carga de trabajo (pérdida real).
- *Mura*: Capacidad que gira alrededor del objetivo fijo (la pérdida aquí es que no es estable).
- *Muri*: Más carga de trabajo que capacidad (los trabajadores y la maquinaria están muy ocupados).”<sup>2</sup>

La clasificación 3 MU tiene este nombre por las iniciales de las palabras en el idioma japonés.

La palabra *Muda* significa desperdicio, y es todo aquello que consume recursos y no aporta valor al cliente. El TPS realiza una clasificación de estos desperdicios, de los cuáles se hablará posteriormente.

*Mura* significa variabilidad y es todo lo que produce irregularidades, interrupciones o incumplimientos en el proceso debido a la falta de la estandarización del proceso lo que genera un desequilibrio en el sistema de trabajo. Por ejemplo, para realizar un armado de acero, el proyecto de indica una parrilla de varillas de diferentes diámetros, pero un herrero realiza primero el habilitado de una varilla del número 3 y seguidamente habilita una varilla del número 5 y posteriormente habilita otra varilla del número 3. En este ejemplo se notan las deficiencias e irregularidades en el habilitado, lo ideal es estandarizar el proceso y primero habilitar todas las varillas del número 3, y así sucesivamente, esto de acuerdo con el número de piezas requeridas para el armado de este emparrillado.

*Muri* significa sobrecarga y se refleja al trabajar a un ritmo elevado, es decir por encima de la capacidad del personal o al sistema mismo lo que provoca ineficiencia, deterioro en maquinaria y equipo, se presentan cuellos de botella y algunas veces tiempos muertos. Por ejemplo, cuando falta personal a la obra y los trabajadores del turno diurno deben extender su turno para poder cumplir con el objetivo de acuerdo con el programa de obra. También es común que una obra de edificación se subcontrate por especialidad y un contratista termine rápido sus trabajos de la planta baja, es decir se adelanta al programa

---

<sup>2</sup> Traducción propia del libro: Andrea Chiarini. (2012) “*Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*”.

de obra, por lo que en algún punto éste no tendrá área de trabajo en el siguiente nivel de la edificación y tendrá tiempos muertos debido a la falta de liberación de áreas.

#### **1.5.1.2 4 M o 5M**

El tipo de pérdidas de las 4 M se puede identificar fácilmente utilizando la herramienta del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa y esta clasificación de desperdicio tiene este nombre por las iniciales en inglés de los 4 desperdicios.

1. Hombres: Tiempo de espera, movimiento del cuerpo, por caminata.  
Por ejemplo, cuando el supervisor no libera área de trabajo, se genera un tiempo de espera o tiempos muertos, cuando los baños para el personal se encuentran lejos del lugar de trabajo, éstos tienen que realizar un recorrido relativamente largo, en el que el tiempo pudo haber sido disminuido considerablemente con una mejor ubicación de este.
2. Maquinaria: Detención para mantenimiento, velocidad reducida, descomposturas.  
Cuando la maquinaria trabaja por debajo del rendimiento promedio debido a falta de mantenimiento.
3. Material: Inventarios, transporte, productos semi – terminados y retrabajos.

El tener una bodega cuesta dinero y espacio físico, por lo que, si no se tiene un óptimo inventario, este generará un sobre costo innecesario que pudo haber sido eliminado con una simple limpieza de almacén. La ubicación del almacén también es vital. Los materiales de baja calidad y dudosa procedencia generan imperfectos en la obra, por lo que alguna actividad o procedimiento se tiene que volver a realizar porque no cumple con la calidad deseada.

4. Método de trabajo: Cualquier error en el método aplicado, por lo que surgen pérdidas, por ejemplo, instrucciones incorrectas, mal uso de la maquinaria, planeación incorrecta, entre otros.

El utilizar herramienta incorrecta también es un ejemplo de este tipo de pérdida o en la contratación de un operador sin experiencia, reduce el rendimiento del trabajo, esto por nombrar algunos.

Además de estas 4 pérdidas o desperdicios, comúnmente se suele agregar una quinta M, que es:

5. Madre naturaleza: Lluvias, sismos, neblina, etc.  
Un exceso de humedad en el ambiente y lluvias no permiten un fraguado del concreto, la neblina limita mucho la visibilidad por lo que el rendimiento de la maquinaria y personal se ve reducida.

### **1.5.1.3 7 desperdicios de acuerdo con el TPS**

1. Inventarios: Exceso de inventario de materia prima, producto terminado en stock, material que nunca se utiliza conllevan a pérdidas de un espacio valioso.
2. Sobreproducción: Producir de más de acuerdo con la demanda requerida, el exceso de producción cuando se realiza por si llegara a necesitarse formando inventario que a veces no es utilizado. Es una práctica incorrecta porque se destina material y recursos a tareas que no son urgentes.
3. Movimientos: Movimientos innecesarios de personal o transporte terminan en un desperdicio del tiempo, son actividades que no añaden valor al producto final, por ejemplo, cuando el personal va a buscar sus herramientas porque no se encuentran en el lugar de trabajo.
4. Defectos: Surge en la etapa de producción debido a una deficiente supervisión de los trabajos, poco o nulo control de calidad, mala calidad de los materiales, mal diseño del producto, poca habilidad de los operarios, entre otros.
5. Espera: Tiempos muertos de personal y maquinaria en espera. No hay una correcta sincronización en la secuencia de actividades, puede existir una correcta programación de obra, pero una mala gestión del tiempo. Falta de material y herramientas de trabajo crean un cuello de botella en la obra.
6. Sobre proceso: El proceso no se revisa ni se optimiza, se refiere a repetir y a hacer actividades que no agregan valor, éstas podrían estandarizarse y así ser eliminadas.
7. Transporte: El transporte de material y de personal no aportan valor al producto final por lo que se considera un desperdicio, involucra dos factores importantes



que son el tiempo y el dinero. Es importante realizar la planeación del transporte para reducir este tipo de pérdidas, una buena ubicación de la bodega de obra reduce considerablemente este desperdicio.

Además de los 7 desperdicios que el TPS menciona, se suele considerar un octavo desperdicio, del que pocos hacen mención, y este es:

8. Talento Humano: Se suele menospreciar la capacidad de las personas, por lo que a veces la información relacionada al proyecto y a la obra, es compartida solo con algunos pocos miembros por diversas causas, pero lo que es importante señalar es que todo el equipo de trabajo puede aportar alguna gran idea, y el no prestar atención a las opiniones del personal conlleva a un desperdicio de ideas o talento.

#### **1.5.1.4 Costos de calidad pobre**

Los costos de calidad pobre se generan cuando un producto o un servicio no satisface las necesidades del cliente o de la misma empresa. Los costos de calidad pobre se clasifican en:

1. Costos de prevención y evaluación.
2. Defectos internos y externos.

Los costos de prevención se refieren al costo destinado para prevenir la mala calidad del producto o servicio, con el fin de prevenir los defectos internos y externos.

Algunos ejemplos de este tipo de costo son: encuestas, evaluaciones al personal y a los proveedores, limpieza, capacitación, revisiones de diseño y planeación, entre otros.

Los costos de evaluación están asociados a mediciones o auditorías del producto para garantizar el cumplimiento de las normas de calidad.

Por ejemplo: mantenimiento a equipos, inspecciones de campo, auditorías, verificación de planos, etc.

Los defectos internos y externos reciben este nombre, de acuerdo con el momento en que se descubre el defecto.

Los costos por defectos internos suceden antes de la entrega del producto o servicio. Como los accidentes, exceso de inventario, tiempos muertos, retrabajos y rediseños.

Los costos por defectos externos suceden después del suministro del producto o servicio, es decir después que lo recibe el cliente. Como devoluciones, gastos financieros altos, retrabajos, reparaciones, entre otros. Aunque las causas más frecuentes pertenecen a la clasificación 4 M.

### **Conclusiones capitulares**

Después del estudio del marco teórico, se concluye lo siguiente:

- La filosofía *Lean Construction* se basa en la teoría y principios de *Lean Manufacturing*.
- Por definición, una microempresa cuenta con menos de 10 personas.
- De acuerdo con el censo de INEGI del 2009, las microempresas de la Industria de la Construcción (60.73%) aportan únicamente el 5.2% de la productividad del país.
- Una empresa no solo debe ser productiva, debe ser competitiva y la competitividad puede presentarse con la mejora continua, que es lo que busca la filosofía *Lean Construction*.
- La filosofía *Lean* se centra en el valor ganado y las pérdidas.
- Las pérdidas se pueden clasificar de acuerdo con su enfoque cultural o histórico, y la clasificación más conocida es de acuerdo al Sistema de Producción de Toyota.

## CAPÍTULO 2.- ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se aborda la historia a través del tiempo sobre la filosofía *Lean Construction*. Es básico conocer el origen, y cómo es que la calidad ha ido evolucionando a lo largo de los años para entender cómo está posicionada en la actualidad la filosofía *Lean Construction*.

### 2.1 Calidad a través de la historia

El concepto de gestión de calidad, en la actualidad es un conjunto de medidas, acciones y soluciones orientadas a la mejora continua de los procesos internos de una empresa u organización y que tiene relación con los gustos y las necesidades del cliente. Pero el concepto de calidad no siempre ha sido así, ha ido variando a través de los años.

La historia de la calidad puede dividirse en 6 etapas básicas:

1. Etapa artesanal: Surge en la antigüedad, cuando el artesano o productor, elaboraba un producto con la calidad que él creía que era la apropiada, basada en su percepción y en las necesidades del cliente sin importar el costo de producción. Esta etapa surge desde las civilizaciones antiguas hasta antes de la revolución industrial.
2. Industrialización: Surge en la revolución industrial, el trabajo manual fue sustituido por trabajo mecánico. Las cadenas de producción son más complejas y simultáneas, es aquí donde surge la figura del supervisor que es el encargado de la supervisión de los trabajos de los mandos operatorios. Se realiza la producción a grande escala y a la mayor velocidad posible, sin preocuparse tanto por la calidad del producto. Lo que se hacía era separar los productos en buen estado de los productos defectuosos. Esta etapa finaliza alrededor de 1920.
3. Control estadístico: Las empresas además de supervisar los trabajos optan por llevar un control estadístico, evoluciona de una supervisión a un control más global. En esta etapa se implementó la detección y la prevención de los defectos para la producción porque el cliente exigía que el producto tuviera las características ofrecidas. El periodo de esta etapa es del año 1920 al año 1950.

4. **Primeros sistemas:** Las empresas se dan cuenta que el control estadístico no es suficiente, se debe de estudiar los procesos y sus etapas de producción después de ser observadas para poder detectar las fallas y pérdidas a través de todo el proceso, además ya no se le da prioridad a la producción en masa, ahora se centran en la calidad el producto, tratar de obtener la menos cantidad de productos defectuosos y aquí es cuando surgen los primeros sistemas de calidad. Esta etapa es de los años 1950 a los 1970.
5. **Estrategias:** Aquí la calidad se asume como un proceso estratégico y se implementan procesos con mejora continua. La calidad ya no es impulsada por supervisores, sino por la dirección y se considera como una ventaja competitiva y se centra en las necesidades del cliente y aumenta la implicación del personal. La calidad se basa desde el diseño del producto hasta su etapa final con el fin de garantizar la fiabilidad del producto. Todos los integrantes de la empresa se ven involucrados para la producción por lo que se fijan metas y objetivos, el personal se organiza y programa y se designan responsabilidades. Esta etapa comienza desde el año 1970 hasta principios de 1990.
6. **Calidad total:** La distinción entre servicio y producto desaparece, no existen diferencias entre el artículo y las etapas que lo proceden y el cliente tiene mayor peso y protagonismo que en la etapa anterior y se llega a etapas de posventas, los sistemas se perfeccionan y se adaptan. Se busca la mejora continua, se pretende llevar los productos hacia la excelencia y se aplican los sistemas de gestión de calidad en todas las actividades para la garantía de un producto desde su diseño hasta la fabricación. En esta etapa se fomenta la competitividad y se amplía la oferta en el mercado. Esta etapa empezó a principios de 1990 y continua a la fecha.

## **2.2 Concepto de Gestión de calidad**

Se suele confundir la gestión de calidad, con el control de calidad, que son dos conceptos diferentes pero que van de la mano.

La gestión de la calidad es un conjunto de elementos utilizados para la garantía de la calidad de los productos o servicios por parte de la dirección y el control de calidad es la comprobación y verificación de los elementos utilizados para garantizar la calidad.

CONTROL DE CALIDAD	GESTIÓN DE CALIDAD
Involucra sólo al servicio, obra o producto.	Abarca todas las actividades involucradas.
Está separado de la producción o servicios.	Forma parte de la producción o servicio.
El protagonista es el jefe de control de calidad.	El protagonista es el director de la empresa.
Se dedica sólo a la producción.	Se dedica a todas las actividades de la empresa.
No participa en compras.	Las compras son partes del sistema de calidad.
La relación con el cliente no es directa.	El cliente figura en el sistema de calidad.
Se desarrolla en el área de control de calidad.	Se desarrolla en todas las áreas involucradas.
Separa los productos defectuosos.	Evita la producción defectuosa.
Los costos de calidad son debidos a evaluaciones, correcciones y fallos.	Los costos de calidad únicamente se deben a la prevención.

Tabla 2. Diferencias entre control y gestión de calidad. (Fuente: Cámara Venezolana de la construcción, ISO 9000, Sistema de Gestión de la Calidad en empresas constructoras, Manuel Pérez Marcano, 2013.)

La gestión de la calidad es un conjunto de operaciones y elementos en una empresa para la optimización de los procesos, esto incluye al personal, la información, la maquinaria, entre otros para que el cliente esté satisfecho con el producto o servicio adquirido.

Existen 4 etapas básicas para la gestión de la calidad: planteamiento, control, aseguramiento y mejora en la calidad.

### 2.3 Ventajas de la Gestión de calidad

Dentro de un ambiente competitivo entre las empresas y en el que los clientes tienen una amplia oferta de productos y servicios, los sistemas de gestión de calidad deben ser un sistema básico para la optimización de los procesos dentro de la producción para el beneficio y satisfacción del cliente.

Al implementar un sistema de gestión de calidad, se generan muchos beneficios, dentro de los que destacan (Manuel Pérez Marcano, 2013):

- Disminución importante de los costos asociados a la no calidad (desperdicios, tiempo perdido).
- Mejor aprovechamiento de los recursos humano, administrativos y operativos.
- Poderosa herramienta a la hora de enfrentar un mercado cada vez más competitivo y cambiante.
- Ayuda a la empresa adaptarse a nuevas leyes laborales y ambientales.
- Mejora de la planificación general.
- Creación de un marco para gestionar adecuadamente los procesos.
- Definición de estrategias, políticas, objetivos y métodos de trabajo.
- Cumplimiento de las especificaciones.
- Supresión de costes inútiles debidos a procesos y actividades que no agregan valor al producto.
- Mejora de las comunicaciones internas y externas. - Resolución de los problemas más fácil y rápidamente (el personal trabaja menos estresado).
- Mayor facilidad en la realización de las actividades gracias a documentación de los procesos.
- Permiten a los clientes o entes contratantes de empresas constructoras (en especial al estado) confiar en la calidad de los servicios y obras que contratan, disminuyendo así los atrasos y reclamos permitiendo un mejor uso de los recursos de la sociedad

## 2.4 Concepto *Lean*

*Lean* es una filosofía o metodología basada en la mejora continua, en la que se involucra a todas las partes, la cual propone reducir todos los desperdicios para maximizar el valor hacia el cliente. Se enfoca en la satisfacción del cliente y en identificar las actividades que no agregan valor para disminuirlas o eliminarlas y así poder generar más valor.

“El uso del término *Lean* obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de las horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos”<sup>3</sup>

## 2.5 Origen *Lean*

*Lean* nace en Japón con *Lean Manufacturing* o *Lean Production* como resultado de la mejora de los procesos de producción de Toyota.

La optimización en la industria data del siglo XX cuando Henry Ford y Taylor cuando establecen una organización en la producción y se introduce la producción en masa, pero esta no es una forma de producción *Lean*.

A finales del siglo XIX surge el primer pensamiento *Lean* que fue propuesto e impulsado por Sakichi Toyoda, fundador de grupo Toyota. Sakichi Toyoda creó una máquina que detectaba problemas en los telares y emitía una alerta al personal cuando se rompía un hilo.

La máquina no sólo automatizó lo que antes era un proceso manual, además detectaba errores en la máquina que es lo que se conoce como “*Jidoka*”, la producción se detenía cuando se fabricaba un producto defectuoso, y así se evitaba que se siguieran fabricando productos defectuosos, se incrementó la productividad ya que era un solo operador el que controlaba varias máquinas.

---

<sup>3</sup> Traducción propia del libro: Womack, Jones y Roos. (1990) “*The machine that changed the world*”.

El hijo de Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda apostó por una filosofía en la que las máquinas y el personal trabajaran juntos para generar el mayor valor posible sin generar desperdicios, además creó técnicas y herramientas para eliminar los desperdicios entre una operación y otra, el resultado de esta herramienta es el JIT (*Just in Time*).

Posteriormente Sakichi Toyoda y Sakichi Toyoda crearon el TPS (*Toyota Production System*) y fue mejorado y enriquecido por Taiichi Ohno quién se encargó de estudiar los procesos y concluyó que lo mejor era producir sólo lo que el cliente demandaba a baja escala y justo cuando el cliente lo solicita.

## 2.6 Lean en la actualidad

La filosofía *Lean* es una forma de pensar, se debe lograr un cambio en el pensamiento de las personas que lo practican para obtener una mejora continua para la satisfacción del cliente y la reducción de pérdidas.

La filosofía *Lean* empezó con el *Lean Manufacturing*, especialmente en la industria automotriz, pero actualmente es utilizada en diversas disciplinas:

- *Lean Construction* (Construcción)
- *Lean healthcare* (Sanidad)
- *Lean Government* (Administración Pública)
- *Lean Startup* (Creación de nuevas empresas)
- *Lean Services* (Servicio Público)
- *Lean Higher Education* (Educación Universitaria)



## Conclusiones capitulares

- La gestión de la calidad ha evolucionado. Existen 6 etapas de la calidad en la historia: etapa artesanal, industrialización, control estadístico, primeros sistemas, estrategias y calidad total.
- Gestión de la calidad no es lo mismo que control de la calidad. La gestión se basa en la optimización de los procesos para garantizar la calidad deseada y el control de calidad es la medición y verificación de los elementos para cumplir con la calidad.
- El objetivo de *Lean Manufacturing* no es la producción en masa, su objetivo se basa en la satisfacción del cliente.
- En la actualidad existen diferentes disciplinas *Lean*, las cuales tienen como base la teoría *Lean Manufacturing*.

## CAPÍTULO 3.- *LEAN* APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se expone a profundidad lo que es *Lean Construction*, se explican las diferencias entre la construcción tradicional y la construcción *Lean*. Además, se detallan varias herramientas *Lean*.

### 3.1 Principios *Lean*

De acuerdo con Jones y Womack (1996), *Lean* cuenta con cinco principios básicos:

1. Especificar el valor: El valor de un producto o servicio sólo puede ser definido por el cliente o consumidor final, de acuerdo con las necesidades que satisfacen al cliente otorgándole un valor.

El valor lo crea el productor y no el cliente. El productor no puede definir con exactitud el valor del producto, y los clientes no definen el valor de un producto por el lugar en donde fue fabricado y diseñado.

Para que el productor pueda definir más fácilmente el valor de un producto o servicio, debe comprender las necesidades y exigencias que solicita el cliente, empezar con un buen diseño y buscar el procedimiento de fabricación que sea el más efectivo son los pasos principales para designarle un valor.

“En resumen, la especificación de valor de forma precisa es el primer paso fundamental en el *lean thinking*. Proporcionar el bien o servicio incorrecto de forma correcta es muda.”<sup>4</sup>

2. Identificar el flujo de valor: La cadena de valor involucra a todas las actividades necesarias para la creación y transformación de los materiales e insumos en un producto terminado para la entrega del cliente, involucra las etapas de la planeación del producto y hasta la presentación y entrega final del producto.

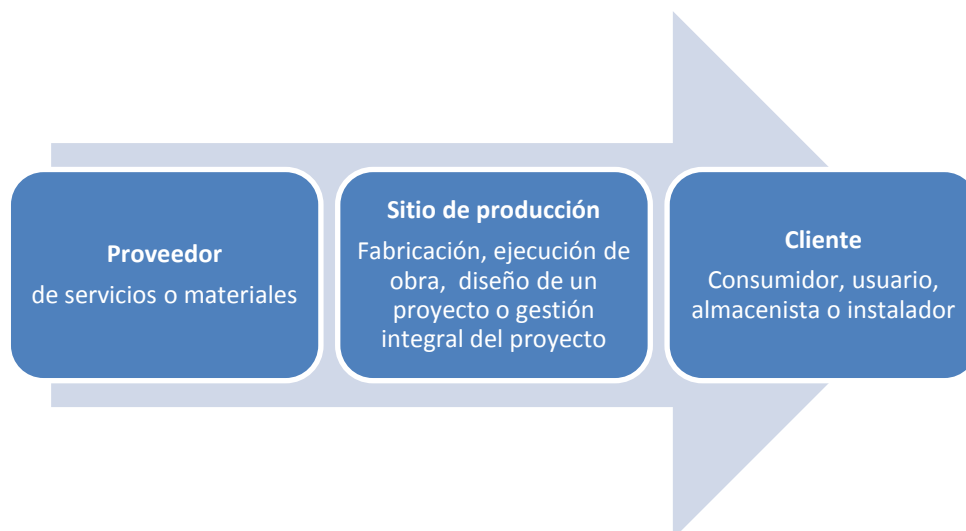
“El flujo de valor es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto específico (un bien o servicio, o una combinación de

---

<sup>4</sup> Daniel T. Jones & James P. Womack. (2003) “Lean Thinking”.

ambos) por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa: la tarea de solución de problemas que se inicia en la concepción, sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción; la tarea de gestión de la información que va desde la recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada, y la tarea de transformación física, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor. La identificación de la totalidad del flujo de valor para cada producto (o, en algunos casos, para cada familia de productos) es el próximo paso en el campo del pensamiento *lean*, un paso que las empresas han intentado en raras ocasiones, pero que casi siempre revela la existencia de enormes cantidades, verdaderamente asombrosas, de muda”<sup>5</sup>

En esta etapa se tiene que realizar un análisis muy detallado de todas las actividades que integran el flujo, el identificar las actividades contributivas, es decir las que realmente agregan valor para el cliente final, las actividades que no crean valor para el cliente, pero son necesarias para la entrega del producto final, por ejemplo el curado del concreto o la inspección de la soldadura de una estructura metálica, son actividades que para el cliente no tienen valor alguno, sin embargo son necesarias para la correcta producción del producto y por último las actividades adicionales que no crean valor alguno y pueden ser evitadas, estas actividades son las pérdidas.



<sup>5</sup> Daniel T. Jones & James P. Womack. (2003) “Lean Thinking”.

Figura 3. Representación de la cadena o flujo de valor según la filosofía *Lean*  
(Fuente: Introducción a *Lean Construction*, Juan Felipe Pons Achell, 2014)

3. **Flujo:** Después de haber identificado el valor que el cliente determina y se ha graficado la cadena de valor, y la eliminación de los desperdicios, los cuales no aportan valor, el siguiente paso es hacer que fluyan las actividades restantes, las que sí crean valor, y las actividades necesarias para la producción.  
Las actividades que añaden valor, que es lo que el cliente percibe, en realidad son mínimas. Eliminar el desperdicio es una forma de continuar con el flujo continuo. En esta etapa se deben de hacer los ajustes necesarios para la correcta producción, por ejemplo, los lotes siempre conllevan una gran cantidad de tiempo mientras que el producto se queda a la espera de la siguiente etapa o fase.
4. ***Pull* (Atracción):** El sistema *Pull* es el principio del *Just In Time* (JIT) y se centra en controlar el inventario y no tener un gran número de productos almacenados. Es el sistema opuesto al *Push*, que se base en producir un número muy grande de inventario y a una velocidad muy grande, lo que provoca que el siguiente paso sea el almacenamiento de los productos terminados sin tomar en cuenta el ritmo de la demanda del cliente.  
El objeto de hacer *Pull*, es que se produzca el producto de acuerdo con las necesidades del cliente y cuando el cliente lo requiera, se puede realizar la producción a baja escala, pero con una salida constante hacia el cliente, evitando los grandes almacenamientos los cuales detienen el ciclo del flujo.
5. **Perfección:** Para concluir con los principios de *Lean*, el siguiente paso es la perfección y esta surge sólo después de que las empresas designan el valor de forma precisa, son capaces de identificar todos los procesos de la cadena de valor y cuando los clientes son los que atraigan el producto, todo el personal involucrado de la empresa siempre está analizando el flujo por lo que por medio del *kaizen* o la mejora continua, es posible eliminar todos los desperdicios y siempre es posible mejorar de una manera u otra el producto, para el valor designado por el cliente final.  
Para lograr la perfección se cuentan con 3 herramientas principales que son el *kaizen*, la estandarización de los procesos y un PDCA (*Plan, Do, Check, Act*).

### 3.2 Construcción tradicional

El método tradicional de construcción se enfoca a los procesos y actividades para transformar un conjunto de insumos en un producto final que es la obra misma, pero no se centra en la distribución ni movimientos de los recursos los cuales pueden optimizar el valor ganado de los proyectos.



Figura 2. Modelo de construcción tradicional.  
(Fuente: *Lean Construction* en el Perú, Pablo Orihuela, 2011)

La construcción tradicional no contempla los desperdicios que existen en el proyecto, el procedimiento en la construcción tradicional es el siguiente: el cliente le pide al proyectista que se realice un proyecto arquitectónico, posteriormente se elabora el anteproyecto, consecutivamente una constructora realiza el presupuesto del anteproyecto, basado en cálculo y en su experiencia, con lo que se obtiene un costo estimado de producción en el que intervienen los costos directos e indirectos de la obra.

En México, si se produce un aumento inesperado en los costos de la construcción:

1. Los cargos adicionales recaen sobre el cliente, debido a diversos factores como el tiempo muerto, lo que conlleva a una elevación del presupuesto inicial de la obra, o,

2. La responsabilidad es imputada al constructor, éste tiene que absorber esos gastos, por lo que se ve forzado a disminuir su utilidad.

“Se asume que el proceso de la producción total consiste en una serie de subprocesos los cuales convierten una entrada en una salida, y la cual puede ser realizada y analizada en aislamiento de los otros”<sup>6</sup>

En la obra pública, cuando existen licitaciones, las bases de las licitaciones son publicadas, en las que se establece una fecha para la visita al sitio de los trabajos, y pocos días después se debe de entregar la propuesta técnica y económica, por lo que el tiempo de planeación, programación y presupuestación es escaso, casi nulo. Claramente se notan deficiencias en esta etapa de planeación, y se ve reflejada en que la obra no se entregue a tiempo y el presupuesto sea superior al entregado.

La obra privada no difiere mucho, de igual manera los tiempos de entrega del programa y presupuesto son muy cortos, por lo que no se realiza de manera correcta y adecuada la planeación del proyecto ejecutivo.

En la construcción existen problemas de flujo que son causados por la administración tradicional como lo es designación de contratistas por especialidad para una obra, cada uno se encarga de ejecutar su parte, termina su actividad y comienza el siguiente contratista, el problema de realizar la obra de esta manera, es decir con actividades seriadas es que el contratista y el proyectista tienen poca o nula interacción, además que al terminar de ejecutar sus actividades, éste ya no contribuye para dar sugerencias o una retroalimentación al siguiente contratista y en realidad existe una falta de liderazgo en el proyecto total, además de generan trabajos extraordinarios, lo cual no sucedería si la obra la hubiera realizado un solo contratista, por ejemplo, para la elaboración de la cancelería, ¿quién debe absorber los ajustes de la cancelería, el contratista de los muros o el de la cancelería misma, o inclusive el proyectista?

“El análisis (Koskela 1992a) muestra que como en la manufactura, el concepto base de ingeniería en construcción y administración es la conversión o actividad orientada. El proceso de construcción es visto como un conjunto de actividades, cada uno de los cuales es controlado y mejorado como tal.”<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Traducción propia de la tesis doctoral: Lauri Koskela. (1992) “*Application of the new production philosophy to construction*” Technical report #72, Stanford, CIFE, Stanford University.

<sup>7</sup> Traducción propia del libro: Luis Alarcón. (1997) “*Lean Construction*”.

En la construcción, el programa de obra se ve como un conjunto de actividades, una seriada a otra, es decir un tren de actividades, y no se ve a toda la obra como a un sistema o un flujo, la construcción es conjunto de tareas, que empiezan cuando una persona o empresa está encargada del diseño arquitectónico, posteriormente este diseño se le cede a un estructurista y geotecnista para la elaboración de sus diseños correspondientes, para que al final una empresa constructora sea la encargada de la ejecución de la obra.

El problema de realizar la obra con esta metodología es que las partes involucradas no participan en cada una de las etapas del proyecto. Si todas las partes involucradas estuvieran desde el inicio del proyecto, que comienza en la etapa del diseño arquitectónico se podrían disminuir las pérdidas debido a la calidad pobre de la construcción.

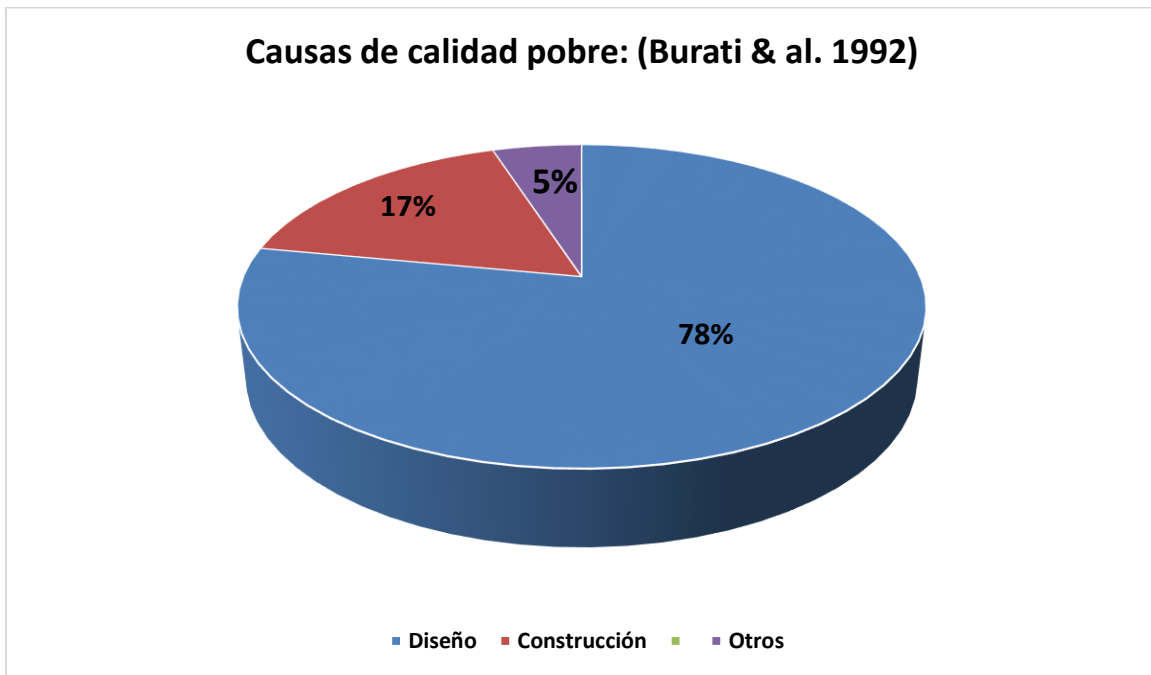
### 3.2.1 Calidad pobre

En la construcción existen diversos tipos de pérdidas, pero las pérdidas debido a una calidad pobre han sido estudiadas y medidas:

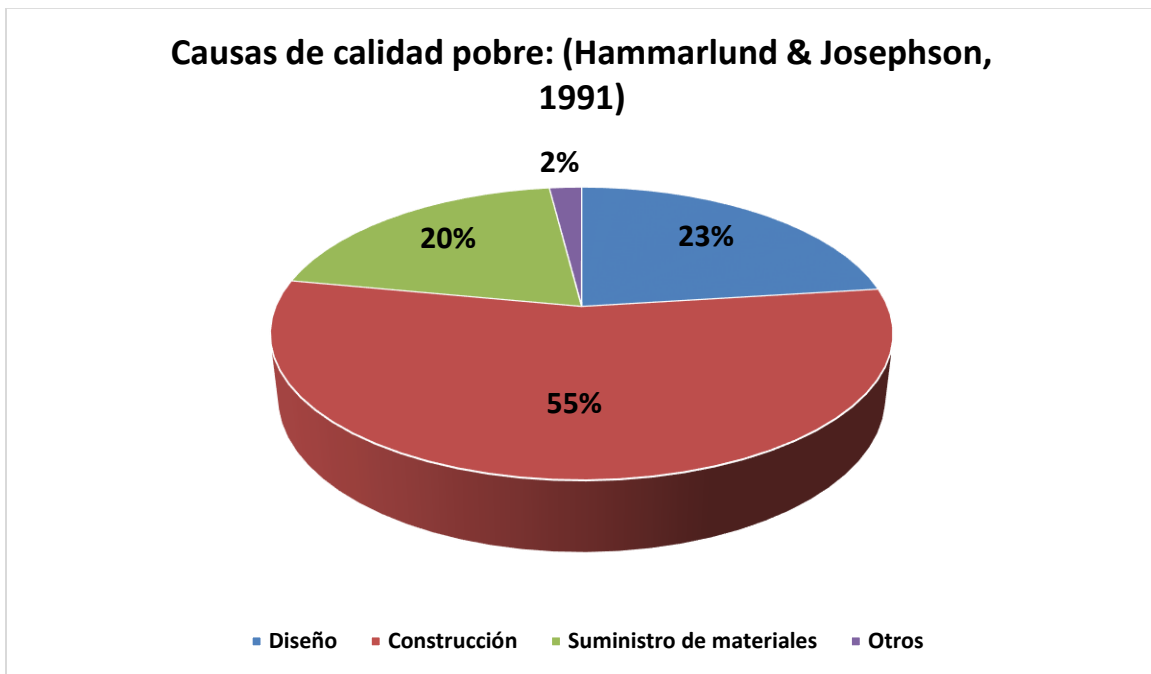
Costo	País de estudio
12.4% del costo total del proyecto	E.U.A ( <i>Burati &amp;al. 1992</i> )
6% del costo total del proyecto	Suecia ( <i>Hammarlund &amp; Josephson 1991</i> )

Tabla 2. Costos de calidad pobre (Fuente: Lauri Koskela. (1992) “*Application of the new production philosophy to construction*” *Technical report #72, Stanford, CIFE, Stanford University*)

Y calidad pobre se refiere no solamente a la baja calidad de los materiales e insumos que intervienen para la etapa de ejecución de la obra o proyecto. Los problemas de calidad pobre abarcan básicamente 3 rubros: el diseño, la construcción y al correcto suministro de los materiales.

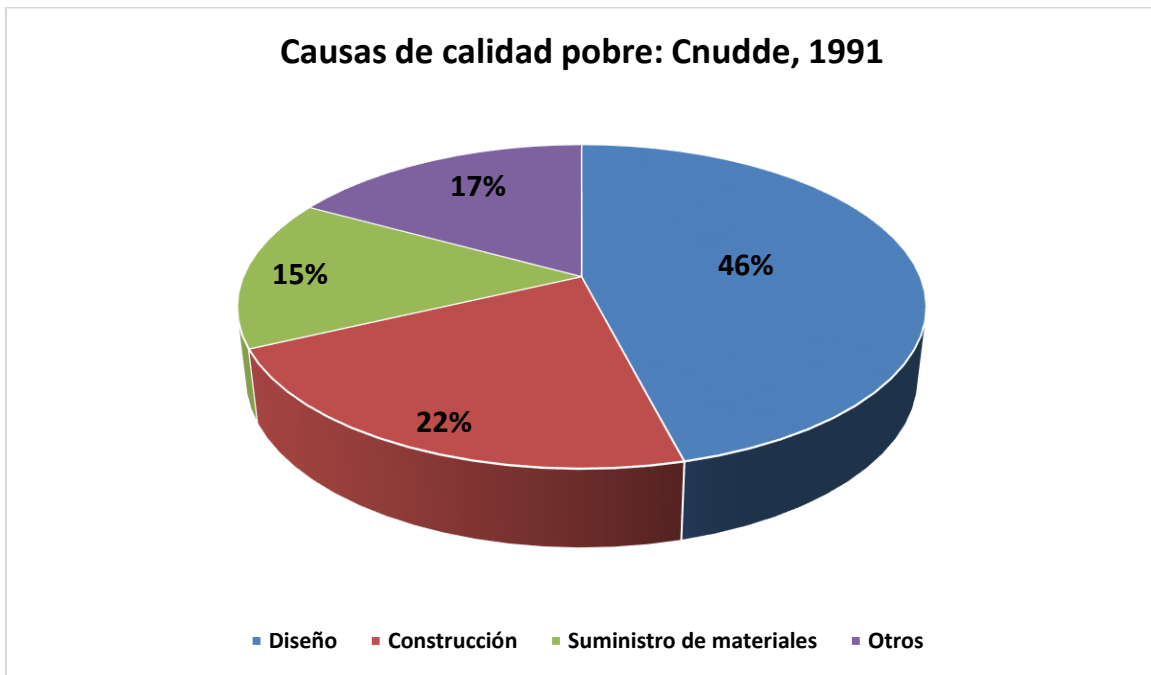


Gráfica 3. Causas de calidad pobre: (Burati & al. 1992).



Gráfica 4. Causas de calidad pobre: (Hammarlund & Josephson, 1991).





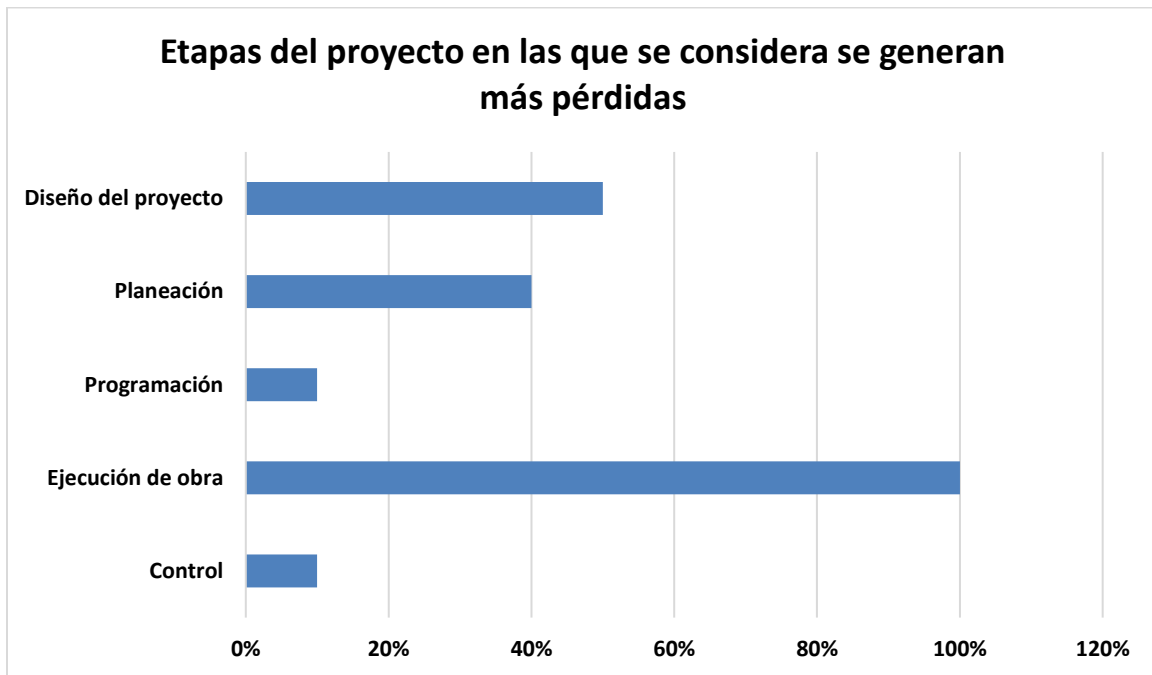
Gráfica 5. Causas de calidad pobre: (Cnudde, 1991).

Como se observa en las gráficas, el desperdicio con mayor costo se debe a la construcción y al diseño, y es que ambos van de la mano. Para minimizar el porcentaje del desperdicio en la construcción se necesita un buen diseño. Un buen diseño aparte de ser estético, funcional, ergonómico y que cumple con las características mínimas que exige el cliente, éste debe ser construible, es decir la constructibilidad es un papel de suma importancia.

El CII (*Construction Industry Institute*) define en su publicación SP3-3 - *Constructability Concepts File* a la constructibilidad como: el uso óptimo del conocimiento y la experiencia de la construcción en planificación, diseño, adquisición y operaciones de campo para lograr los objetivos generales.

Si se le prestará mayor dedicación a la etapa de la proyección del diseño, podríamos ahorrar una suma significativa de monto monetario.

En México, estudios recientes sobre la construcción y las pérdidas, (Liliana Cisneros, 2011), señalan que las etapas de ejecución de obra y el diseño del proyecto son las que tienen mayores desperdicios, 100% y 50% respectivamente.



Gráfica 6. Etapas del proyecto con mayor porcentaje de pérdidas.  
(Fuente: Liliana Cisneros Vela, 2011, "Metodología para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución de un proyecto de construcción", CDMX, UNAM)

Del total de las empresas constructoras encuestadas, el 100% afirma y considera que la etapa de la ejecución de la obra es en la que se presentan más pérdidas, seguida por un 50% que consideran que es la etapa del diseño.

Las pérdidas en la etapa de la ejecución de la obra se pudieron prevenir en las etapas previas que son el diseño del proyecto, la planeación y la programación. El tener un mal diseño genera una mala planeación y programación, y esto se ve fuertemente reflejado en la ejecución del proyecto, en dónde se suman cada uno de los errores previos ocasionando pérdidas.

### 3.3 Construcción *Lean*

*Lean Construction* tiene por objetivo la mejora continua, disminuir las pérdidas y maximizar el valor del producto final junto con el cliente, utilizando técnicas y herramientas que aumentan la productividad y competitividad de los procesos en la construcción.

El concepto de la producción *Lean*, es un proceso de transformación de insumos y materiales, un flujo de recursos y una generación de valor. Su objetivo es optimizar las transformaciones disminuyendo o eliminando los procesos que los materiales deben seguir para la ejecución de los trabajos de obra, para maximizar el valor del producto final.

“Una de las maneras más efectivas para aumentar la eficiencia en la industria de la construcción es mejorar el proceso de la planeación y control. En *Lean Construction*, la planeación y el control son considerados como procesos complementarios y dinámicos mantenidos, durante el curso del proyecto. La planeación define el criterio y crea estrategias requeridas para alcanzar los objetivos del proyecto, el control asegura que cada evento ocurra según lo planeado.”<sup>8</sup>

En la filosofía *Lean Construction*, se crea un equipo de facilitadores o gestores, los cuales son los representantes de las personas o grupos involucrados; estos principalmente son los diseñadores y proyectistas, la empresa constructora y dependiendo el caso, los promotores del proyecto. Estos son los gestores principales, sin embargo, se pueden ir agregando más partes, como algún consultor y gerente de proyecto.

El primer paso es calcular el valor para el cliente, con base a las características que aportan valor al cliente, se realiza un ajuste del precio que el cliente está dispuesto a pagar y con su conocimiento de la escala de valores, posteriormente, el equipo del proyecto calcula el costo de la construcción a la vez que toma en cuenta las actividades que sólo son de soporte y las que no añaden valor al cliente.

En una construcción existen dos procesos principales:

1. Proceso de diseño: Es un conjunto de especificaciones en las que las necesidades y deseos son transformados en requerimientos con un sinnúmero de pasos a seguir para un diseño detallado. Es un proceso en el que se deben detectar los problemas futuros y proponer las soluciones.
2. Proceso de construcción: Se compone de dos tipos de flujo:

El proceso del material, el cual consiste en el flujo del material al sitio, incluyendo los procesos y ensambles en el sitio.

El proceso del trabajo de los equipos de construcción, los flujos espaciales y temporales en el sitio, asociados al proceso del material.

---

<sup>8</sup> Fayek, R., Hafez, S. (2013). *Applying lean thinking in construction and performance improvement*, Alexandria Engineering Journal.

En este punto se sabe que una parte de nuestras actividades van a ser improductivas y que no le van a agregar valor a la obra. Se lleva a cabo un control de costos porque ahora contamos con las herramientas *Lean* para la identificación, cuantificación y para el control de nuestro desperdicio mediante la mejora del diseño y de la ejecución de la obra, buscando disminuir el costo de producción, pero siempre cuidando la calidad que solicita el cliente.

Se procede con la mejora continua y control de los costos. Se reduce mucho más el desperdicio y se mejora el diseño y los procesos.

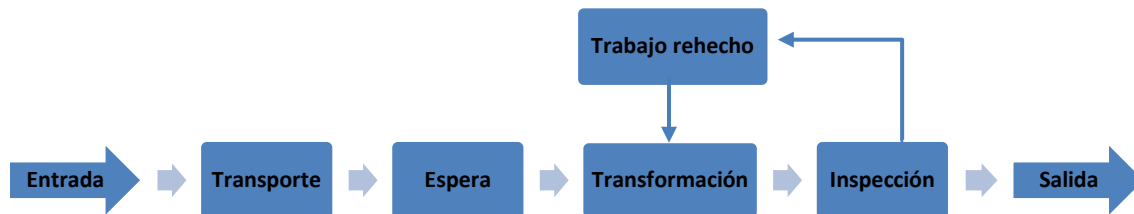


Figura 3. Modelo de construcción *Lean*.

(Fuente: Kenny Ernesto Buleje Revilla, 2012, Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la Filosofía *Lean Construction*.)

La filosofía *Lean Construction* considera dentro del flujo, actividades productivas que son las que sí aportan valor, actividades contributivas que son las que contribuyen para que aporten valor y actividades no contributivas que son las pérdidas.

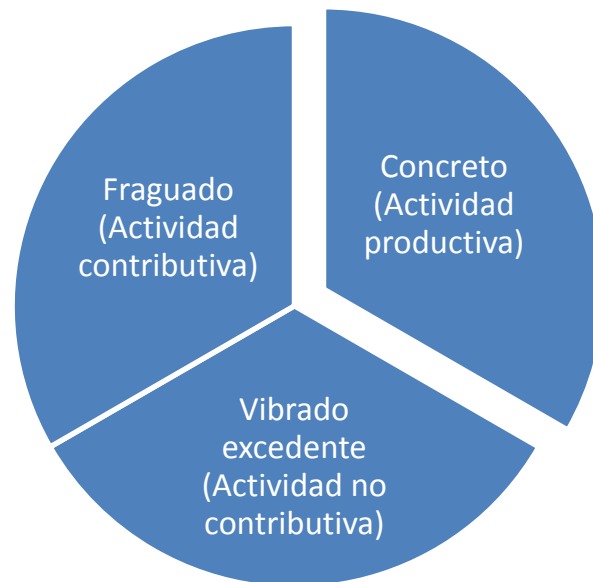


Figura 4. Tipos de actividades.  
(Fuente: Elaboración propia)

Para hacer una losa de concreto, primero se debe fabricar el concreto, ésta es una actividad productiva, posteriormente se realiza la colocación que de igual manera es una actividad productiva porque lo que requiere el cliente de acuerdo a sus necesidades es el concreto colocado, y finalmente se requiere el tiempo de fraguado, esta actividad es no contributiva, porque para el cliente, esto no aporta valor alguno a la losa de concreto, pero es una actividad necesaria para la correcta ejecución, y además consume muy poco importe, pero si gran cantidad de tiempo. En este concepto una actividad no contributiva sería vibrar en exceso el concreto, por ejemplo.

La filosofía *Lean* propone dar soluciones a los problemas que se tienen con la metodología tradicional referentes a la productividad, al costo y al tiempo por lo que busca incorporar algunos aspectos relevantes que deben ser aplicados:

- Reducción de las pérdidas: El objetivo es eliminar o reducir las actividades no contributivas.
- Reducción de la variabilidad: La planeación es parte vital de este punto, realizar una correcta planeación para reducir la incertidumbre que puede presentarse durante el proyecto.

- Compresión del tiempo del ciclo: El ciclo puede ser reducido utilizando elementos prefabricados, listos para ser montados en la obra, los elementos se fabrican en planta y/o taller para posteriormente ser transportados al sitio de los trabajos.
- Simplificación: Al dividir el trabajo en grupos de actividades y el establecer el trabajo secuencial, las interdependencias se reducen por lo que se simplifica la planeación, reducir la cantidad de las actividades y los pasos que componen el flujo.
- Flexibilidad: Fomentar personal que realice varias actividades, que sea multidisciplinario.
- Control del proceso completo: Contar con el conocimiento del proyecto en su totalidad para lograr proponer soluciones a problemas que se presenten durante la ejecución.
- Mejora continua: El proceso se debe monitorear y mejorar constantemente, por ejemplo, brindando capacitación al personal con la finalidad de agregar valor para la satisfacción del cliente.

### **3.4 *Lean Construction* vs modelo tradicional**

El sistema Lean, difiere del modelo tradicional ya que incluye variables que en el modelo tradicional no se consideran. *Lean Construction* es un sistema más moderno y óptimo debido a que no sólo se centra en un sistema de conversión como lo es el modelo tradicional.

En la Figura 5. (Enfoque tradicional vs Enfoque *Lean*) se pueden observar algunas diferencias de los dos modelos, en el que se realiza una comparativa principalmente entre los costos de producción.

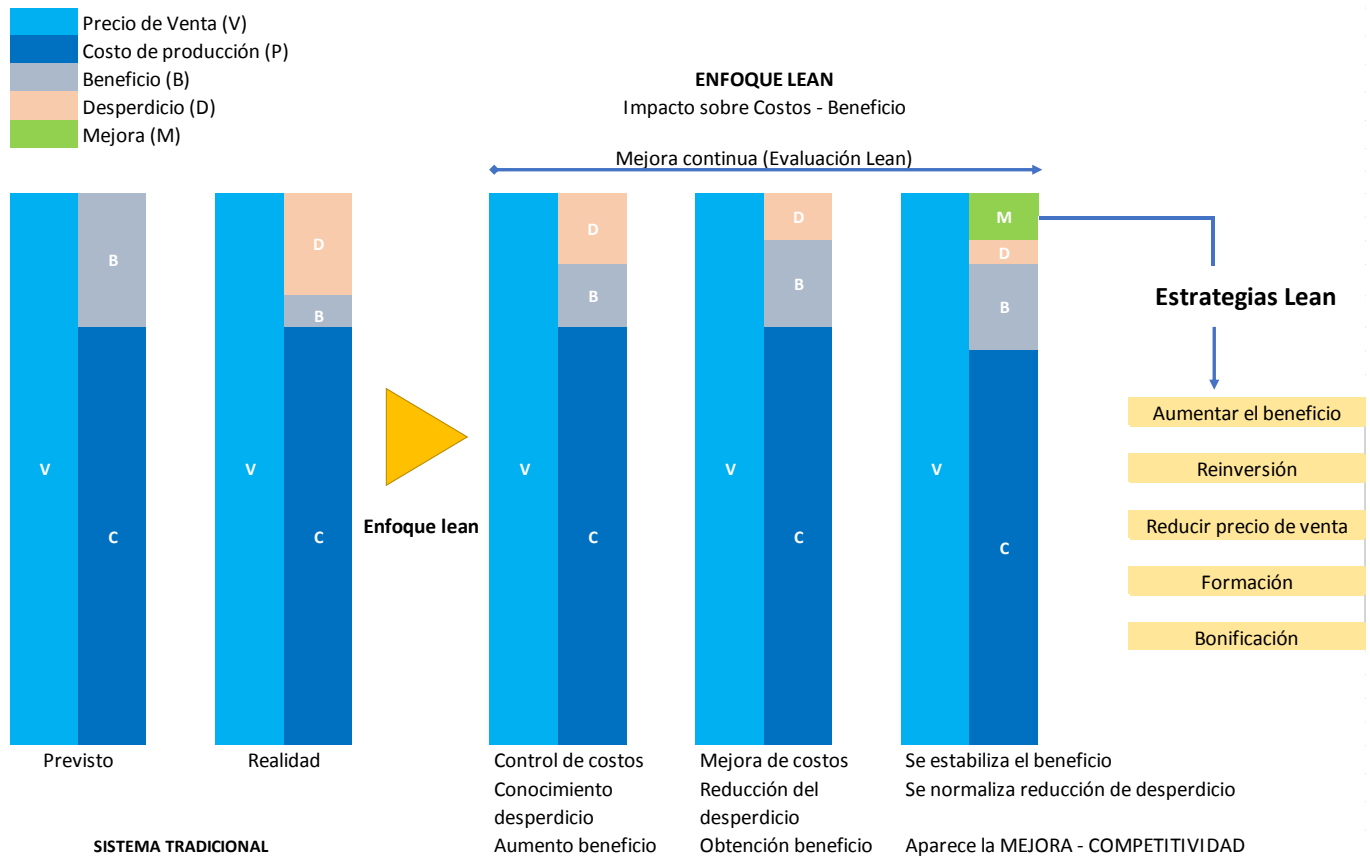


Figura 5. Enfoque tradicional vs Enfoque *Lean*.  
(Fuente: Juan Felipe Pons Achell (2014) "Introducción a *Lean Construction*")

En el sistema tradicional, el costo de venta o en otras palabras el costo de la obra se calcula con base al costo de la construcción, en el que se incluyen los costos directos e indirectos más un beneficio, que es la utilidad misma. Así es como se realizan los presupuestos de obra, es un análisis muy básico porque si por algún motivo ajeno a la empresa constructora, el costo de la obra aumenta, entonces el precio de venta aumentaría, repercutiendo negativamente hacia el cliente, que sería el que absorbería estos costos extras, o bien el precio de venta se mantiene igual que el previsto pero el margen de utilidad disminuye, lo cual afecta a la empresa constructora.

Por otra parte, en el sistema *Lean* el costo de la obra se calcula con base a las características que necesita y solicita el cliente tomando en cuenta el precio que éste está dispuesto a pagar, y se realiza un cálculo del costo de la ejecución de la obra, pero considerando desde el inicio que una parte las actividades a realizar son no contributivas y desperdicios, por lo que no agregan valor al cliente.

La figura 5, muestra 3 fases en el sistema *Lean*:

- 1 Se conoce que una parte de las actividades son improductivas desde la vista del cliente, posteriormente se realiza un control de los costos de producción de la obra porque ahora se conocen que actividades son las que no aportan valor, son las actividades que se intentan eliminar o disminuir mediante una mejora en el proyecto o en la ejecución de los trabajos, el costo de producción de la obra se disminuye pero siempre cuidando la calidad y nunca reduciendo ésta, ni la utilidad del proyecto.
- 2 Se realiza una mejora continua, optimizando los costos de producción de la obra, mejorando el diseño del proyecto y la ejecución. En esta fase el desperdicio se reduce aún más y se incrementa la utilidad de la empresa constructora.
- 3 La mejora continua se sigue realizando, se estabiliza el margen de utilidad. Los desperdicios de la obra se reducen y los procesos de ejecución se mejoran.

Al utilizar el sistema *Lean* se obtiene una mejora en la utilidad, en la inversión, en la reducción del precio de venta. Esta mejora en los costos puede ser destinada para el incremento de la utilidad o reducir el presupuesto de la obra. Utilizar un sistema *Lean* se genera un beneficio para la empresa y para el cliente, ambos salen beneficiados con el sistema *Lean*.

En un sistema tradicional de construcción nos encontramos con diversos problemas en todas las etapas del proyecto, desde la fase inicial o de planeación hasta la de control y mantenimiento, son problemas que pueden solucionarse incorporando un sistema *Lean Construction*. Los problemas más comunes en un sistema tradicional son:

- Poca experiencia en nuevos sistemas de planificación, control y gestión de obras.
- Incumplimiento en medidas de seguridad.
- Errores y omisiones en el proyecto.
- Control ineficaz de la calidad basado en métodos estadísticos antiguos.
- Poca interés en la formación y capacitación de los trabajadores.
- La coordinación entre las partes involucradas es deficiente debido a la falta de transparencia y comunicación.



- Tiempos muertos o tiempos largos de espera por falta de los insumos necesarios para la ejecución (materiales, mano de obra, herramientas).
- Ejecución tardía en la obra debido a que los procesos anteriores no están terminados o son mal ejecutados.
- Retrasos en la obra por cambios en el proyecto.
- Ajuste de costos en materiales debidos al aplazamiento de los trabajos, repercutiendo en un sobre costo no contemplado.

Todos estos problemas son muy comunes y repercuten en un sobre costo de obra, afectando en su mayoría de veces al cliente.

En contraste, el sistema Lean Construction se caracteriza por:

- Mayor calidad en la construcción.
- Mayor satisfacción del cliente.
- Mejor seguridad.
- Mayor productividad.
- Mayor beneficio y utilidad
- Reducción de costos.
- Tiempo de entrega menor.
- Mejor gestión de riesgos.

### **3.4.1 Entrega Integrada de Proyectos (IPD)**

La industria manufacturera ha buscado la manera de seguir mejorando sus costos y la reducción de los tiempos de entrega del producto, han optado por establecer relaciones directas con el cliente, así de esta manera se controlan todos los subsistemas que abarca la cadena de suministro, con lo que es más fácil ubicar todos los desperdicios con el fin de la optimización de costos y tiempos.

En la Industria de la Construcción sucede algo similar, las empresas constructoras realizan contratos con algunos proveedores para el suministro de servicios y materiales, por ejemplo: el concreto, torres de iluminación, acero, maquinaria, entre otros, los contratos se realizan por insumos, más no por unidades de obra terminada.

La entrega integrada del proyecto (IPD), por sus siglas en inglés (*Integrated Project Delivery*) consiste en organizar a todas las personas que laboran en un proyecto de forma colaborativa junto con el cliente, para plasmar lo que el cliente solicita y con las ideas y opiniones de las partes involucradas.

Con un modelo IPD se pretende resolver la falta de cooperación de las partes involucradas en el proyecto. Un modelo IPD busca una relación ganar – ganar, que son las que realmente funcionan a largo plazo.

Los proveedores también deben ser incluidos en este modelo IPD, juegan un papel muy importante, se debe entablar una relación para su planificación y su conocimiento, se les debe formar con la filosofía Lean y la mejora continua. El objetivo es establecer una relación colaborativa no sólo en una obra, sino, para todas las obras que tenga la empresa constructora, ésta es una relación ganar – ganar porque se genera un beneficio para el proveedor como para el constructor.

La entrega integrada del proyecto (IPD) es el resultado de incluir al proyectista, la dirección de la obra, el promotor y al constructor en todas las etapas del proyecto, se busca generar el máximo valor para todos los integrantes del proyecto.

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR LEAN CONSTRUCTION EN MICROEMPRESAS CONSTRUCTORAS

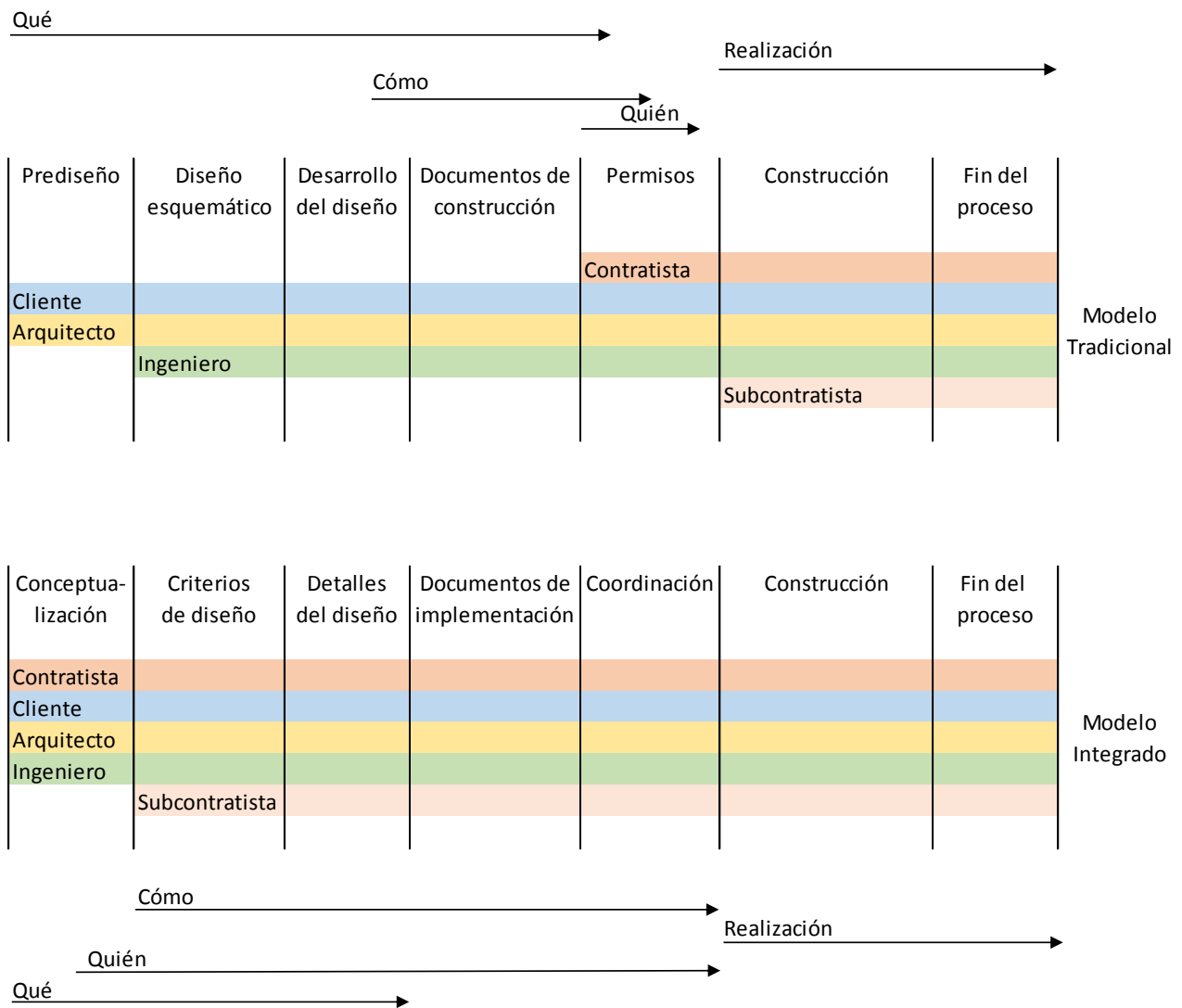


Figura 6. Modelo tradicional de ejecución de proyectos vs modelo integrado (Fuente: [www.innovatchbuild.com/category/construction](http://www.innovatchbuild.com/category/construction))

En la figura 6, se observan las diferencias entre ambos modelos, en el modelo tradicional, primero, el cliente junto con el arquitecto realizan un prediseño del proyecto posteriormente entra el ingeniero, para los diferentes cálculos en las ingenierías, ingeniería estructural, ingeniería hidráulica y sanitaria, por nombrar algunas, y posteriormente el constructor se encarga del trámite de los diferentes permisos para la obra para después continuar con la construcción de esta. En la etapa de construcción es común que se le entregue el proyecto a un subcontratista, y este sólo se encarga de ejecutar su parte, sin haber pasado por todas las etapas del proyecto.

En cambio, en el modelo integrado, el cliente, el constructor, el arquitecto proyectista y los ingenieros de las distintas áreas se ven involucrados desde la conceptualización del proyecto, es decir, desde que el cliente solicita un proyecto, tomando en cuenta sus necesidades. Todas estas personas están involucradas en todas las etapas del proyecto, siempre aportando ideas y compartiendo sus puntos de vista con los demás participantes para una óptima ejecución.

### **3.1 Principales herramientas de *Lean Construction***

El número de herramientas *Lean* es muy alto, estas herramientas se pueden implementar de forma independiente o conjunta y con una correcta implementación se consigue la eliminación y/o reducción de los desperdicios mencionados previamente, lo que conlleva a una mejora de los procesos y en un aumento de la productividad.

Las herramientas *Lean* se pueden implementar aisladamente y su proceso de cambio e implementación debe ser gradual y pensado a medio y largo plazo.

Conforme se utilizan más herramientas, los beneficios aumentan ya que una herramienta se apoya de otra y el proceso de producción se vuelve más fluido.

A continuación, se enlistan las principales herramientas de *Lean Construction*:

- 5 por qué de Toyota
- Diagrama de Ishikawa
- Diagrama de Pareto
- 5s
- *Kanban - Last Planner System*
- *Gemba Walk*
- PDCA

### 3.1.1 5 por qué de Toyota

La técnica fue desarrollada por Sakichi Toyoda en *Toyota Motor Corporation* y forma parte del TPS.

Es una técnica o herramienta para el estudio de las relaciones causa – efecto de un problema en particular. El objetivo principal de la herramienta es conocer la causa raíz del problema, realizando la pregunta ¿Por qué? Y cada respuesta es la base de la siguiente pregunta.

La pregunta ¿Por qué?, se realiza cinco veces, o las veces que sean necesarias hasta encontrar la causa raíz del problema. Lo importante de esta técnica es que trates las respuestas de las preguntas a distintos niveles y con diferentes enfoques, y cuando resulte complicado seguir contestando al ¿Por qué?, habrás determinado la causa raíz.

El primer paso para la aplicación de esta herramienta es la identificación del problema, la oportunidad de mejora y la situación disconforme.

El siguiente paso es preguntar el porqué de este problema y así sucesivamente hasta llegar al origen del problema.



Figura 7. Esquema 5 Por qué  
(Fuente: <https://ingenioempresa.com/los-5-por-que/>)

### 3.1.2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa – efecto, y es una herramienta que sirve para encontrar las causas – raíces de un problema.

El diagrama de Ishikawa fue creado por Kaoru Ishikawa y toma en cuenta todos los aspectos que pudieron originar el problema. Para la utilización de esta herramienta, todo problema tiene causas específicas, las cuales son analizadas con el fin de determinar la razón que está causando el problema.

Ishikawa presenta la relación entre el resultado no deseado, el problema (efecto) y los diferentes factores (causas) que pueden contribuir a que ese efecto se haya presentado.

El diagrama de Ishikawa es una herramienta visual en la que las espinas de pescado representan las causas del problema planteado y su diseño se asemeja al de un esqueleto de pescado.

Esta herramienta nos permite:

- Determinar las causas principales y secundarias del problema (efecto).
- Generar mejoras en los procesos.
- Identificar soluciones con los recursos que se disponen.
- Ampliar la visión de las causas del problema y de una manera sistemática y completa.

Para realizar un diagrama de Ishikawa:

- 1 Primero se tiene que definir el problema (efecto) de manera precisa y concisa.
- 2 Se dibuja una flecha horizontal hacia la derecha y se escribe el problema dentro de un triángulo ubicado en la punta de la flecha.
- 3 Se realiza una lluvia de ideas para identificar las posibles causas que originan el problema y nos podemos auxiliar de la pregunta: ¿Por qué está sucediendo?

- 4 Se dividen las causas en categorías, con ayuda de la clasificación 5M, en los desperdicios: hombres, maquinaria, método de trabajo, madre naturaleza, material. No todos los problemas utilizan todas las categorías por lo que es necesario evaluar cuáles son los que están presentes o son importantes para la determinación de las causas.
- 5 Posteriormente se definen las sub – causas, los factores que llevaron aquella causa a suceder.

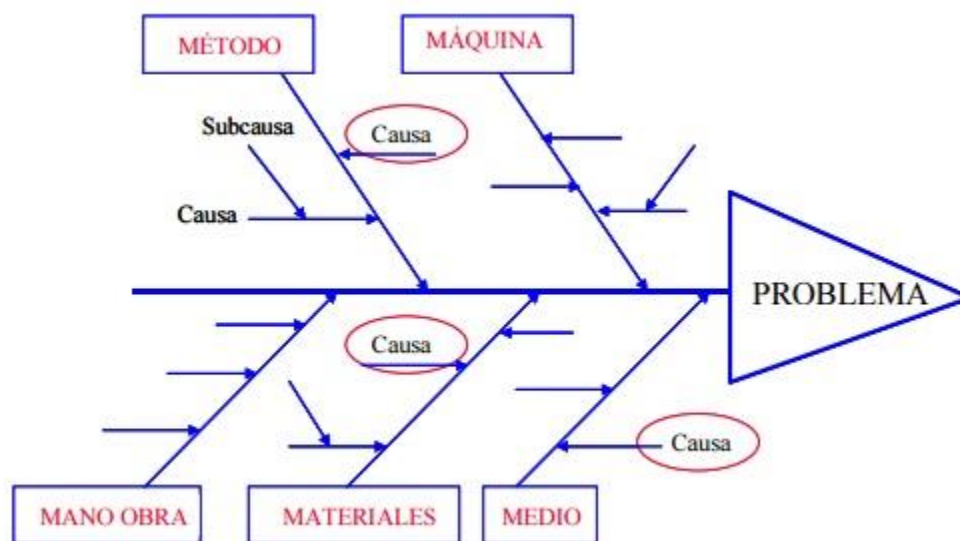


Figura 8. Esquema Diagrama de Ishikawa

### 3.1.3 Diagrama de Pareto

El principio de Pareto también es conocido como la regla del 80 – 20, y formula estadísticamente que una población que contribuye a un efecto, y es una pequeña parte la que contribuye a la mayor parte del efecto.

Pareto estudió a la población en Italia y su riqueza, y estableció la relación 80 – 20, en la que el 80% de la riqueza terrenal, pertenece únicamente al 20% de la población, es decir al grupo minoritario, y el 20% de la riqueza de las tierras la posee el 80% de la población.

Pareto únicamente estableció esta relación de la riqueza y la población, pero Joseph Juran fue quien posteriormente encontró esta relación 80 – 20 y la aplicó a otros fenómenos, sin embargo, Juran decidió que esta relación tuviera el nombre de Pareto.

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica muy sencilla, la cual discrimina las causas más importantes del problema.

En control de calidad, el principio de Pareto suele utilizarse porque el 20% de los defectos afectan el 80% de los procesos, y con este principio se pueden identificar los problemas más grandes y que producen el mayor porcentaje de errores.

La relación 80 – 20, no necesariamente debe ser exacta, pero sí se debe considerar que pocas causas provocan la mayor parte de los problemas.

Esta herramienta nos ayuda a tomar decisiones sobre las acciones de mejora, para optimizar la eficiencia de los procesos, y para medir la eficiencia obtenida en las acciones que hemos tomado para mejorar los procesos, comparando el primer diagrama con los diagramas sucesivos en distintos momentos.

Se utiliza para determinar los efectos y también para analizar las causas.

El diagrama de Pareto tiene varias ventajas:

- Establece las causas principales de un problema, separándolas de las menos importantes.
- Permite tener una visión sencilla de la importancia relativa de los problemas.
- Se centra en los aspectos cuya mejora tiene más impacto.
- Evita que se intensifiquen algunas causas cuando se trata de solucionar el resto, que son las menos urgentes.
- Su gráfica es de fácil comprensión y conlleva a la mejora.

Para realizar el diagrama de Pareto:

- 1 Determinar el caso de estudio que se va a graficar.
- 2 Se realiza una tabla con las causas del caso y la frecuencia con la que ocurren.



- 3 Ordenar la tabla con las causas de mayor a menor frecuencia.
- 4 Se calcula la frecuencia relativa y la frecuencia acumulada de las causas.
- 5 Para graficar, en el eje X, se colocan las causas de mayor a menor, y en el primer eje Y, que es el que se sitúa a la izquierda, se colocan los porcentajes de la frecuencia relativa, y en el eje Y situado a la derecha, se coloca la frecuencia acumulada.
- 6 Se realiza un gráfico de barras con las causas y la frecuencia relativa.
- 7 Se realiza una gráfica de líneas con las causas y la frecuencia acumulada.

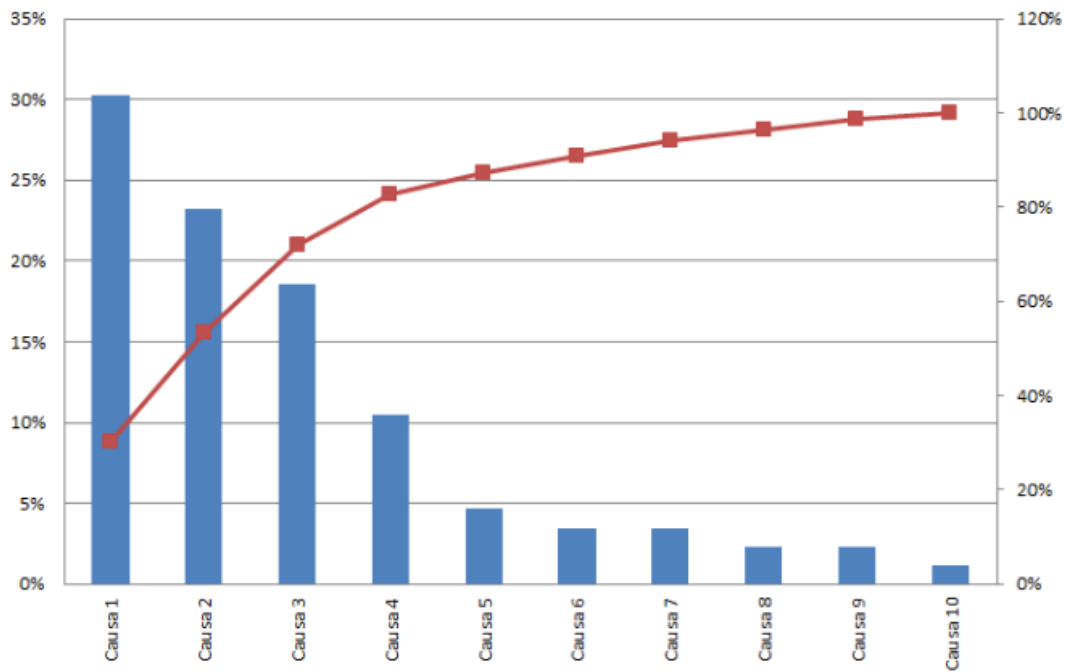


Figura 9. Esquema diagrama de Pareto

### 3.1.4 5s

La herramienta de las 5s recibe este nombre debido a que, en japonés, las 5 etapas empiezan con la letra “s”. Se utiliza para mejorar las condiciones del lugar de trabajo, a través del orden, la limpieza y la organización, para una mayor productividad y tener un mejor entorno de trabajo.

Esta herramienta tiene como objetivos:

- Mejorar el entorno laboral, con un sitio limpio y ordenado.
- Reducir accidentes y mejorar la seguridad en el trabajo.
- Disminuir pérdidas de tiempo y energía.
- Optimizar la producción.

Los 5 pasos de esta herramienta son:

#### 1 **Seiri (clasificación): Separar innecesarios**

Consiste en analizar los elementos que son necesarios en el área de trabajo y separar los que no se utilizan. Desechar los elementos que no se han utilizado en 2 años o más, pero también se debe valorar el costo de adquisición, por ejemplo, si es algo no tan caro, se puede eliminar y en caso de ser requerido, éste se vuelve a comprar solo cuando sea necesario.

Identificar con qué frecuencia se utiliza cada elemento, para separarlos, y colocar en el área de trabajo los que se utilizan al menos una vez por semana, archivar lo que se utilizan una vez al mes.

#### 2 **Seiton (organización): Situar necesarios**

Consiste en designar el modo en que se ubicarán los elementos necesarios para que sea rápido y fácil encontrarlos. En esta etapa nos podemos apoyar de elementos visuales, como cartulinas de colores, tarjetas adhesivas, imágenes o cualquier otro apoyo visual para la fácil identificación de los elementos a organizar.

### **3 Seiso (limpieza): suprimir suciedad**

Esta etapa consiste en eliminar las fuentes de suciedad identificadas y tomar medidas para que no vuelva a suceder. La existencia de suciedad en áreas de trabajo conlleva a provocar desperfectos y anomalías en funcionamientos de maquinaria.

Los criterios de limpieza son limpiar, identificar anomalías y fuentes de suciedad, dejar el lugar limpio y en condiciones óptimas para realizar los trabajos.

### **4 Seiketsu (estandarización): Señalizar anomalías**

Se detectan situaciones irregulares, y se pretende estandarizar el orden y la limpieza para que se tenga un control, se procura que las medidas sean preventivas para no llegar al punto de la corrección.

Se favorece la gestión visual, se estandarizan los procesos operativos y se capacita al personal para cumplir los estándares.

### **5 Shitsuke (disciplina): seguir mejorando**

En esta última etapa se crean hábitos dentro de los trabajadores de una empresa. Esta etapa va de la mano con la herramienta PDCA, y establece un control de todos los pasos anteriores, se realiza un análisis y se estudian los estándares obtenidos y los establecidos para la mejora continua, se establecen planes de mejora para llegar al resultado esperado.

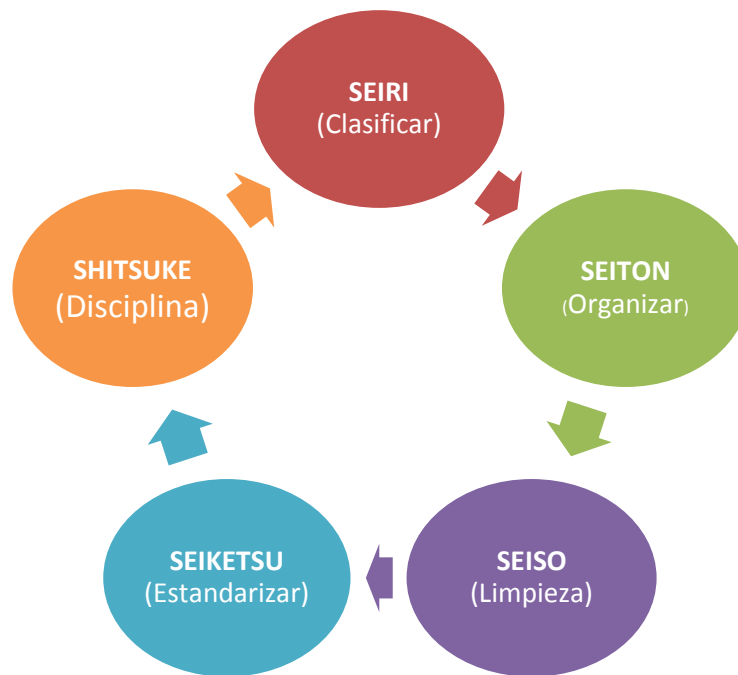


Figura 10. Proceso de 5s

### 3.1.5 Kanban

*Kanban* es un método japonés para la gestión de los procesos, surgió con el TPS. Toyota implementó el sistema JIT (Just In Time), el cual es un sistema que consiste en “jalar” o “arrastrar” las actividades, en el que la producción se realiza conforme a las necesidades y demanda de los clientes, lo que significa que es lo opuesto al sistema tradicional de producción en el que una actividad “empuja” una a la otra, es decir, se realizan productos y posteriormente se introducen en el mercado y se intentan vender.

La palabra *Kanban* es japonesa y se traduce como “tarjeta con signos o señal visual”.

Los tableros básicos de *Kanban* están compuestos por 3 columnas: Por hacer, en proceso y hecho; y sirve para detectar los cuellos de botella dentro de un flujo de producción, ayuda a la detección del problema que impide que el flujo de trabajo sea continuo.

Los principios de *Kanban* son:

- 1 Empezar con lo que se hace ahora: No tienes por qué empezar de cero, puedes implementar *Kanban* desde cualquier punto del flujo, en el o los procesos actuales para generar cambios en el sistema.
- 2 Cambios incrementales y evolutivos: Se buscan cambios pequeños, pero de manera continua, cambios que vayan aumentando de forma gradual y constantemente, en lugar de cambios radicales, los cuales terminan en derrota.
- 3 Respetar el proceso actual, los roles y los cargos: Los procesos, los roles y los cargos actuales tienen valor y se opta por conservarlos, los cambios en estos puntos son válidos, puede haber cambios graduales en estos aspectos.
- 4 Liderazgo en todos los niveles: El liderazgo se encuentra en todo el organigrama, no solamente en la dirección, y se debe alentar el liderazgo en todos los niveles.

Para una exitosa implementación de *Kanban*, existen 6 principios básicos:

- 1 Visualizar el flujo de trabajo: El flujo de las actividades debe ser visible para el estudio del avance del trabajo. Si no se comprende el flujo de trabajo, detectar y realizar los cambios a tiempo se vuelve una tarea difícil de realizar. El flujo puede ser plasmado en el tablero de *Kanban*, con las 3 columnas principales y las tarjetas *Kanban*, cada tarjeta representa una actividad.

Cada tarjeta comienza en la columna “Por hacer” y conforme el desarrollo de la actividad, ésta se va desplazando por las columnas, y cuando la actividad haya concluido, ésta se colocará en la columna “Hecho”.

De esta manera visual, es muy fácil detectar los cuellos de botella.

- 2 Limitar el trabajo en curso: Un sistema de arrastre se aplica en partes del o flujo o en todo el flujo de trabajo, se deben establecer los elementos máximos que aseguran que las tarjetas *Kanban* se arrastran, o cambian de columnas sólo cuando hay capacidad disponible.
- 3 Gestionar el flujo: El flujo se debe gestionar y medir, de esta manera el flujo puede ser evaluado para tener efectos positivos, se busca un flujo rápido y sin interrupciones, lo que significa que nuestro sistema está ganando valor de forma rápida.

- 4 Políticas de proceso explícitas: El flujo de trabajo debe ser claro y todos deben entenderlo, se deben establecer las reglas y se deben entender las necesidades, se debe comprender cuando una tarjeta cambiará de una columna a otra, las reglas pueden cambiar de acuerdo con las necesidades del flujo.
- 5 Oportunidades de mejora: Se pueden realizar círculos de retroalimentación, se realizan frente al tablero *Kanban* y todos los miembros comparten lo que han hecho y lo que harán. Se exponen acciones para mejorar las actividades y el flujo, y se realiza un consenso con todo el equipo de trabajo.

### **3.1.5.1 Last Planner System**

Es un sistema de control, el cual se encarga del monitoreo y el cumplimiento de las actividades, utilizando de manera óptima, los recursos necesarios para la ejecución de la obra.

Se basa en el cumplimiento de las actividades programadas, contempla y disminuye la incertidumbre de la planeación del proyecto.

En una planificación tradicional, en la etapa de planeación se determinan los tiempos de ejecución, así como los recursos necesarios a lo largo de la obra, es decir, lo que “debería hacerse”, conforme avanza la obra, el plan inicial de la obra cambia, debido a diversas causas, lo que ocasiona un difícil cumplimiento con la planeación y programación de la obra; la planeación se modifica, lo que en un principio debería hacerse ahora cambia al estatus de “se hará”, y posteriormente conforme al avance, sólo se realiza lo que “se puede” realizar. La planeación original de la obra cambió a gran escala.



Figura 11. Planificación general en la construcción

*Last Planner* consiste en dividir la programación de la obra en partes pequeñas para tener un mejor control y hacerla más manejable.

Se realizan programaciones intermedias y semanales con el apoyo del plan maestro o la programación inicial.

El plan maestro es la programación total de la obra, el plan intermedio se obtiene a partir del plan maestro y se puede realizar hasta en periodos máximos de 3 meses, y el plan semanal se programa de acuerdo con plan intermedio y contiene las actividades que se llevarán a cabo semana tras semana.

Para el cumplimiento de los planes programados, se deberá hacer un análisis de las restricciones de cada una de las actividades, el cual puede resumirse en una tabla o en un checklist en el que pueden incluirse:

- Diseño
- Materiales
- Mano de obra
- Equipos

- Conclusión de actividades previas.

Estos solo son algunos puntos básicos que debemos estudiar y preguntarnos si contamos con cada uno de los puntos para la ejecución de la actividad. Y depende de la actividad y las necesidades de la obra se pueden incluir más puntos a nuestro listado o tabla.

Si para la ejecución de una actividad, uno de nuestros puntos anteriores no se cumple, la actividad no se ejecutará, es necesario contar con todo el checklist para la correcta ejecución de la actividad.

Periódicamente se debe realizar el cálculo del PAC (Porcentaje de Actividades Cumplidas), este porcentaje debe ser calculado de acuerdo con nuestra duración de nuestras programaciones de obra.

El PAC se calcula como:

$$PAC = \frac{\text{Número de actividades cumplidas}}{\text{Número de actividades *programadas*}} * 100$$

El PAC es un indicador que sirve para el análisis y control de nuestras actividades de nuestro programa. Una vez obtenido el PAC, se deben analizar las actividades que no se cumplieron, saber por qué el incumplimiento de ellas, detectar los errores que se cometieron para que en el futuro no se vuelvan a cometer los mismos errores.

### **3.1.6 Gemba Walk**

Gemba es una palabra de origen japones que significa: lugar de trabajo.

En *Lean*, *Gemba Walk* podría traducirse como caminata por el lugar de trabajo, y es el lugar más importante donde se agrega valor o donde se desarrolla el trabajo.

En la construcción, se debe acudir a la obra para visualizar los problemas que surgen día a día durante la ejecución de los trabajos, es necesario ir al sitio de los trabajos para comprender cómo es que se realizan las actividades y cuáles son los problemas que se presentan.

Se deben cumplir 3 puntos importantes para el correcto desempeño del *Gemba Walk*:



- 1 Ir y ver: Las personas que realizan el *Gemba Walk* deben realizar los recorridos con el fin de localizar los puntos críticos y las actividades con desperdicio.
- 2 Realizar la pregunta ¿por qué?: Se debe conocer a detalle el proceso de ejecución, la mayoría de las actividades se realizan por rutina sin detenerse a pensar si esa es la manera más adecuada de realizarlas, al realizar la pregunta ¿por qué?, las actividades se pueden mejorar y se eliminan acciones o pasos innecesarios.
- 3 Ser respetuoso: Siempre mostrar humildad, es muy distinto ir con un trabajador y mostrarnos prepotentes, de esta manera no conseguiremos la información que requerimos.

El objetivo principal es hallar los problemas y solucionarlos.

Antes de realizar un *Gemba Walk* es necesario realizar un plan y tener en cuenta una serie de pasos que se deben seguir, el plan depende de tus objetivos.

Los principales pasos para un *Gemba Walk* son:

- 1 Escoger un equipo: se debe centrar la información en un equipo, con un plan realizado previamente con las preguntas que se le harán al equipo de trabajo.
- 2 Preparar al equipo: antes de realizar la caminata, se debe informar a todo el equipo de trabajo qué es y en qué consiste la caminata, esto es de ayuda para que el personal se sienta más tranquilo y cómodo para la colaboración del recorrido.
- 3 Centrarse en el proceso y no en el personal: el objetivo principal no es la evaluación y desempeño de los trabajadores, debemos observar y entender el proceso para su mejora.
- 4 Estar en el lugar de flujo de valor: estudiar la cadena de valor es de gran ayuda porque ayuda a la identificación de las áreas con mayores pérdidas. Eliminar esas actividades se mejorará el proceso.
- 5 Registrar las observaciones y no hacer suposiciones: Es incorrecto observar y ofrecer soluciones al momento, lo que se debe hacer es anotar o grabar lo que se observa para el posterior análisis y una correcta solución.

- 6 Un observador extra: Realizar el recorrido con una persona que esté menos familiarizada con el proceso porque puede realizar preguntas y observaciones con un punto de vista distinto.
- 7 Seguimiento: Realizar una retroalimentación con el equipo de trabajo y el compartir los datos encontrados con los demás es de suma importancia, incluso si no son significativos. Es importante compartir la información para que el equipo de trabajo no se sienta sólo observado y evaluado. Informar los cambios son necesarios.

### 3.1.7 Ciclo PDCA

El ciclo PDCA por sus siglas en inglés (Planear, Hacer, Checar y Actuar) también es conocido como el ciclo de Deming, debido a que el Dr. Wiliams Edwards Deming fue uno de los primeros en utilizar esta herramienta de la gestión de la calidad.

Es una herramienta de la mejora continua, y tiene por objeto la evaluación de un proceso, señalando los pros y contras. Cuando se utiliza esta herramienta, las empresas obtienen una mejora en su competitividad, mejorando continuamente su calidad y optimizan sus costos.

El ciclo se compone de 4 fases, una vez completado el ciclo éste se debe repetir para volver a evaluar los procesos y hacer mejoras cada vez. Las 4 fases que comprende el ciclo son:

- 1 Planear: En esta fase se identifica el problema o el proceso a mejorar, se establecen los objetivos de mejora y los parámetros de medición y control del proceso.

Se realiza una recopilación de datos del proceso en estudio y se enlistan los resultados esperados.

- 2 Hacer: Se ejecuta el plan de acción para la mejora y si es posible se realiza a pequeña escala, es decir, no a todo el proceso, se deben realizar las pruebas necesarias y que sean representativas dentro del proceso sin poner en riesgo los demás procesos, para poderlos aplicar al proceso completo.

- 3 Checar: Se realiza un análisis y se evalúan los resultados obtenidos, se realiza una comparación entre los resultados obtenidos y los resultados esperados para determinar si hay una mejora en el proceso.
- 4 Actuar: Después de haber realizado la medición de la fase anterior, se toman acciones correctivas y de mejora, se modifican los procesos con base a los resultados obtenidos para obtener los objetivos planteados en la primera fase.

Esta fase es de retroalimentación de recomendaciones y observaciones para implementarlos en la primera fase; y es así como se realiza el ciclo nuevamente hasta la obtención de los objetivos determinados inicialmente.

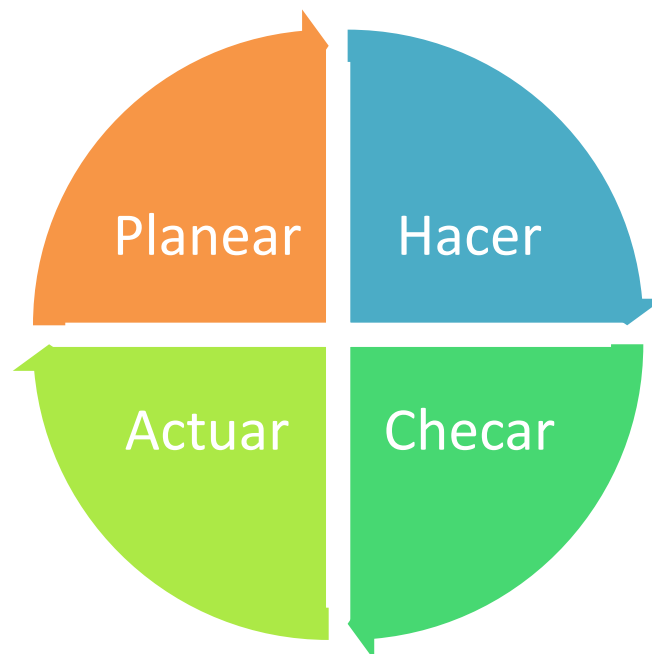


Figura 12. Ciclo de Deming

### 3.1.7.1 Informa A3

El informe A3 es una herramienta para la solución de problemas, y tiene como base el ciclo de PDCA.

Recibe este nombre porque se presenta en una hoja de tamaño A3, con el objetivo de sintetizar el problema de manera sencilla y clara.

Es una herramienta visual en el que los involucrados pueden entender el informe, sin necesidad de conocer lo que es un informe A3, aunque en realidad no existe un formato establecido para esta herramienta, se debe saber que este informe se conforma de 7 secciones:

- 1 Problemática: se realiza una descripción del problema y se describen los antecedentes.
- 2 Situación actual: la problemática se presenta dentro de un proceso, por lo tanto, se tiene que describir el proceso con datos reales, en lo posible realizar una cuantificación del problema. Aquí se pueden emplear herramientas, como alguna gráfica o el diagrama de Pareto para ilustrar el problema.
- 3 Objetivos de mejora: se representa de manera gráfica la situación ideal utilizando la misma herramienta que en el apartado “situación actual”, esto para realizar una comparativa de la situación actual con la situación ideal.
- 4 Análisis de las causas: Se definen las causas del problema, y se pueden utilizar herramientas como el diagrama de Ishikawa, los 5 por qué de Toyota.
- 5 Plan de acción: se diseñan las acciones o medidas que se van a tomar, y se involucran a las partes interesadas detallando quién hará qué, cómo y cuándo.
- 6 Seguimiento: detalla la situación en que se encuentran las acciones tomadas, y se muestra de forma sencilla lo que se pretende con estas acciones.
- 7 Resultados: se miden y documentan los resultados obtenidos. Se debe tener un registro de la solución del problema y se realizan conclusiones de la problemática.
- 8 Observaciones: si los resultados no son los esperados, se anotan las observaciones y se aplican medidas para nuevas acciones, se realiza una mejora continua hasta obtener los resultados deseados.

## Conclusiones capitulares

- La filosofía *Lean* cuenta con 5 principios básicos: definir el valor, identificar el flujo de valor, crear un flujo de trabajo, realizar un sistema *Pull* y la mejora continua.
- En la construcción tradicional no se involucra al cliente y no se realiza una construcción o proyecto colaborativo por lo que se producen mayores pérdidas.
- La filosofía *Lean* tiene por objeto maximizar el valor hacia el cliente, eliminando desperdicios y mediante un proyecto colaborativo.
- La filosofía *Lean* cuenta con muchas herramientas, las cuales tienen el objetivo de identificar problemas, así como sus causas raíz, y la mejora continua.
- *Last Planner System* difiere de la programación tradicional. En LPS, se realiza una programación colaborativa en la que se involucran a todas las partes con el fin de tener una programación más real.

## **CAPÍTULO 4.- MÉTODO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se describe el método de análisis para la presente investigación, además se realiza el estudio de campo que es parte fundamental para la propuesta de una metodología para la implementación de *Lean Construction*.

### **4.1 Consideraciones generales**

En este capítulo se selecciona el método de análisis para la elaboración de la metodología para microempresas. Esta metodología se basa en investigación de la materia que se presenta en el capítulo 1 de la presente tesis, que corresponde al marco teórico, y en el capítulo 3, en el que se amplía el conocimiento del tema *Lean Construction*; además se soporta con investigaciones en campo.

La presente investigación es:

- De carácter cualitativo: Pretende difundir o ampliar los datos e información. Se observan datos cualitativos de personas, ambientes, actividades, con el objeto de describir aspectos, en vez de medirlos.

### **4.2 Descripción del método**

El método por seguir para la elaboración de la metodología es en serie, y se realiza de la siguiente manera:



Figura 13. Método para la propuesta de la metodología  
Elaboración propia.

El método consta de 9 fases a seguir para realizar la metodología para microempresas.

La primera fase consiste en consultar la bibliografía básica para entender Lean y sus principios, posteriormente se consultan fuentes nuevas y se estudia el estado del arte para saber qué es lo que se está haciendo en México y otros países, además de conocer las líneas de investigación.

En la segunda fase se realizó un estudio sobre la productividad y el tamaño de las empresas constructoras en México para enfocar especialmente la metodología a este sector de la construcción

Posteriormente en la fase 3, se realiza la participación y asistencia a diversos talleres y cursos enfocados especialmente a Lean Construction, con la finalidad de conocer y saber cómo se utilizan e implementan las herramientas Lean en la construcción.

La fase 4 consiste en asistir a conferencias y congresos Lean para la obtención de datos relevantes, las principales herramientas Lean y para el complemento del estado del arte, así como la recopilación de casos de éxito y la sensibilización sobre la filosofía Lean en México.

En la fase 5 se realizan visitas a obra en donde se utiliza la filosofía Lean Construction para conocer las herramientas que utilizan y observar la metodología que utilizan para su implementación.

Con la información y experiencia obtenida en las fases anteriores, en la fase 6 se elaboran dos entrevistas. La entrevista 1, va dirigida a Ingenieros y Arquitectos que laboran en microempresas dedicadas a la construcción.

La entrevista número 2, va dirigida a especialistas, consultores y facilitadores Lean para recabar información sobre las herramientas que utilizan y sugieren, así como puntos de vista de los expertos.

La fase 7 consiste en el análisis y la interpretación de la información obtenida, los resultados se grafican.

En la fase 8 se realiza la propuesta de la metodología sugerida para las microempresas que tiene como base la información recopilada en los capítulos anteriores, así como el análisis de los datos obtenidos de las entrevistas realizadas a especialistas y la información obtenida en las conferencias Lean Construction.

Se finaliza con la fase 9, y se elaboran sugerencias y recomendaciones finales.

### **4.3 Las entrevistas**

La entrevista es una herramienta que consiste en realizar una serie de preguntas con el objetivo de obtener información y opiniones del entrevistado.

Las entrevistas sirven para, confirmar las hipótesis propuestas o para refutarlas.

La serie de preguntas se debe elaborar de manera estratégica, es decir, las preguntas deben ser concretas y sencillas, deben ser fáciles y cortas de responder, y deben de contribuir a la recopilación de datos que se requieren para la propuesta de la metodología.



### 4.3.1 Diseño y aplicación de las entrevistas

#### 4.3.1.1 Entrevista 1

La entrevista 1 (Apéndice 1) fue diseñada con el objetivo de conocer la situación entre la filosofía *Lean* y las microempresas.

La información que se obtiene de esta entrevista es información de diagnóstico, es decir, se realiza un análisis a las microempresas para conocer y determinar su situación actual con el tema *Lean*.

Para la elaboración de la entrevista se tuvieron que fijar los objetivos de esta, y se estableció la información que se pretende obtener. La entrevista fue elaborada con únicamente 8 preguntas, las preguntas son fáciles y sencillas de responder, con la finalidad que la persona entrevistada entienda la pregunta, y responda de manera puntual y asertiva.

El tiempo promedio para responder la entrevista es de 5 minutos y la información obtenida será graficada para su análisis.

Las preguntas se formularon de acuerdo con la información necesaria para el diagnóstico de las microempresas.

La entrevista se realizó a 26 personas<sup>9</sup> que son empleados y/o dueños de alguna microempresa constructora; la entrevista se realizó vía electrónica.

Las empresas fueron seleccionadas a través de un muestreo intencional en el que sólo participan microempresas, y el muestreo tuvo como base, contactos personales, con los que he participado en algún proyecto o que conozco por otras situaciones laborales y/o académicas.

---

<sup>9</sup> Creswell (2013b) señala que, para una investigación cualitativa, el tamaño de la muestra es de 1 a 50 casos.

#### 4.3.1.2 Entrevista 2

La entrevista 2 (Apéndice 2) fue diseñada con el objetivo de realizar *benchmarking* y obtener información de cómo es que las empresas implementan *Lean Construction*, así como de conseguir sugerencias de implementación.

La información que se obtiene de esta entrevista, según la fuente es información primaria, de acuerdo con su carácter es información privilegiada, ya que solo está reservada para un público selecto y además es información exacta, de acuerdo con el modo en que se ésta se clasifica.

Para la elaboración de la entrevista se fijaron los objetivos de esta, y se estableció la información que se pretende obtener. La entrevista fue elaborada con 18 preguntas y 1 apartado para emitir sugerencias y comentarios relacionados a *Lean Construction*, las preguntas son fáciles y sencillas de responder, redactadas de manera clara y puntual, con la finalidad que la persona entrevistada responda objetivamente lo más rápido posible.

El tiempo promedio para responder la entrevista es de 15 minutos y la información obtenida será graficada para su análisis.

Las preguntas se formularon de acuerdo con la información necesaria para:

- Identificar las herramientas *Lean*, que se adaptan a las necesidades de una microempresa.
- Demostrar los cambios y la utilidad al implementar *Lean Construction*.
- Obtener recomendaciones para la implementación.

La entrevista se realizó a 40 personas<sup>10</sup> que laboran como facilitadores *Lean* en alguna empresa de *outsourcing* y a personas que implementan *Lean* en la empresa constructora que laboran. La entrevista se realizó vía electrónica.

Las personas fueron seleccionadas a través de un muestreo intencional, y el muestreo tuvo como base, contactos personales, con los que he participado en algún curso, seminarios o conferencias *Lean Construction*.

---

<sup>10</sup> Creswell (2013b) señala que, para una investigación cualitativa, el tamaño de la muestra es de 1 a 50 casos.

#### 4.4 Análisis de resultados

Los resultados se presentan de manera separada, en entrevista 1 y en entrevista 2. Los resultados se presentan de manera gráfica y son la fuente principal para la metodología *Lean Construction* propuesta para las microempresas.

##### 4.4.1 Entrevista 1

Se desarrolló una entrevista para personal que labora únicamente en microempresas del sector de la construcción, la recolección de datos es de carácter cualitativo, se busca evaluar cualidades de las microempresas constructoras.

Los datos que se pretenden obtener son:

- Identificar el estado actual de la empresa, referente a qué tan familiarizados y cuánto dominan el tema *Lean Construction*.
- Estimar el interés del personal de las empresas respecto al tema *Lean Construction*.

La entrevista se diseñó con base a las hipótesis propuestas; y está conformada por cinco tipos de información:

- 1 Datos generales: se obtienen datos sobre el tamaño de la empresa en que laboran y el puesto del entrevistado.
- 2 Evaluación *Lean Construction*: conocer qué tan familiarizado se está en el tema *Lean*.
- 3 Motivación de implementación *Lean Construction*: si hay estímulos para la implementación de la filosofía
- 4 Implementación *Lean Construction*: permite conocer el estado actual de la empresa.
- 5 Beneficio de la metodología: se logra saber si es de interés la metodología que se propondrá.

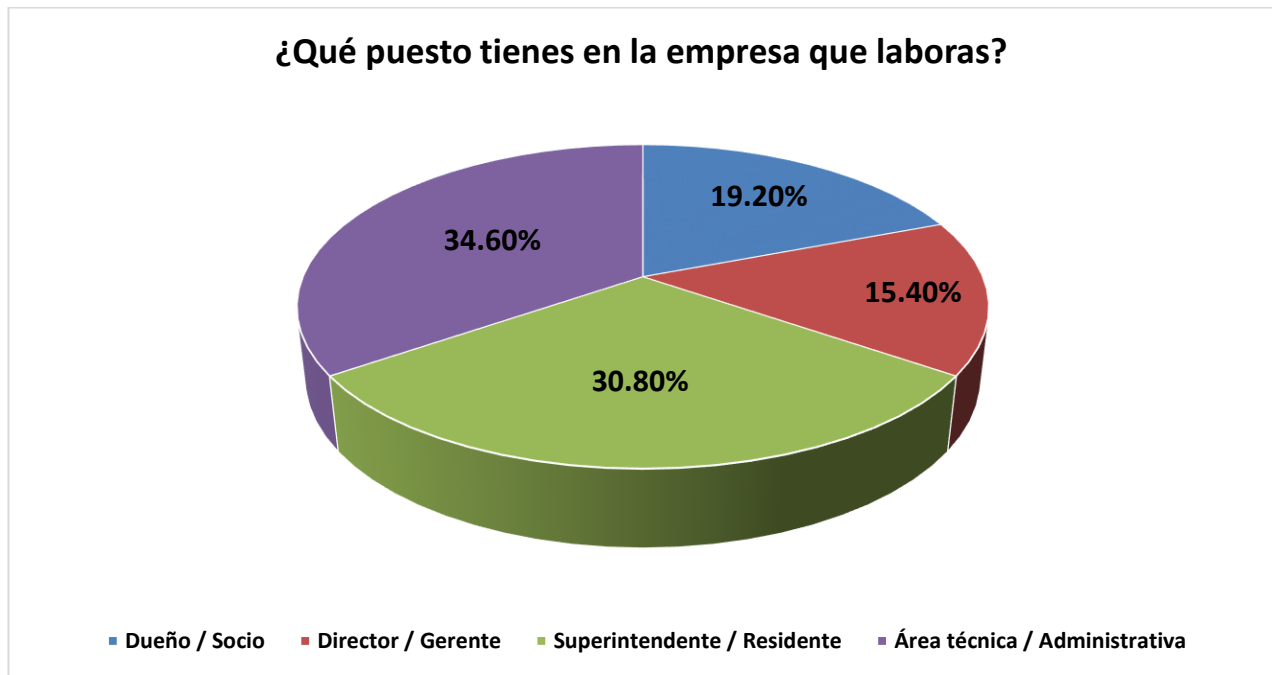
#### 4.4.1.1 Datos generales

La primera pregunta de la entrevista es ¿Cuántas personas laboran en la empresa en la que trabajas? Con esta pregunta se busca que el enfoque sea únicamente las empresas con 10 empleados o menos, y evitar que personas que trabajan en una empresa que no sea microempresa constructora, respondan la entrevista, y de esta manera se eliminan los datos falsos.



Gráfica 1. Tamaño de la empresa  
Elaboración propia.

Con la Gráfica 1 podemos observar y confirmar que el 100% de las personas entrevistadas laboran en una microempresa constructora. Esta información es vital ya que la metodología que se propondrá va dirigida a este sector de la construcción.



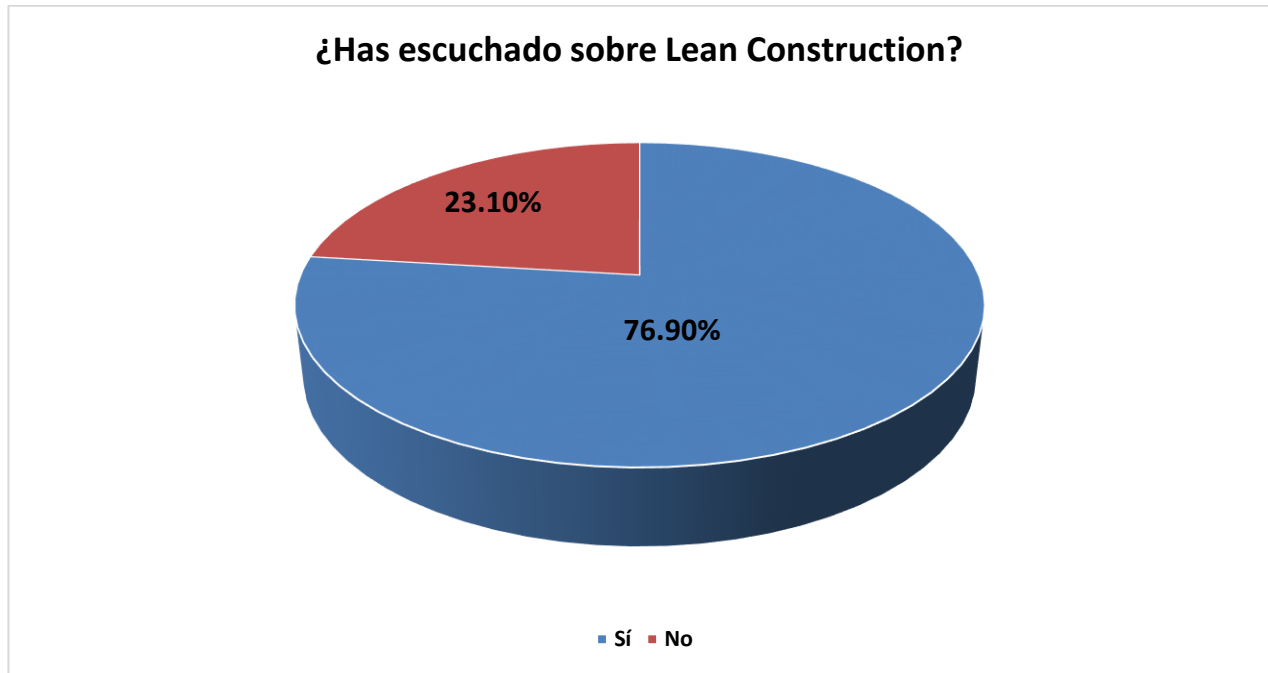
Gráfica 2. Puesto en la empresa  
Elaboración propia.

De la Gráfica 2 se observa que la mayor parte de los entrevistados laboran en el área técnica o administrativa con un 34.60% y el segundo lugar lo ocupan los superintendentes y residentes de obra con un 30.80%.

Los mandos intermedios suman un 65.40% entre superintendentes, residentes, el área técnica y administrativa.

Los altos mandos suman un 34.60% entre directores, gerentes, dueños de las empresas y socios.

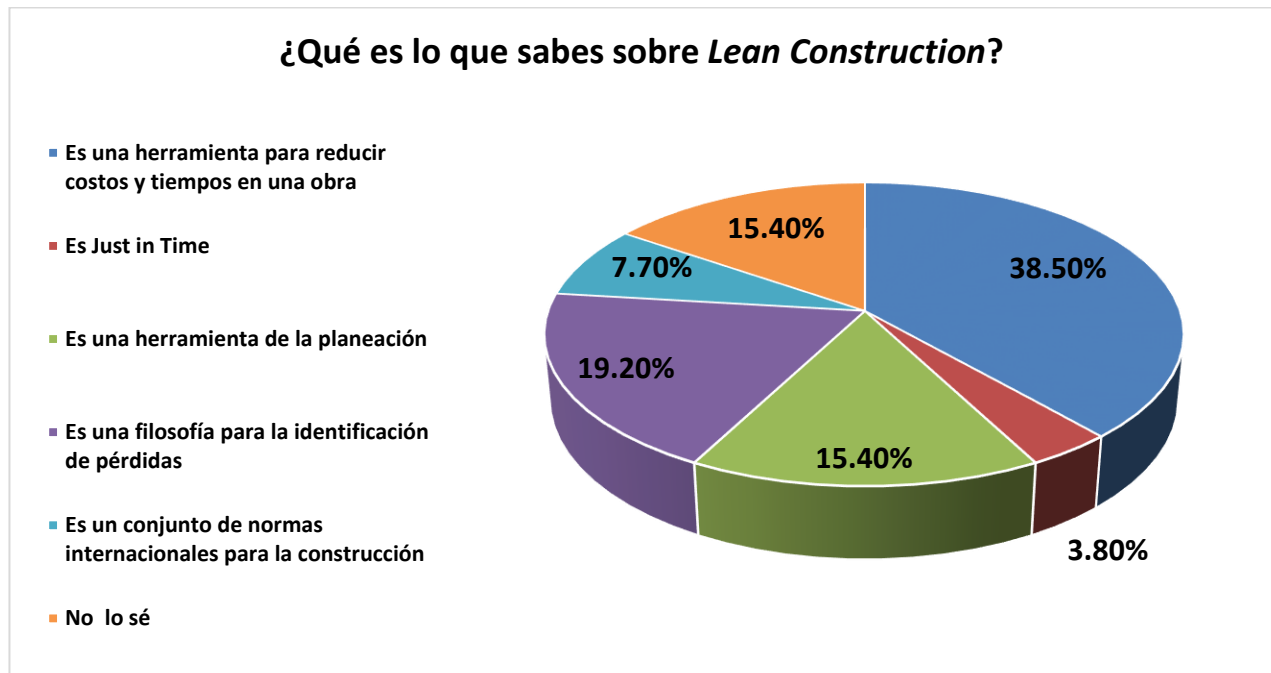
#### 4.4.1.2 Evaluación *Lean Construction*



Gráfica 3. ¿Has escuchado sobre *Lean Construction*?  
Elaboración propia.

En la Gráfica 3 se observa que la mayoría ha escuchado sobre *Lean Construction*, con un 76.90%, lo cual es un punto a favor ya que al menos han oído sobre el término *Lean*.

Sin embargo, es importante conocer qué tanto es que conocen la filosofía *Lean Construction*, y por ello se formula la siguiente pregunta: ¿Qué es lo que sabes sobre *Lean Construction*?



Gráfica 4. Conocimiento de la filosofía *Lean Construction*  
Elaboración propia.

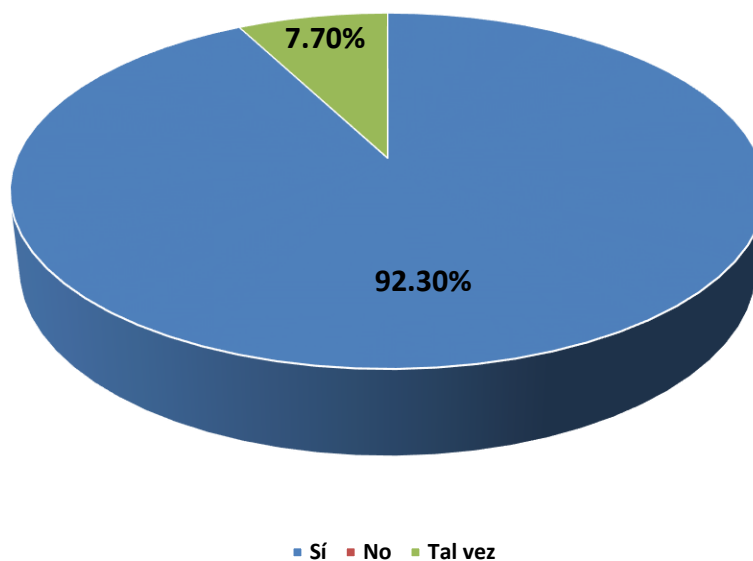
En la Gráfica 4 se observa que:

- La mayor parte de los entrevistados, el 38.50% cree que *Lean Construction* es una herramienta para reducir costos y tiempos en una obra, lo cual es una respuesta errónea.
- Únicamente el 19.20% sabe lo que verdaderamente es *Lean Construction*.
- El 15.40% contestó que desconoce la filosofía *Lean Construction*.
- Las personas restantes con un 65.40%, tienen una idea errónea sobre *Lean Construction*.

En resumen, el 84.80% no sabe qué es *Lean Construction* y únicamente una minoría del 19.20% sabe qué es *Lean Construction*.

#### 4.4.1.3 Motivación de implementación *Lean*

***Lean Construction* es una filosofía para la identificación y reducción de pérdidas con el objetivo de maximizar el valor de la obra. Además los costos de construcción disminuyen, por lo que la utilidad aumenta, la satisfacción del cliente es mayor, el tiempo**



Gráfica 5. Motivación para implementar *Lean Construction*  
Elaboración propia.

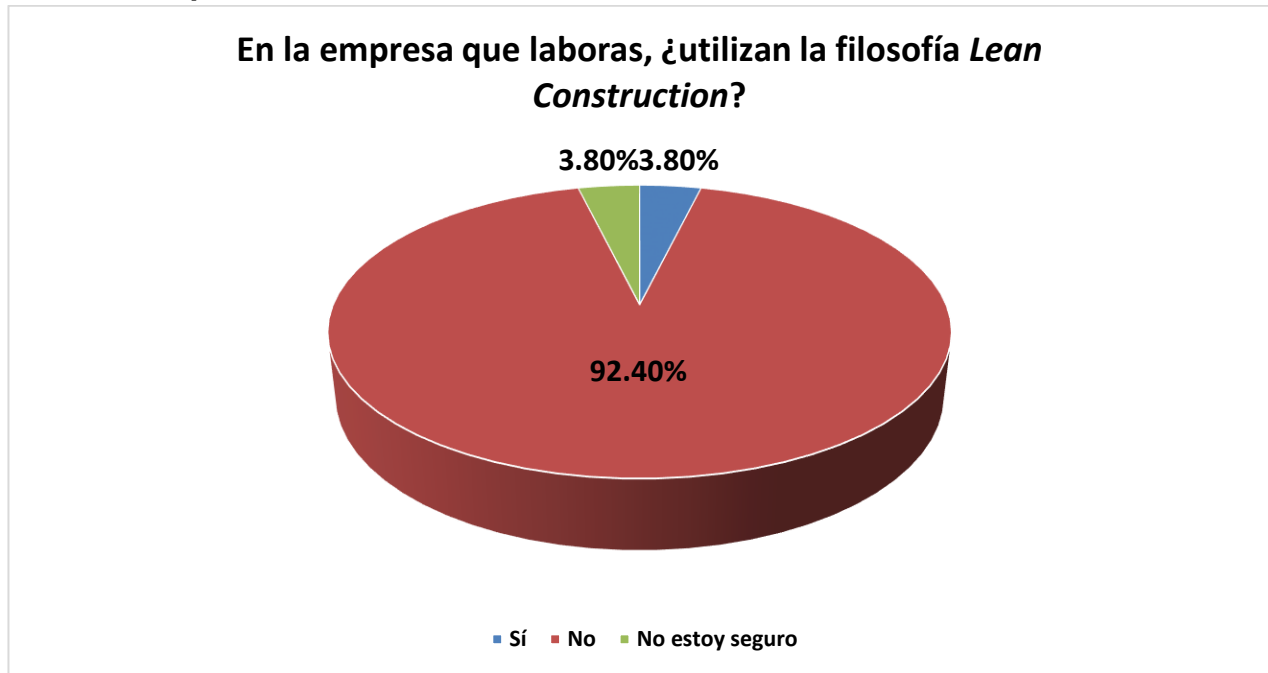
En la Gráfica 5 se aprecia que al 92.30%, sí le motiva implementar *Lean Construction*. El 7.70% respondió que tal vez le motiva la implementación *Lean*.

Ninguna persona respondió que no le motiva la implementación *Lean Construction*, lo que beneficiaría a la metodología *Lean Construction* para microempresas.

Tanto rangos altos, como rangos intermedios están interesados en la implementación de la filosofía *Lean*, a pesar de su poco conocimiento del tema y todos los beneficios que conlleva la filosofía *Lean*, saben que se logra la identificación y la eliminación o disminución de pérdidas en la obra, así con la implementación de esta filosofía en las obras, se reducen las pérdidas y se aumenta la utilidad y rentabilidad en las obras de construcción.



#### 4.4.1.4 Implementación *Lean Construction*

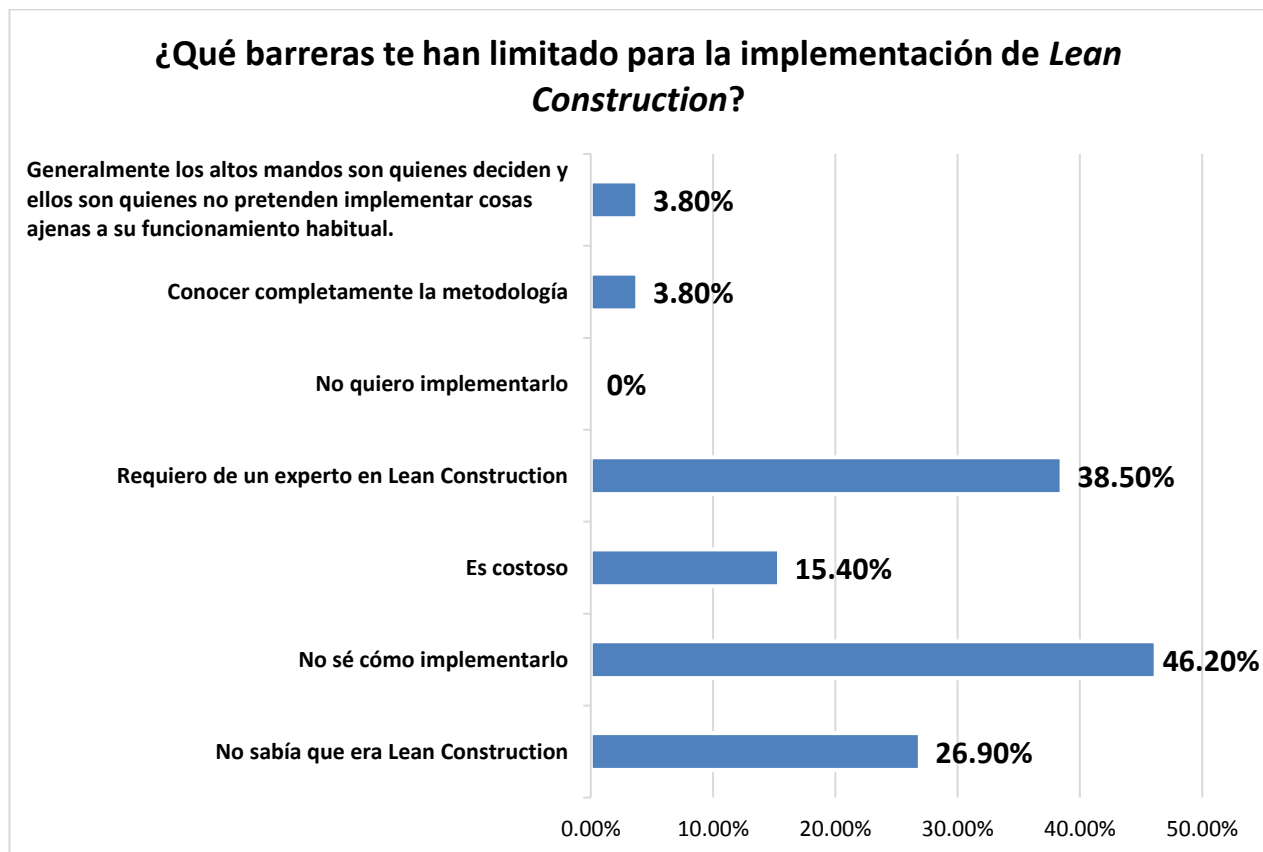


Gráfica 6. Implementación *Lean Construction*  
Elaboración propia.

En la Gráfica 6 se aprecia que la mayoría de las microempresas no utilizan la filosofía *Lean Construction*, con un 92.40%, y sólo un 3.8% sí la implementa.

Un 3.8% no está completamente seguro si en la microempresa en la que se encuentra, trabajan con la filosofía *Lean*.

Es importante conocer por qué las microempresas no trabajan con la filosofía *Lean Construction*, y es por esta razón que se formula la siguiente pregunta: ¿Qué barreras te han limitado para la implementación de *Lean Construction*?



Gráfica 7. Barreras para la implementación *Lean Construction*  
Elaboración propia.

La pregunta 7 de la entrevista (¿Qué barreras te han limitado para la implementación de *Lean Construction*?), contiene 5 respuestas predeterminadas para responder:

- No quiero implementarlo
- Requiere de un experto en *Lean Construction*
- Es costoso
- No sé cómo implementarlo
- No sabía qué era *Lean Construction*

Para esta pregunta se puede seleccionar más de una respuesta y se pueden agregar respuestas que no se encuentren dentro de las respuestas predeterminadas.

En la Gráfica 7 se observa que:

- Ninguna persona respondió que no quiere implementarlo, lo que significa que el 100% de los entrevistados está interesado en la implementación de *Lean*, sin importar si se conoce del tema o no.

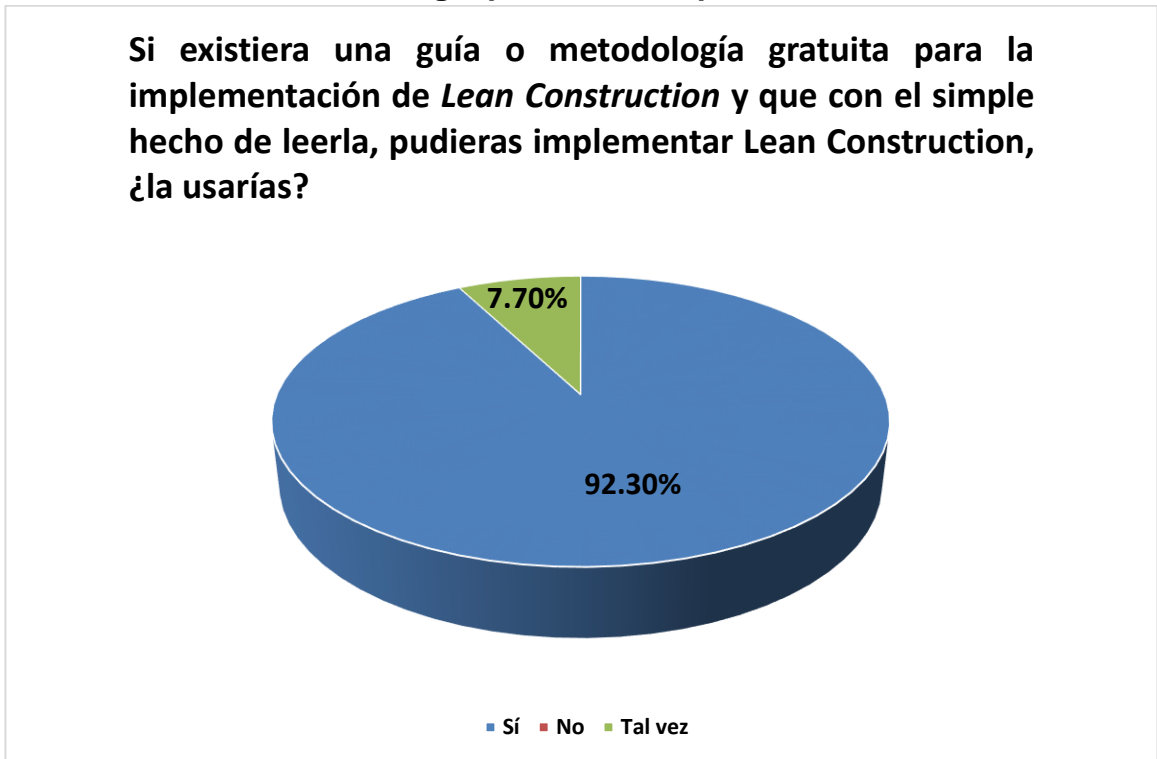
- El 46.20% no sabe cómo implementar *Lean*.
- El 26.90% respondió que no sabía que era la filosofía *Lean Construction*, lo que significa que el desconocimiento de la filosofía es un problema para su implementación.
- El 38.50% dice que requiere de un experto en el tema *Lean* y el 15.40% dice que es costoso. Estas ideas son falsas. La implementación *Lean* no requiere de un experto en el tema, sólo se necesita a alguien que tenga los conocimientos necesarios y su implementación no es costosa, no se requiere material extra, sólo se requiere de papelería convencional.

Por estas estadísticas, se justifica el alcance de la metodología que se propondrá para las microempresas.

Además de estas respuestas, los entrevistados incluyeron otras respuestas que no se incluían en el formulario:

- Conocer completamente la metodología, con un 3.80%, respuesta que se podría incluir dentro de: no sé cómo implementar *Lean*.
- El 3.80% respondió que, generalmente los altos mandos son quienes deciden y ellos son quienes no pretenden implementar cosas ajenas a su funcionamiento habitual. Y es cierto que existe una resistencia al cambio, pero estos paradigmas se deben de eliminar. Los procesos se realizan de manera habitual sin una evaluación al sistema que se utiliza, de esta manera no se conoce si la forma en que se realizan los procesos es la más adecuada.

#### 4.4.1.5 Beneficio de la metodología para microempresas



Gráfica 8. Aceptación de la metodología propuestas  
Elaboración propia.

En la Gráfica 8, se puede observar que el 92.30% sí utilizaría la metodología *Lean Construction* que se propondrá para las microempresas.

Ninguna persona respondió con un: no la utilizaría. Y el 7.70% dijo que tal vez o probablemente la utilizaría.

Estos porcentajes son satisfactorios para el beneficio de las microempresas con relación a la metodología que se propondrá porque existe buena aceptación a la metodología y existe una oportunidad de mejora para las microempresas constructoras, a pesar de que se desconocen los alcances y los beneficios de esta metodología.

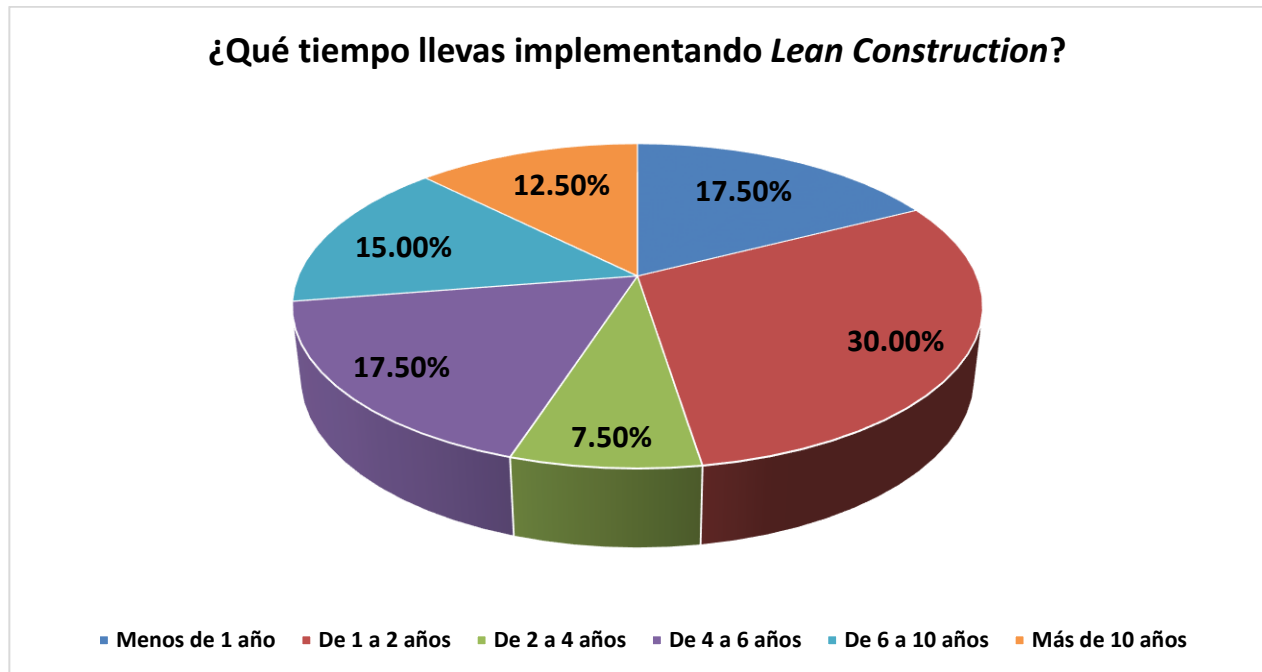
#### 4.4.2 Entrevista 2

Se desarrolló una entrevista para personas que tienen amplia experiencia en el tema y que actualmente implementan la filosofía *Lean Construction*. La recolección de datos es de carácter cualitativo, se busca evaluar cualidades de la filosofía con relación a su implementación y su contexto.

La entrevista se diseñó con base a las hipótesis propuestas; y está conformada por seis tipos de información:

- 1 Datos generales: se obtienen datos sobre el tiempo de implementación y cómo fue que empezaron a implementar.
- 2 Experimental: conocer características del facilitador *Lean* y opiniones de implementación de acuerdo con su experiencia.
- 3 Utilidad: identificar los beneficios que se han presentado con la implementación de la filosofía.
- 4 Recomendación: propuestas para microempresas constructoras.
- 5 Implementación *Lean Construction*: permite conocer el estado actual de la empresa.
- 6 Comentarios: relativos a la filosofía y su implementación.

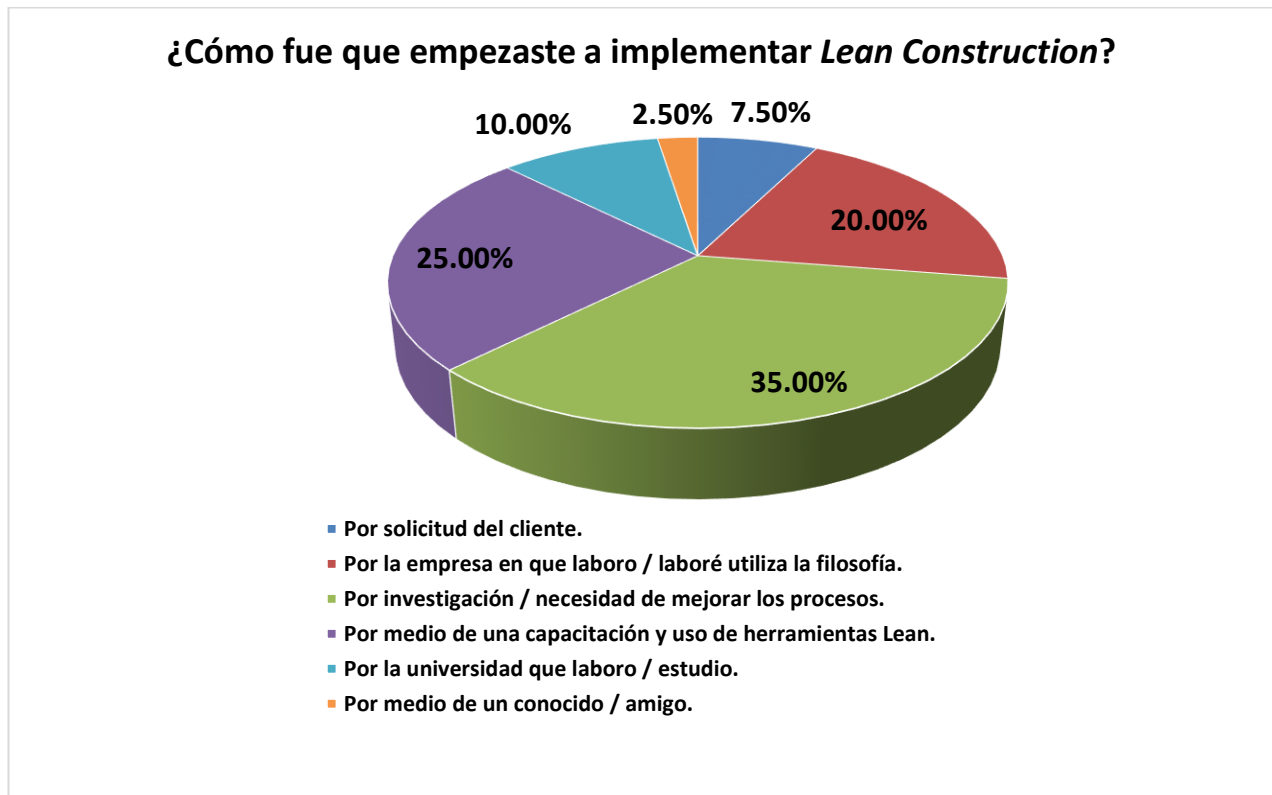
#### 4.4.2.1 Datos generales



Gráfica 9. Tiempo de implementación *Lean Construction*  
Elaboración propia.

En la Gráfica 9, se observa que la mayor parte de las personas entrevistadas (30.00%) llevan implementando la filosofía *Lean Construction* de 1 a 2 años, siguiéndole un grupo de 17.50% con un tiempo de implementación de 4 a 6 años y 17.50% con un tiempo menor a 1 año.

El porcentaje de las personas más experimentadas o con un tiempo mayor de implementación, es decir que tienen más de 10 años implementando *Lean Construction* es del 12.50%.



Gráfica 10. Motivos de las primeras implementaciones *Lean*  
Elaboración propia.

Las respuestas a la pregunta 2, se pueden resumir como se aprecia en el gráfico, ya que las respuestas fueron abiertas.

En la Gráfica 10, se aprecia que la mayoría, un 35.00% comenzó la implementación por una necesidad de mejorar los procesos y los problemas que se presentaban en la obra. Esta necesidad los llevó a investigar y con ello encontraron la filosofía *Lean Construction*.

El 25.00% conoció la filosofía y comenzó la implementación por medio de una capacitación Lean que tomaron y mediante el uso de las principales herramientas *Lean Construction*.

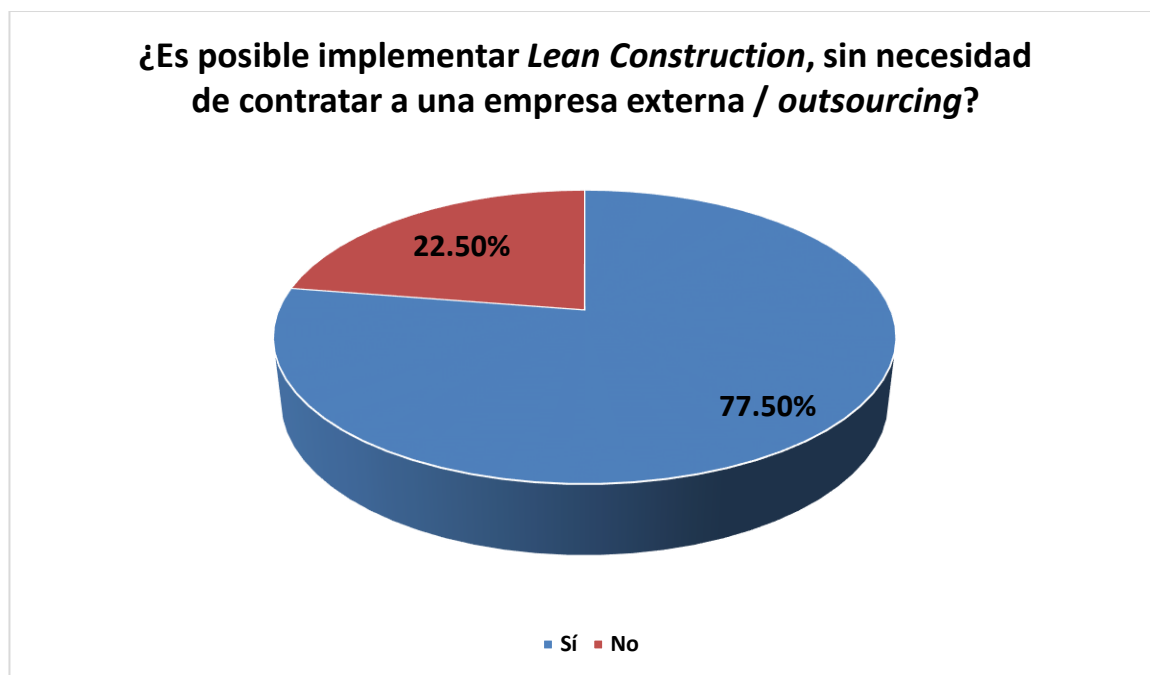
El 20.00% comenzó la implementación de la filosofía debido a que en alguna empresa que laboraban o laboran, utilizan esta filosofía en sus obras de construcción.

El 10.00% conoció la filosofía por la universidad en la que laboran o estudian, como parte de su proceso profesional, ya sea por investigaciones derivadas de algún posgrado o por investigaciones dentro de la universidad para la mejora de los procesos.

El 7.50% implementó la filosofía *Lean Construction* por requerimiento del cliente.

Y el 2.50% conoció e implementación de la filosofía por medio de un tercero, que le explicó las ventajas de su implementación.

#### 4.4.2.2 Experimental



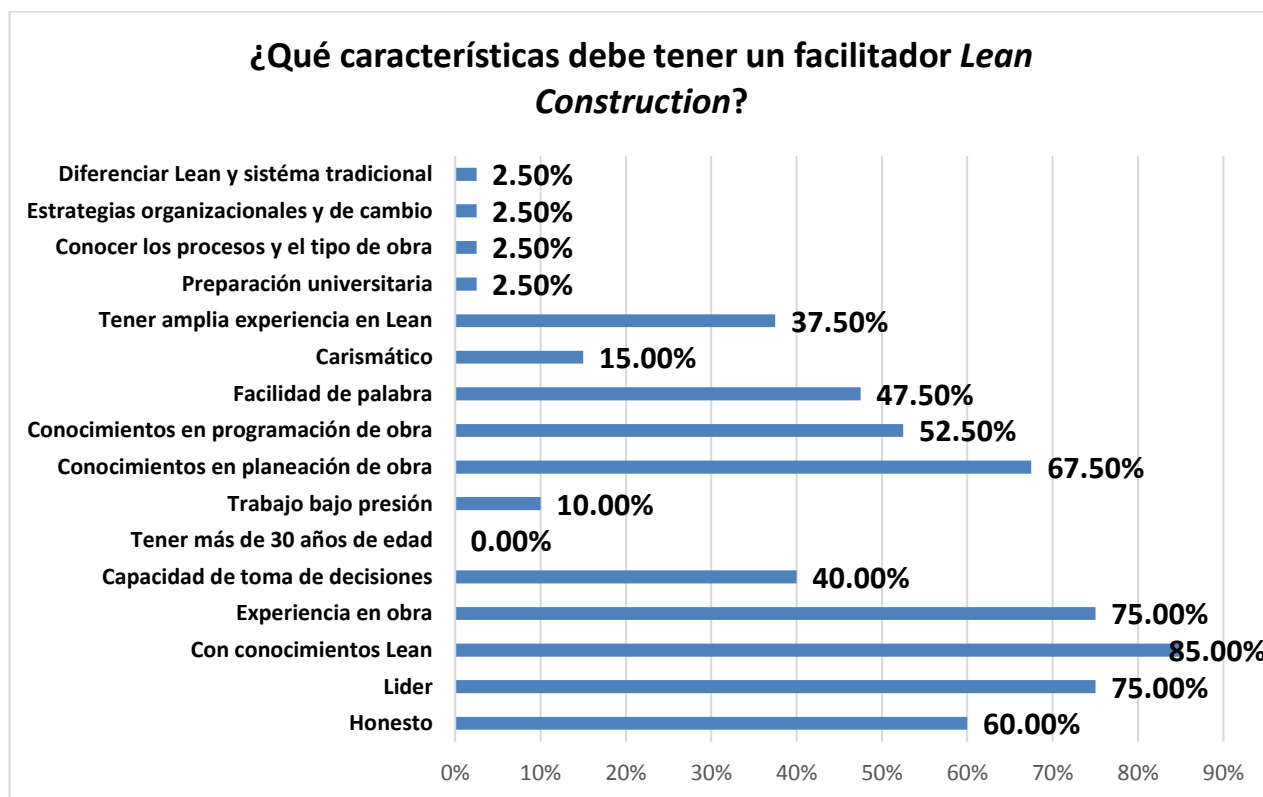
Gráfica 11. ¿Es posible implementar *Lean* sin *outsourcing*?  
Elaboración propia.

De acuerdo con la experiencia de los entrevistados, se les realiza la pregunta: ¿Es posible implementar *Lean Construction*, sin necesidad de contratar a una empresa externa / *outsourcing*?

En la Gráfica 11, se aprecia que la mayoría con un 77.50% respondió que sí es posible la implementación y un 22.50% respondió que no es posible.

Más de  $\frac{3}{4}$  partes de los entrevistados afirman que no se requiere de una empresa externa para la implementación *Lean*.

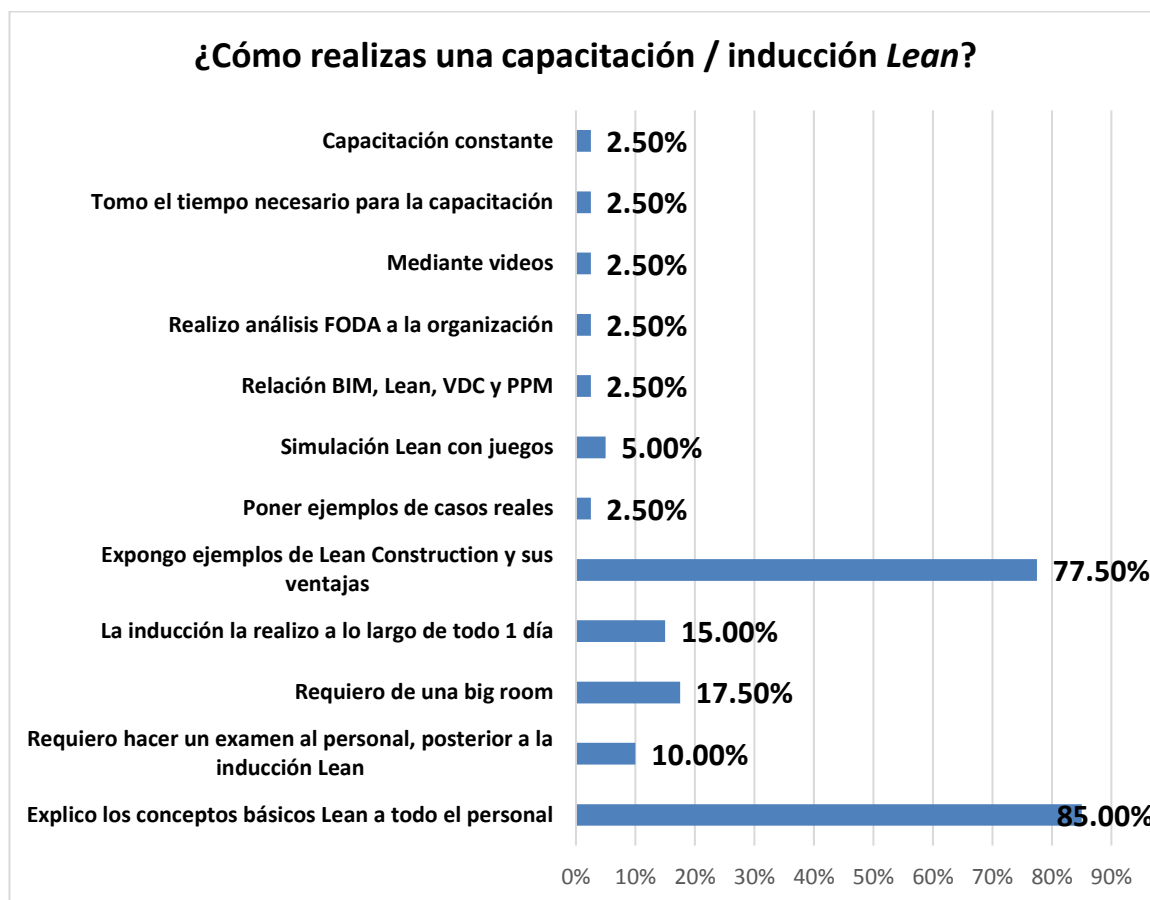




Gráfica 12. Características del facilitador *Lean*  
Elaboración propia.

De la Gráfica 12, los datos sobresalientes son:

- Ninguna persona opina que tener más de 30 años de edad es un requisito para ser facilitador *Lean*, por lo que no existe una edad mínima para ser facilitador *Lean*.
- Las características básicas que un facilitador *Lean* debe tener son conocimientos *Lean* (85.00%), contar con experiencia en obra (75.00%), ser una persona líder (75.00%), tener conocimientos en planeación de obra (67.50%), ser una persona honesta (60.00%) y tener conocimientos en programación de obra (52.50%).
- Un 37.50% dice que tener amplia experiencia en *Lean* debe ser una característica de un facilitador, por lo que se deduce que la mayoría opina que no es necesario contar con amplia experiencia y tomando en cuenta el 85.00% de contar con conocimientos *Lean*, se resume en que es suficiente con que el facilitador conozca los principios básicos de la filosofía *Lean Construction*.



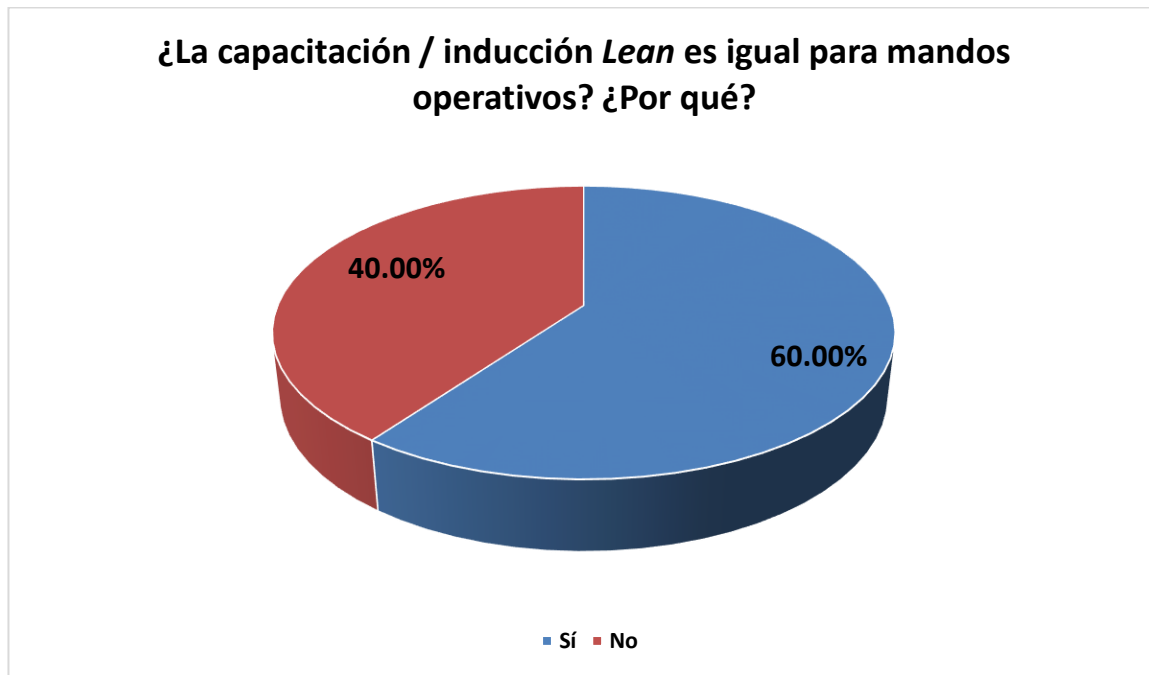
Gráfica 13. Maneras de realizar la capacitación *Lean*  
Elaboración propia.

De la Gráfica 13, se pueden destacar las características que debe tener una capacitación *Lean*.

En la capacitación o inducción *Lean* se deben de explicar los conceptos básicos *Lean* a todo el personal involucrado con un 85.00%, el 77.50% de los entrevistados exponen ejemplos *Lean Construction*, además de explicar las ventajas de utilizar esta filosofía y sólo un 17.50% requiere de una “*big room*” para realizar la capacitación, por lo que se concluye que esta capacitación se puede realizar en cualquier lugar.

El 15.00% dice que para realizar la inducción *Lean*, se requiere de todo un día y el 2.50% opina que esta inducción no tiene un tiempo promedio y utilizan el tiempo necesario para la capacitación *Lean*.

Y sólo un 10.00% realiza un examen posterior a la inducción, para comprobar que el personal haya entendido los conceptos *Lean* y cuente con los conocimientos básicos de la filosofía.

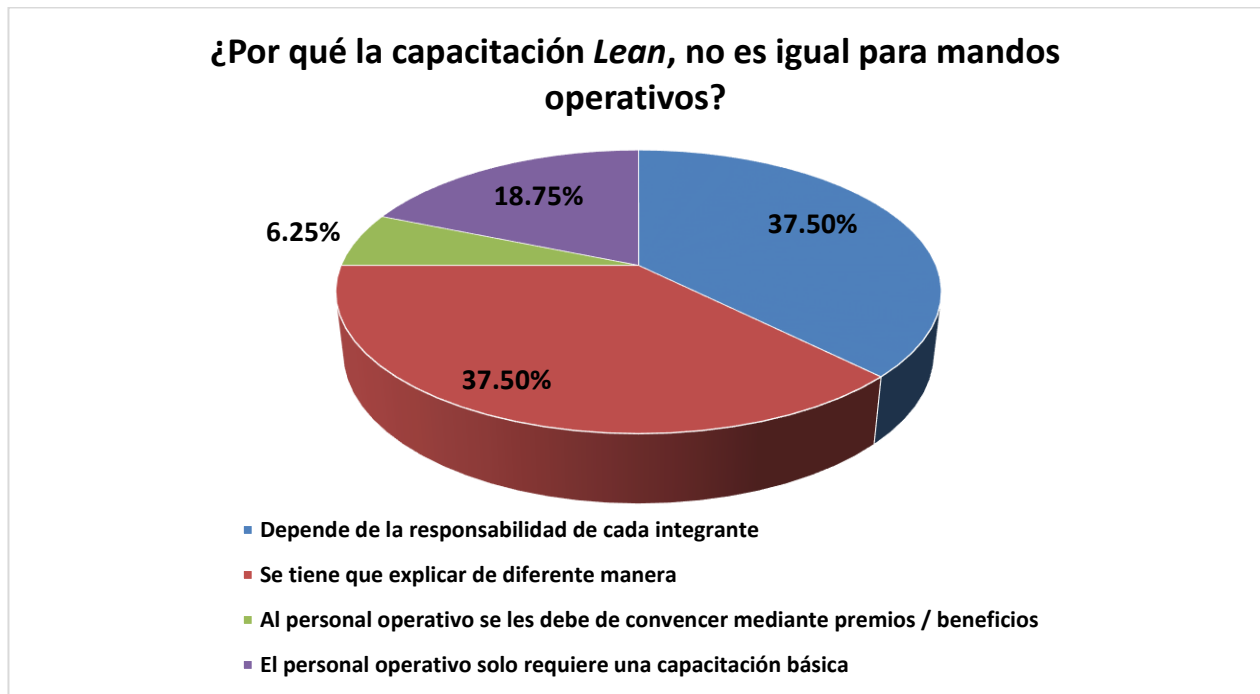


Gráfica 14. ¿Es la misma capacitación para mandos operativos?  
Elaboración propia.

La pregunta 6 de la entrevista es: ¿La capacitación / inducción *Lean* es igual para mandos operativos? ¿Por qué? En esta pregunta se responde de manera puntual, pero justificando la respuesta; en la Gráfica 14, se observa que el 60.00% de los entrevistados responden que la capacitación *Lean* sí se realiza de igual manera para mandos operativos como para mandos intermedios y altos mandos.

La justificación a la respuesta afirmativa se resume, de acuerdo con lo respondido por los entrevistados, en que los principios *Lean* son los mismos y todos los involucrados deben recibir la misma capacitación, además que todos deben de tener el mismo objetivo en mente y finalmente todos agregan valor a la obra.

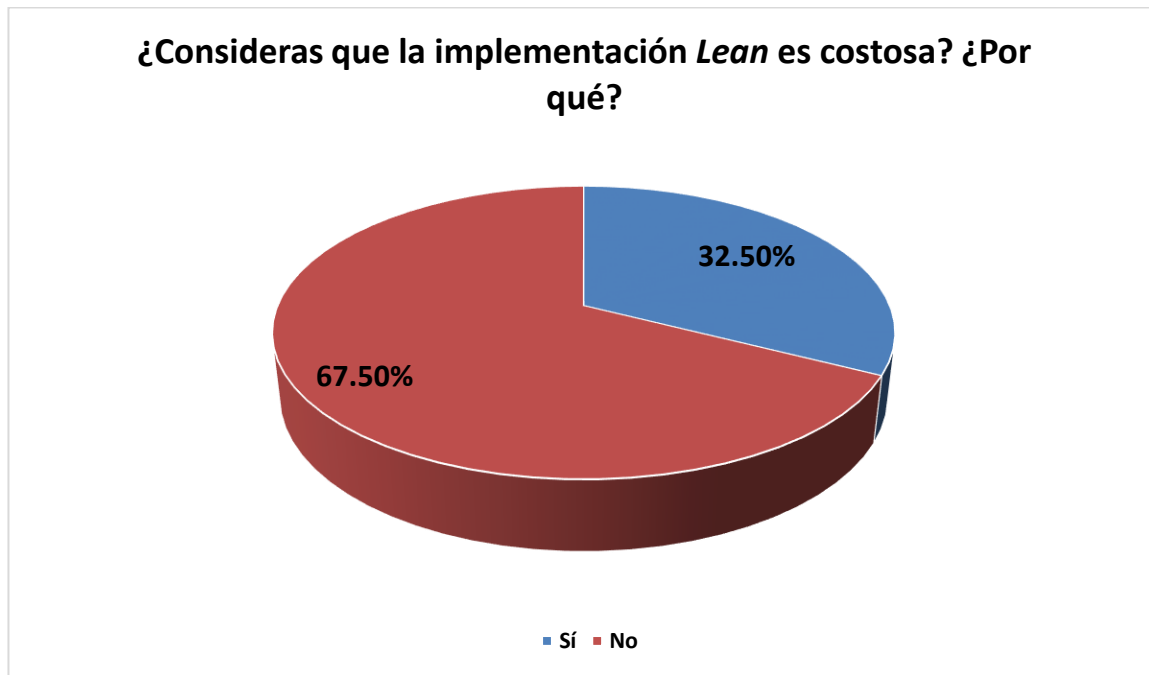
El 40.00% respondió que la capacitación *Lean* no es igual para los mandos operativos, y la justificación a sus respuestas se observa en la Gráfica 14.1.



Gráfica 14.1 ¿Por qué la capacitación *Lean*, no es igual para mandos operativos?  
Elaboración propia.

En la Gráfica 14.1 se observa que del 100% de las personas que respondieron que la capacitación *Lean* no es igual para mandos operativos, el 37.50% que opina que la capacitación *Lean* se debe de realizar de manera diferente para mandos operativos es porque la capacitación se realiza con base a la responsabilidad de cada integrante, es claro que la responsabilidad de los mandos operativos es menor y de igual forma un 37.50% opina que la capacitación se tiene que explicar de diferente forma, es decir utilizando lenguaje no técnico y utilizando otro tipo de ejemplos, el lenguaje se debe de adaptar al grupo para que sea la información sea clara y entendible.

El 18.75% opina que los mandos operativos solo deben recibir una capacitación básica, con los conceptos clave y explicar sólo los conceptos y herramientas que utilizarán. Y el 6.25% comenta que se les debe convencer el uso de la filosofía mediante premios o beneficios para que en verdad implementen la filosofía.

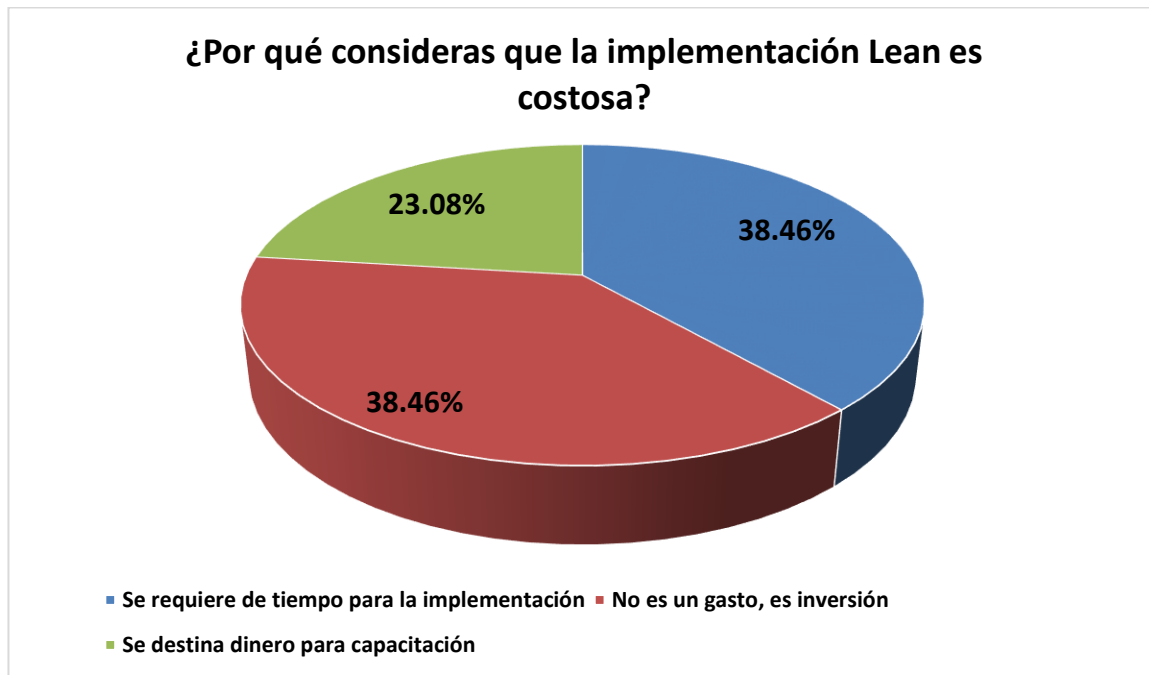


Gráfica 15. ¿La implementación es costosa?  
Elaboración propia.

La pregunta 7 de la entrevista se responde de manera puntal, ya sea afirmativa o negativamente, pero justificando la respuesta.

En la Gráfica 15 se observa que el 67.50% respondió que la implementación *Lean* no es costosa. La justificación a esta respuesta, según los entrevistados es que existe suficiente información disponible la cual puede ser utilizada, y que dándole seguimiento a una capacitación *Lean* y utilizando las herramientas aprendidas, la implementación se realiza de manera sencilla, además que el costo de la capacitación es bajo a comparación de la capacitación para el uso de algunos softwares o metodologías para el control en un proyecto de construcción. Además, que se prefiere destinar un pequeño porcentaje del costo del proyecto a la implementación de esta metodología para prevenir desperdicios futuros, y comentan que el uso de las herramientas *Lean* no es costoso, ya que solo se requiere de poco material físico y es suficiente contar con el uso de buenos formatos para su implementación.

El 32.50% respondió que la implementación *Lean* si es costosa, y la justificación a la afirmación se resume en la Gráfica 15.1.



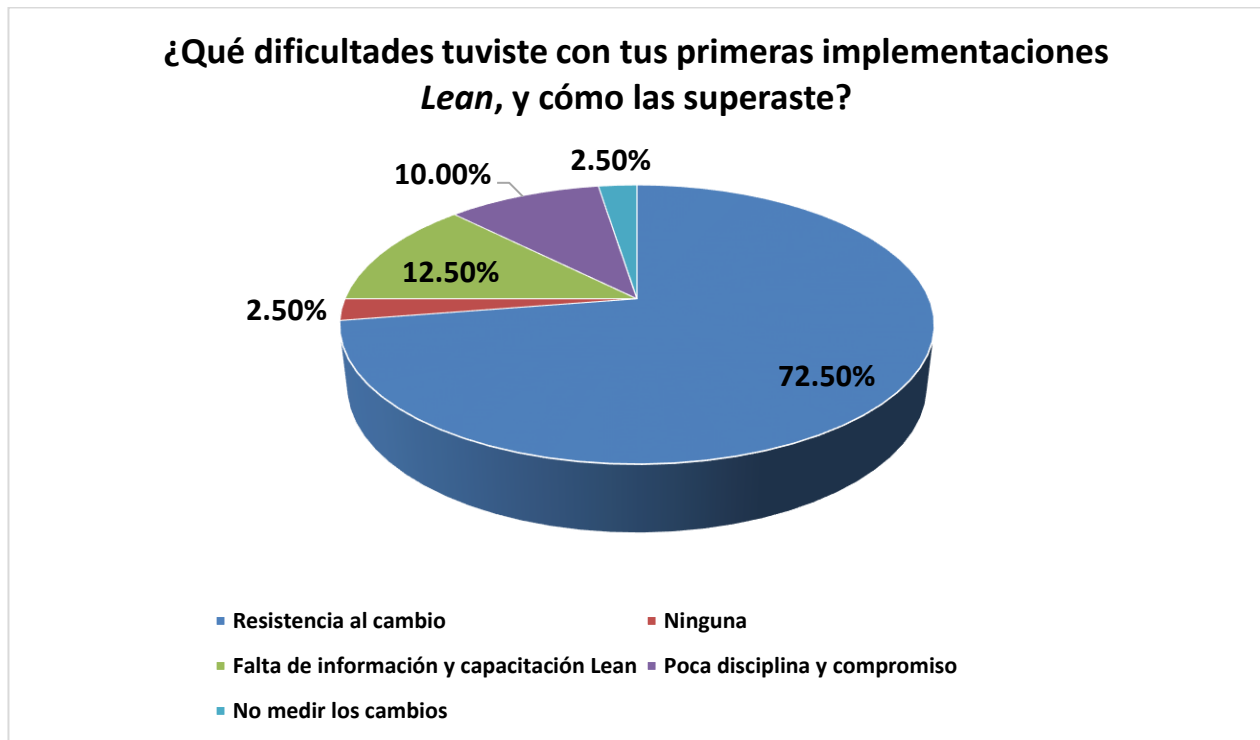
Gráfica 15.1 ¿Por qué la implementación *Lean* es costosa?  
Elaboración propia.

Del 100% de las personas que respondieron que la implementación *Lean* es costosa, el 38.46% dice que la implementación conlleva tiempo para una correcta implementación, por lo tanto, es dinero destinado para su implementación.

Otro 38.46% opina que para la implementación se destina recurso monetario pero que no lo ven como un gasto, sino como una inversión a mediano y largo plazo; por lo tanto, esta respuesta puede entrar en la categoría que en realidad la implementación *Lean* no es costosa.

Y el 23.08% restante responde que se destina dinero al inicio, para la capacitación del personal.

La capacitación *Lean* requiere recurso monetario, pero si se calcula el porcentaje de indirectos que involucra la capacitación *Lean*, en realidad es un porcentaje muy bajo, que puede ser solventado por la empresa, y debe verse más como una inversión y que no sólo servirá para esta única obra, sino también para obras futuras.



Gráfica 16. Dificultades de implementación  
Elaboración propia.

La pregunta 8 de la entrevista se respondió de manera abierta, es decir, cada participante emitió su opinión y su experiencia.

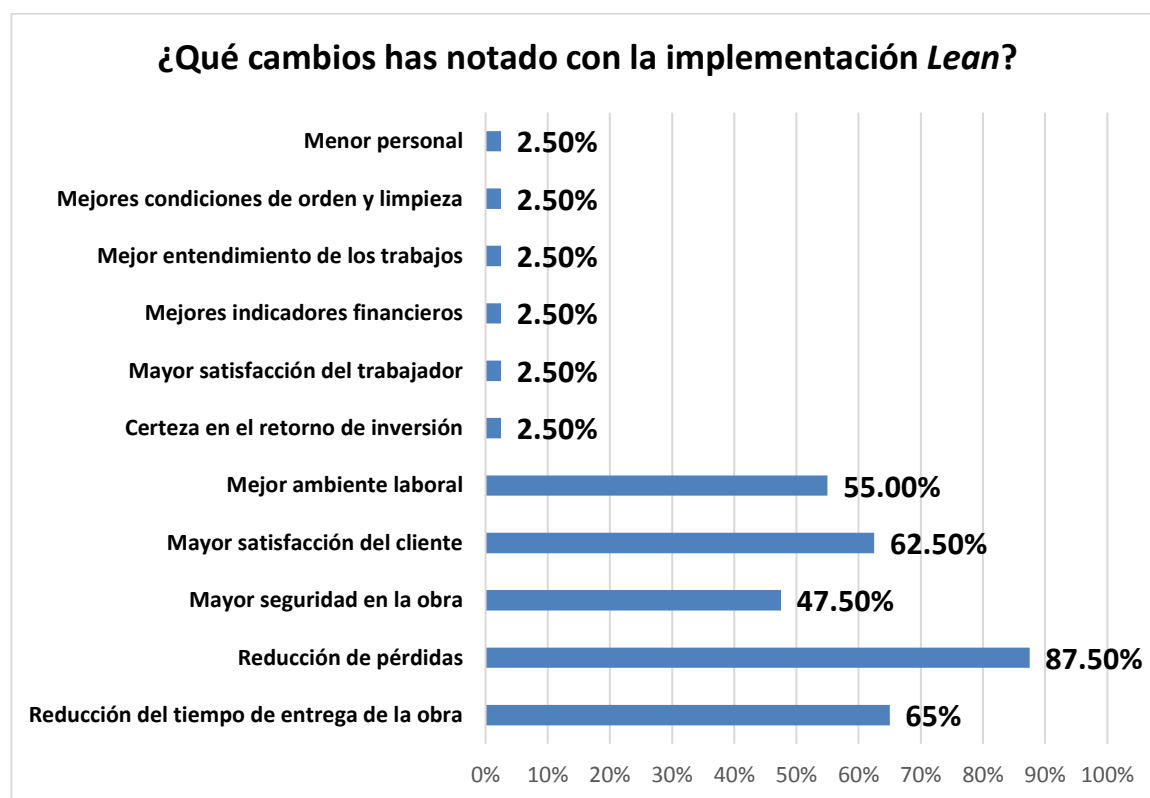
En la Gráfica 16 pueden agruparse las respuestas y como se observa, el principal problema que presentaron los entrevistados, con un 72.50% fue la resistencia al cambio.

La resistencia al cambio se produjo en todos los niveles jerárquicos, desde los mandos operativos, los residentes y superintendentes de la obra, hasta el mismo cliente. Todos los involucrados están acostumbrados a trabajar conforme a la manera tradicional y es difícil hacerles cambiar la forma en que se trabaja. La manera en que resolvieron este problema fue con tiempo, empezando con un proyecto piloto en donde se use la filosofía *Lean* y con capacitación constante, además se explicaban ejemplos reales y prácticos y también fue necesario aplicar sanciones a los mandos operativos por incumplimiento o bien se les recompensaba.

El 12.50% respondió que tuvieron problemas con la implementación debido a la falta de información y capacitación *Lean*, comentan que, en sus inicios, no se contaba con la suficiente información *Lean* como ahora, además presentaron problemas debido a que en la implementación no se involucró a todo el equipo, además falta de capacitación para la correcta implementación.

El 10.00% presentó problemas, debido a la falta de disciplina y compromiso por parte de todo el personal de la obra, y la falta de participación del personal incrementa el problema. Además, la falta de personas líderes para la implementación, como las personas encargadas de los trabajos, ya sean residentes de obra y cabos de oficios, entre otros.

#### 4.4.2.3 Utilidad



Gráfica 17. Mejoras con la implementación  
Elaboración propia.

La pregunta: ¿Qué cambios has notado con la implementación *Lean*? Cuenta con una serie de respuestas predeterminadas:

- Mejor ambiente laboral.
- Mayor satisfacción del cliente.



- Mayor seguridad en la obra.
- Reducción de pérdidas.
- Reducción del tiempo de entrega de la obra.

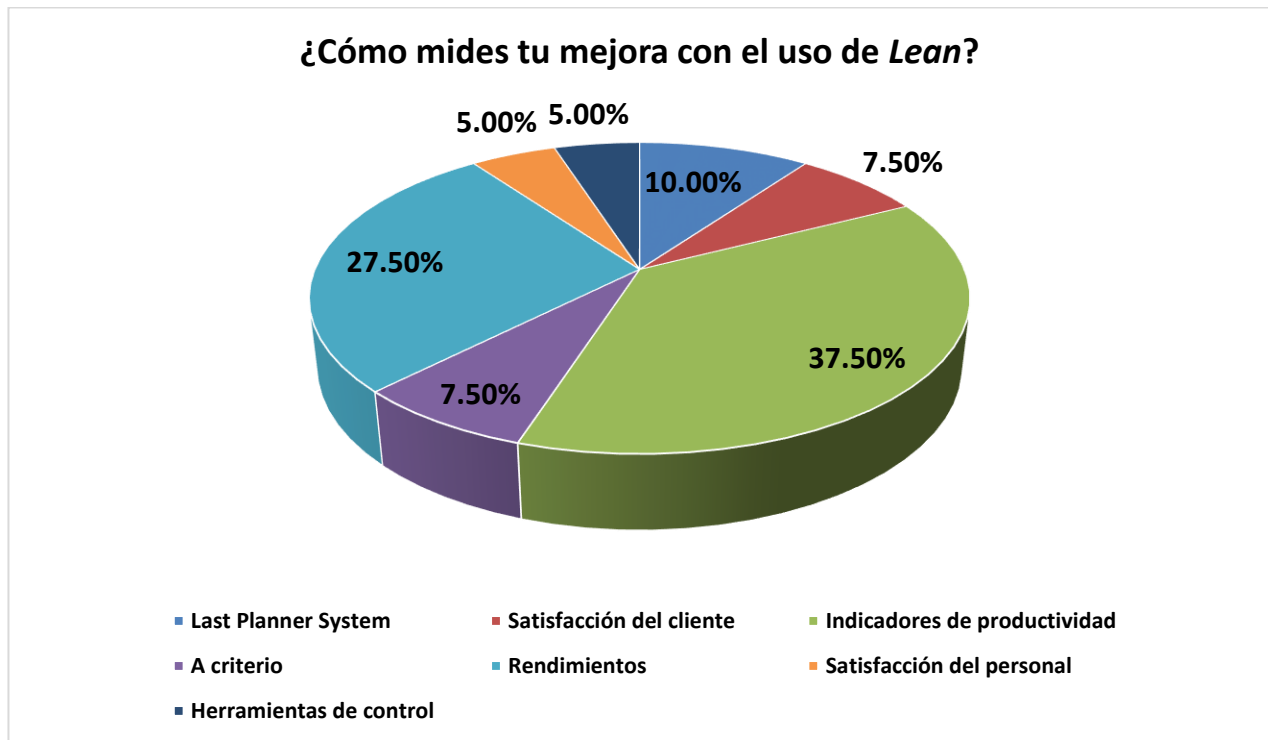
Y los participantes pueden escoger más de una respuesta y además tienen la opción de agregar más respuestas.

El 87.50% de los entrevistados concuerdan en que existe una reducción de pérdidas, el 65.00% afirma que se reduce el tiempo de entrega del proyecto y el 62.50% ha notado mayor satisfacción del cliente. Estos cambios que han notado los entrevistados, son parte de los beneficios de la implementación *Lean*, y la mayor parte de los entrevistados ha visto esta mejora con el uso de la filosofía *Lean Construction*.

Asimismo, un 55.00% notó un mejor ambiente laboral y 47.50% mayor seguridad en la obra.

Además, en la entrevista se incluyeron otras respuestas como:

- Menor personal. Es decir, requiere menos recurso humano para realizar los trabajos previstos.
- Mejores condiciones de orden y limpieza en la obra.
- Mejor entendimiento de los trabajos. Todo el personal está seguro de lo que se va a realizar día con día y se evita la pérdida de tiempos de espera.
- Mejores indicadores financieros, como el de retorno de inversión.
- Mayor satisfacción del trabajador. El trabajador se siente valorado y aumenta su autoestima debido al reconocimiento que se le otorga.
- Certeza en el retorno de inversión.



Gráfica 18. Medición de mejora  
Elaboración propia.

La pregunta: ¿cómo mides tu mejora con el uso de *Lean*? Es una pregunta abierta, los entrevistados responden de manera libre de acuerdo con su experiencia.

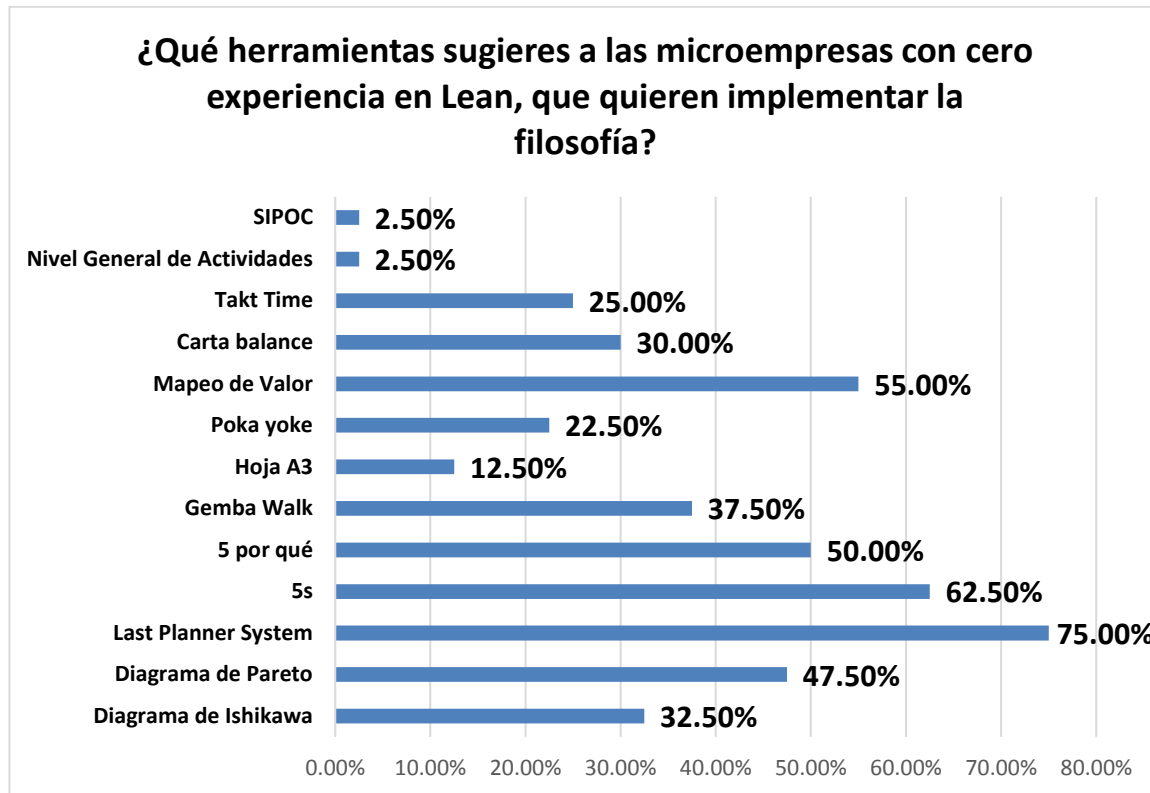
Las respuestas se agruparon como se observa en la Gráfica 18, en la que la mayor parte de los entrevistados, un 37.50% respondió que mide su mejora con la ayuda de algún indicador de productividad, ya sea con el PPC, el PPR, CNC, o algún tipo de indicador financiero como el ROI, TIR, o algún KPI.

El 27.50% se basa en los rendimientos, se comparan los rendimientos previos con los rendimientos obtenidos, ya sean rendimientos de mano de obra, como los tiempos de ejecución del proyecto, así como la eficiencia del proyecto.

El 10.00% de los entrevistados se apoyan con el uso de la herramienta *Last Planner System*, en la que se compara el avance del proyecto previsto con el avance real del proyecto.

Un 7.50% mide su mejora a criterio, es decir con su experiencia y otro 7.50% por medio de la satisfacción del cliente. Un 5.00% considera las condiciones y satisfacción del personal de la obra y otro 5.00% por medio de una herramienta de control, ya sea con el apoyo de un software como un ERP.

#### 4.4.2.4 Recomendación



Gráfica 19. Herramientas para microempresas  
Elaboración propia.

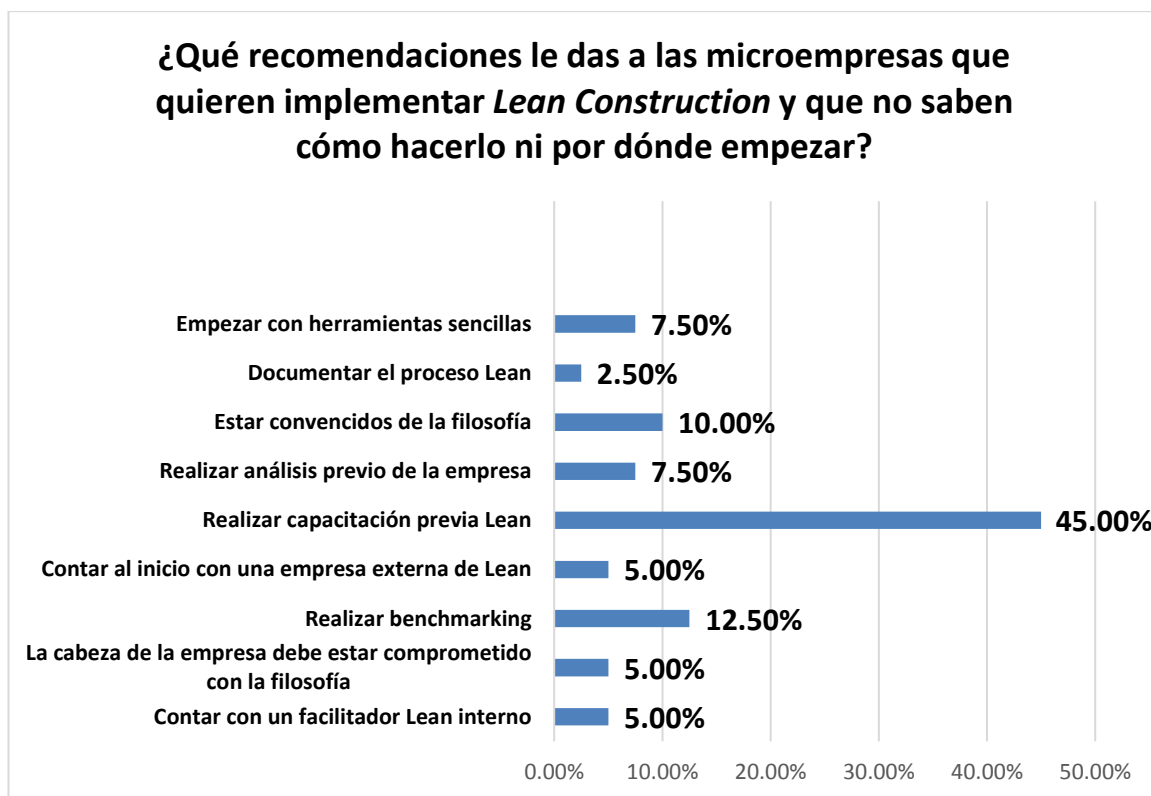
La pregunta 11 de la entrevista sirve para obtener información de recomendación. Los entrevistados sugieren las herramientas más sencillas y fáciles de implementar a las microempresas constructoras, empresas que no tienen experiencia en el tema *Lean Construction*.

El 75.00% de los entrevistados concuerdan que la herramienta *Last Planner System* es básica y es fácil de implementar, además que nos sirve para la programación del proyecto. El 62.50% propone la herramienta 5s, que nos sirve para el orden y la limpieza dentro de la obra, y el 55.00% el mapeo de valor.

Para la identificación de pérdidas sugieren la herramienta 5 por qué de Toyota y un 32.50% utilizar el diagrama de Ishikawa.

El 37.50% recomienda realizar *Gemba Walk* que es el sitio donde se crea el valor de la obra, con el fin de conocer los procesos y así sea más fácil la identificación de pérdidas y la obtención de mejoras.

Hay otras herramientas que los entrevistados sugieren, pero el porcentaje de recomendación es menor, como las cartas balance con un 30.00%, *takt time* con un 25.00%, *poka yoke* con un 22.50%, hojas A3 para la resolución de problemas con un 12.50%, y nivel general de actividades y SIPOC, con un 2.50% cada uno.



Gráfica 20. Recomendaciones para microempresas  
Elaboración propia.

La pregunta número 12 de la entrevista se responde de manera abierta, cada entrevistado emite su respuesta, y las respuestas fueron agrupadas de manera general como se observa en la Gráfica 20.

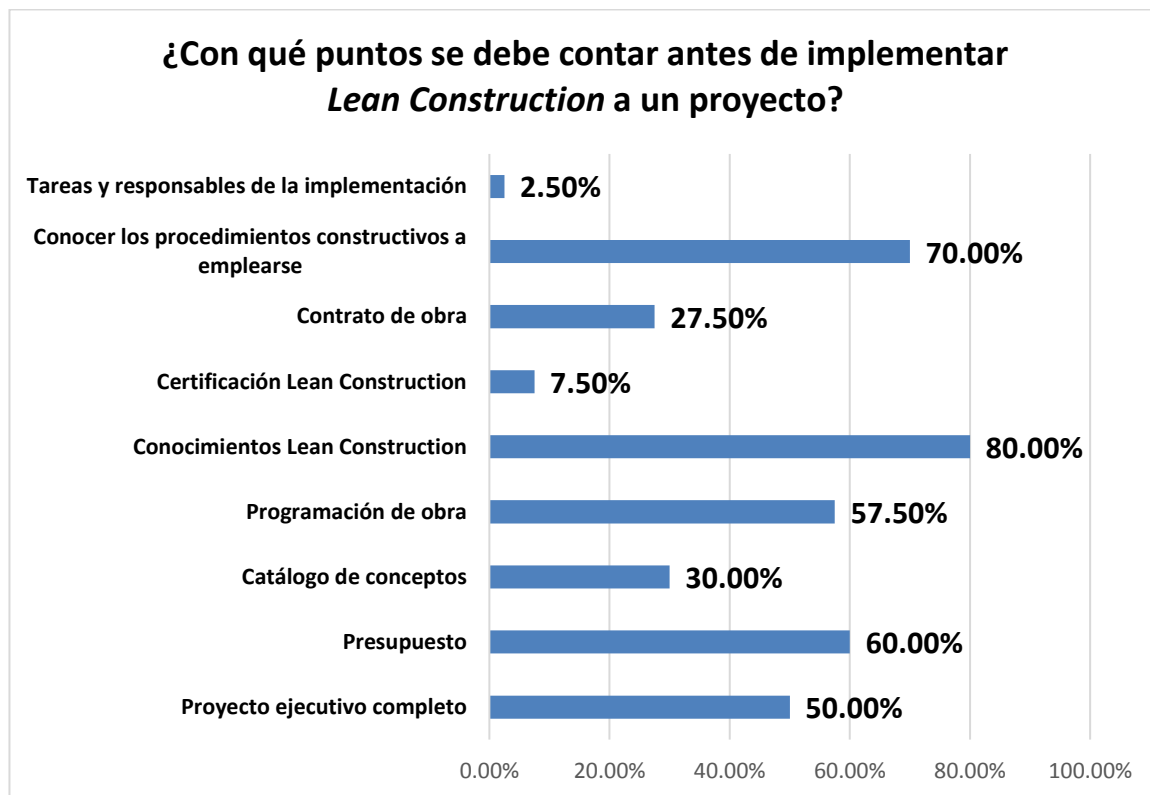
El 45.00% sugiere realizar una capacitación *Lean*, esta capacitación debe ser previa a la implementación y debe realizarse a todos los niveles de la organización.

El 12.50% propone realizar un *benchmarking* previo a la implementación *Lean*, en el que de ser posible se consulte con otras personas los resultados obtenidos, así como las herramientas utilizadas.

El 10.00% afirma que, para realizar una implementación de la filosofía, se debe de estar completamente convencido para que ésta funcione. Un 7.50% sugiere empezar una implementación con el uso de las herramientas más sencillas, y así poco a poco y acorde a la experiencia, ir implementando más herramientas.

Otro 7.50% sugiere que se realice un análisis previo de la empresa, con el fin de obtener las fortalezas, debilidades, además de la identificación de las áreas de oportunidad.

Además, realizan otras recomendaciones como contar con un facilitador *Lean* interno en la empresa (5.00%), los altos mandos deben de estar convencidos con el uso de esta filosofía y deben ser los primeros en querer la implementación (5.00%), y realizar documentación de todo el proceso *Lean* (2.50%), con el fin de realizar una mejora continua.



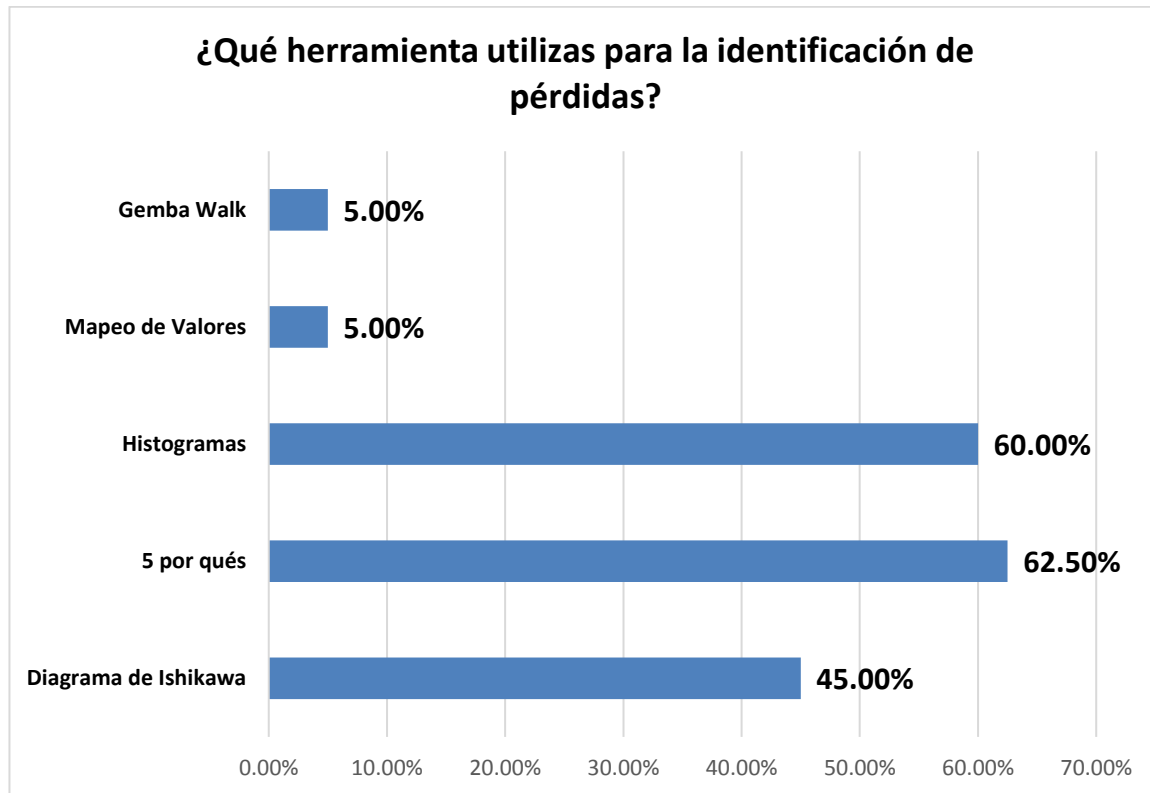
Gráfica 21. Puntos previos para la implementación  
Elaboración propia.

Los puntos con los que debemos contar antes de realizar una implementación *Lean*, de acuerdo con la Gráfica 21 son:

- El 80.00% está de acuerdo en que se deben tener conocimientos *Lean*, no se requiere ser un experto en el tema, pero sí tener muy claros los principios básicos *Lean*
- El 70.00% dice que los involucrados, y sobre todo el facilitador *Lean* debe conocer los procesos constructivos que se van a emplear para la ejecución de la obra.
- El 60.00% afirma que se debe contar con el presupuesto y el 57.50% que se debe contar con un programa de obra.
- Un 50.00% señala que se debe contar con el proyecto ejecutivo completo para evitar cambios en el proceso y evitar la pérdida de tiempo.

Hay otros aspectos que deben ser considerados para la implementación *Lean*, como por ejemplo tener un contrato de obra (27.50%), esto para evitar errores, además que este documento sirve para definir los alcances, el presupuesto y programa de obra, entre otros aspectos importantes para la implementación.

#### 4.4.2.5 Implementación *Lean Construction*



Gráfica 22. Herramientas para identificación de pérdidas  
Elaboración propia.

La pregunta 14: ¿Qué herramienta utilizas para la identificación de pérdidas? Contiene 3 respuestas precargadas que son:

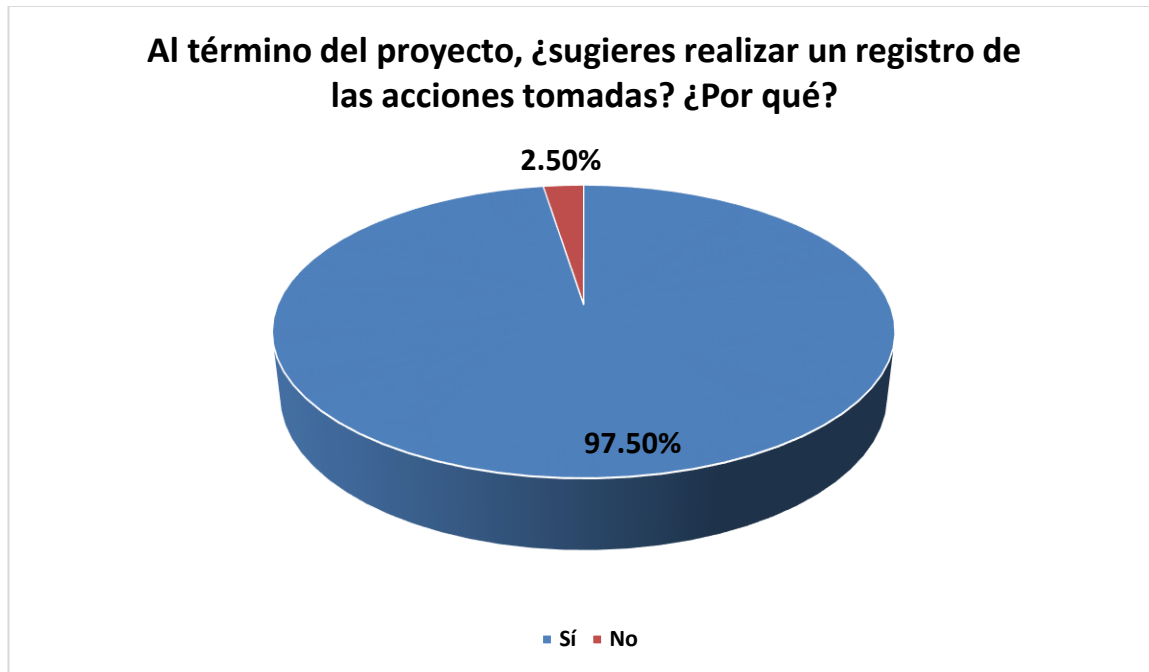
- Histogramas
- 5 por qué
- Diagrama de Ishikawa

Los entrevistados pueden seleccionar más de 1 opción, además pueden incluir otra respuesta.

En la Gráfica 22 se observa que el 62.50% de los entrevistados utilizan la herramienta 5 por qué de Toyota para la identificación de pérdidas, un 60% utiliza los histogramas y el 45.00% utiliza el diagrama de Ishikawa.

Algunos entrevistados incluyeron otras herramientas para la identificación de pérdidas, que son:

- *Gemba Walk* (5.00%)
- Mapeo de Valores (5.00%)



Gráfica 23. ¿Realizar registro de acciones?  
Elaboración propia.

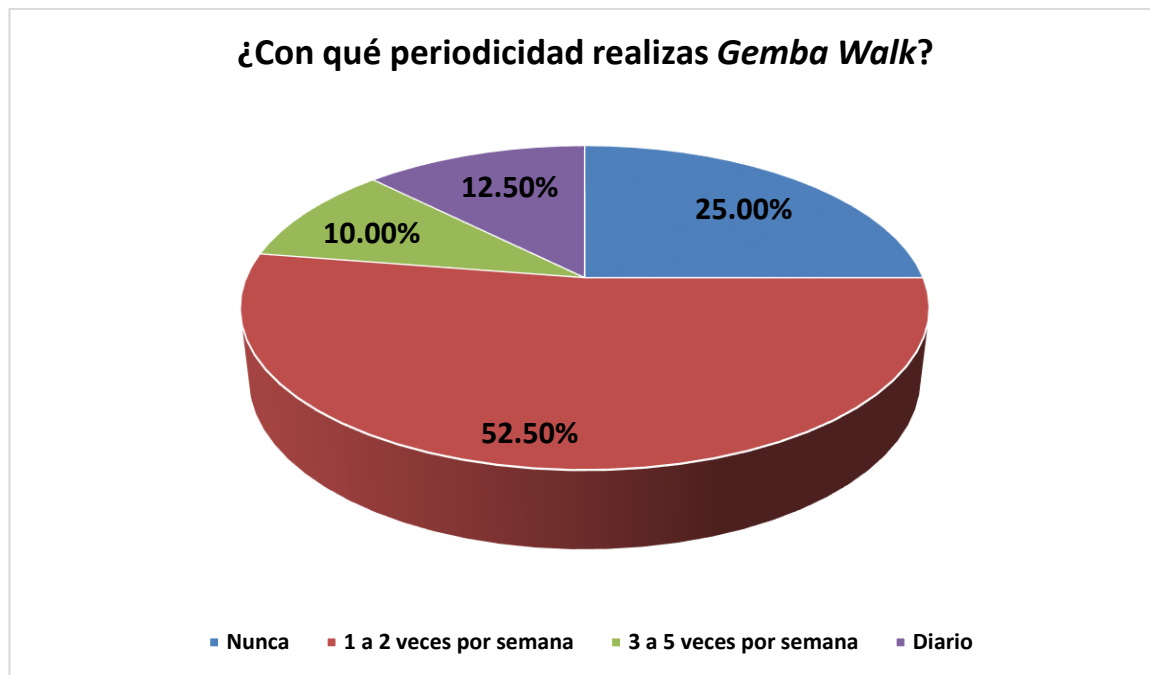
En la Gráfica 23 se aprecia que el 97.50% de los entrevistados concuerdan en que al término del proyecto se realice un registro de las acciones tomadas e implementadas a lo largo del proyecto, las razones por las que sugieren esta documentación son:

- Para documentar la curva de aprendizaje.
- Sirve como retroalimentación.
- Para realizar una mejora continua.
- Funciona como un antecedente para futuros proyectos.
- Se logra una medición para el mejoramiento de las acciones.

Además, los participantes sugieren el uso de la herramienta *pluses* y *deltas* para la documentación, así como llevar un dossier de las lecciones aprendidas.



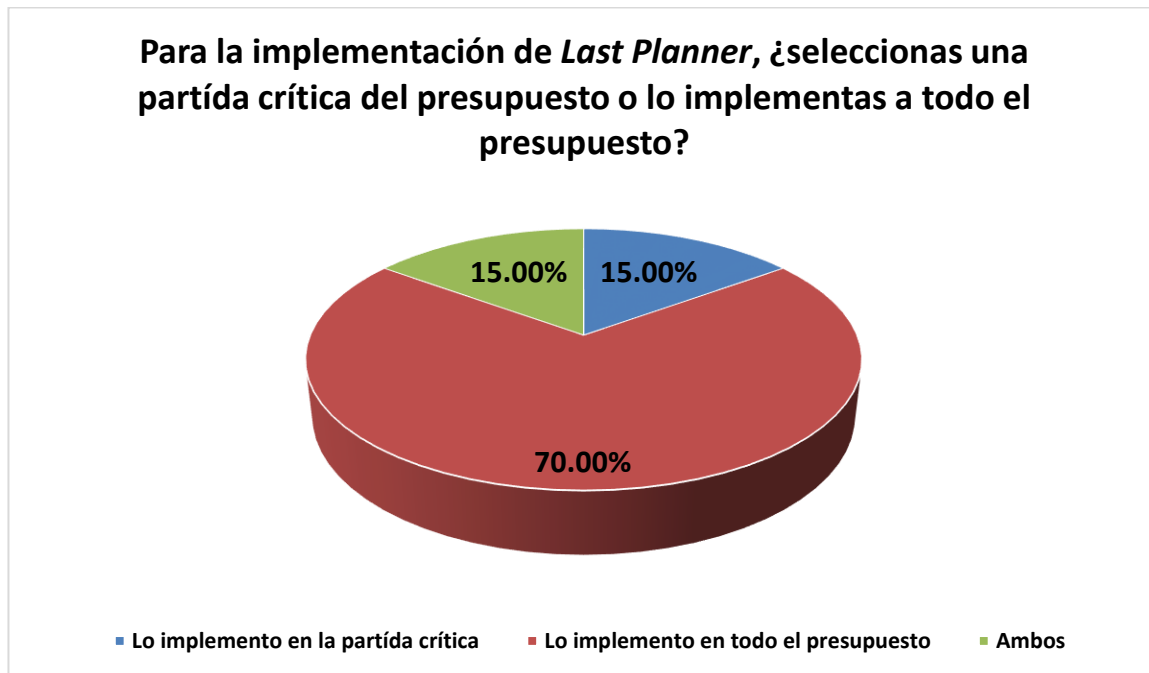
El 2.50% de los entrevistados respondió negativamente a la sugerencia de realizar un registro de acciones al término del proyecto, lo que el entrevistado sugiere es realizar un registro de las acciones no sólo al término del proyecto, sino a lo largo de toda la obra.



Gráfica 24. Periodicidad de *Gemba Walk*  
Elaboración propia.

De la Gráfica 24 se concluye lo siguiente:

- El 25.00% de los entrevistados nunca realizan *Gemba Walk*, es decir el 75.00% afirma realizar *Gemba Walk* al menos una vez a la semana.
- La mayor parte de los entrevistados, realizan *Gemba Walk* de 1 a 2 veces por semana (52.50%).
- Sólo un 12.50% realiza *Gemba Walk* de manera diaria.
- Y el 10.00% lo realiza de 3 a 5 veces por semana.



Gráfica 25. Partidas involucradas en *Last Planner System*  
Elaboración propia.

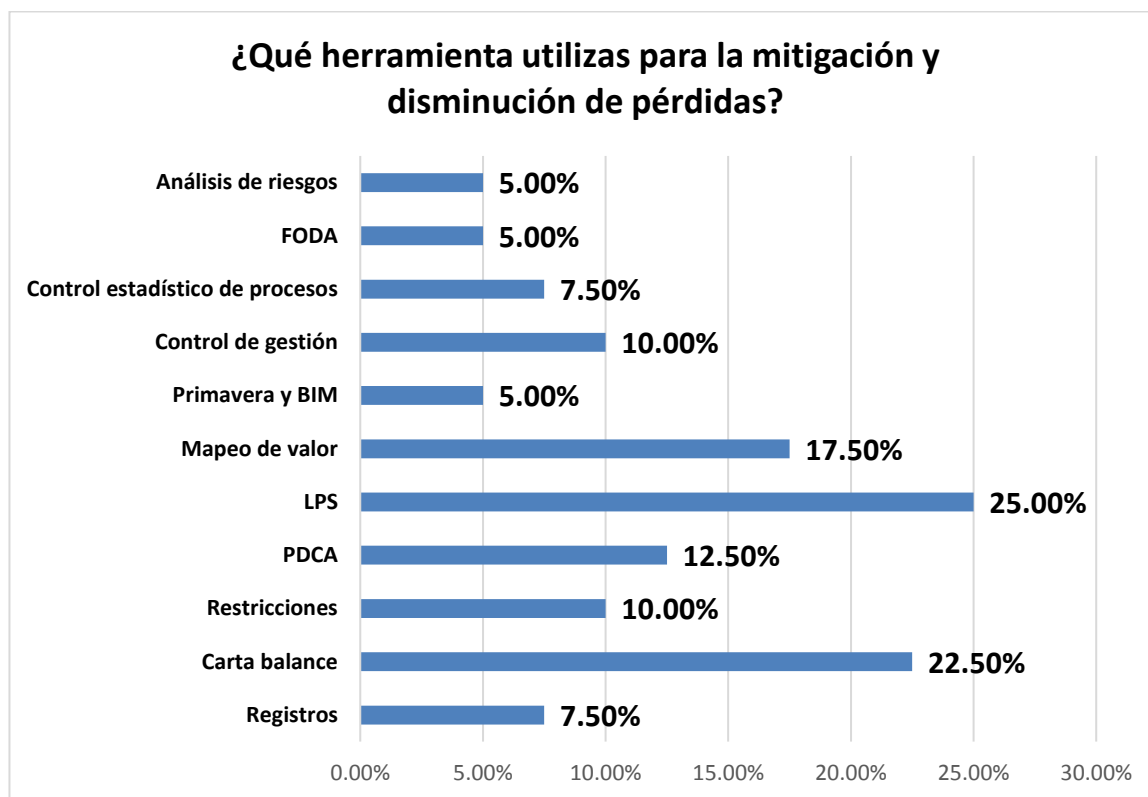
La pregunta 17 de la entrevista contiene 2 respuestas predeterminadas:

- Lo implemento en la partida crítica.
- Lo implemento en todo el presupuesto.

Sin embargo, los participantes pueden contestar con alguna otra respuesta.

En la Gráfica 25, se observa que el 70.00% de los entrevistados respondieron que la herramienta *Last Planner System* lo implementan en todos los conceptos que integran el presupuesto de la obra. El 15.00% lo implementa en los conceptos o actividades que pertenecen a la ruta crítica.

No obstante, el 15.00% restante de los entrevistados contestó con diferentes respuestas a las predeterminadas, las cuales pueden resumirse en que utilizan *Last Planner System* en ambas situaciones y esto depende de los involucrados en la programación y de la cultura organizacional, así como de la complejidad de la obra.



Gráfica 26. Herramientas mitigación de pérdidas  
Elaboración propia.

De acuerdo con la Gráfica 26, el 25.00% de los entrevistados, utilizan la herramienta *Last Planner System* como herramienta para la disminución de pérdidas, aunque el principal objetivo del uso de esta herramienta es la de tener flujos de trabajo continuos y realizar una programación de los trabajos óptima que se realiza colaborativamente.

En segundo lugar, se encuentra la carta balance, con un 22.50%, es una herramienta en la que se analizan las actividades, en las que se identifican los tipos de trabajos que conforman una actividad, que son: trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio, sin embargo es una herramienta compleja y que no se encuentra dentro de las herramientas más fáciles para la empresas que tienen poca experiencia en Lean Construction, esto de acuerdo con los resultados obtenidos en la presente entrevista.

Seguidamente se encuentra el mapeo de valor con un 17.50%, aunque su principal objetivo es la identificación de las actividades que no agregan valor al proceso.

El 12.50% utiliza el ciclo PDCA, que es el círculo de Deming o de mejora continua. Se utilizan las hojas A3 que tienen como base el ciclo PDCA y el principal objetivo de las hojas A3 es la de dar solución a las pérdidas además de mejorar los procesos.

## Conclusiones capitulares

- Los mandos altos e intermedios de las microempresas constructoras han escuchado el término *Lean*, sin embargo, desconocen qué es la filosofía *Lean*, así como sus alcances.
- En la mayoría de las microempresas constructoras no se utiliza la filosofía *Lean Construction*.
- A los mandos altos e intermedios les motiva la implementación de *Lean Construction* en las microempresas que laboran, pero no realizan la implementación porque no saben cómo implementarlo y creen que requieren a un experto en el tema *Lean Construction*.
- La mayoría de los expertos *Lean*, afirman que se puede implementar *Lean Construction* sin contratar a una empresa externa.
- La principal barrera para la implementación *Lean Construction* es la resistencia al cambio.
- De acuerdo con los expertos *Lean*, con la implementación de *Lean Construction* existe una disminución de pérdidas y la satisfacción del cliente es mayor.
- El 92.30% de los mandos altos e intermedios de las microempresas afirmaron que sí utilizarían la metodología *Lean Construction* que se propondrá para las microempresas.

## CAPÍTULO 5.- METODOLOGÍA SUGERIDA

En el presente capítulo se presenta la propuesta de una metodología para implementar *Lean Construction* en microempresas constructoras, esta propuesta tiene como base la teoría que se presentó en los capítulos previos, así como la parte fundamental que es el estudio de campo basado en entrevistas a microempresas y a expertos en el tema *Lean Construction*.

México es un país que necesita un desarrollo en su infraestructura, y debe optimizar su competitividad en la industria de la construcción para poder innovar y competir con otros países que tienen una mejor gestión de la construcción.

Más del 50% de las empresas constructoras en México, son microempresas, es por esta razón que se le debe prestar mayor atención a este sector de la industria de la construcción, se deben formar equipos de trabajo multidisciplinarios para la implementación *Lean*.

El objetivo de esta metodología es la propuesta de una herramienta para las microempresas constructoras para lograr un cambio medible en los proyectos de construcción a través de una mejora continua y la implementación de la filosofía *Lean* en los proyectos.

Esta metodología induce a un trabajo colaborativo entre todas las partes involucradas en el proyecto para el beneficio del cliente y de la empresa constructora, con la optimización de los recursos disponibles en la obra y la reducción de las distintas pérdidas que se llegan a presentar durante el plazo de la obra.

Este capítulo detalla la metodología sugerida para las microempresas constructoras. Esta metodología se desarrolló con base a los principios de la teoría *Lean* y *Lean Construction* y con los resultados obtenidos en las entrevistas a especialistas en el tema *Lean Construction*; se pudieron obtener datos como las herramientas principales y las herramientas sugeridas para microempresas constructoras.

*Lean* y *Lean Construction* son temas muy amplios y aunque ambas filosofías comparten el mismo principio, la realidad es que ambas difieren por el tipo de procesos que realiza una industria y otra.

*Lean Construction* es un tema relativamente nuevo y poco estudiado en México, aun para las empresas de gran tamaño, esto de acuerdo con la investigación realizada.

Por lo que se elabora y se sugiere una metodología *Lean Construction* para microempresas, se orienta con el conocimiento y entendimiento de la filosofía, con esta metodología las microempresas serán capaces de realizar la implementación *Lean*

*Construction* de manera sencilla y eficiente, sin necesidad de contar con un asesor externo.

Se detallan las herramientas más adecuadas para la reducción de pérdidas y desperdicios y así lograr la implementación en microempresas constructoras.

### **5.1 Consideraciones generales**

Para la metodología sugerida, se enfatizó en la identificación de pérdidas en la construcción, además de la designación de los recursos necesarios para la ejecución de las actividades que conforman el proyecto ejecutivo. Se realiza una medición al proyecto para verificar su estado actual e ir evaluado su proceso de mejora.

De igual manera se hace énfasis en el análisis y determinación de las pérdidas, así como su solución, eliminación o reducción, además de su medición.

Se hace una revisión al programa de obra y se realiza la implementación de la herramienta *Last Planner System*, la cual consiste en realizar una programación más real en la que se realiza juntamente con los involucrados.

### **5.2 Metodología sugerida**

La metodología *Lean Construction* propuesta para las microempresas constructoras, se presenta de manera sencilla y gráfica en el siguiente diagrama de flujo:

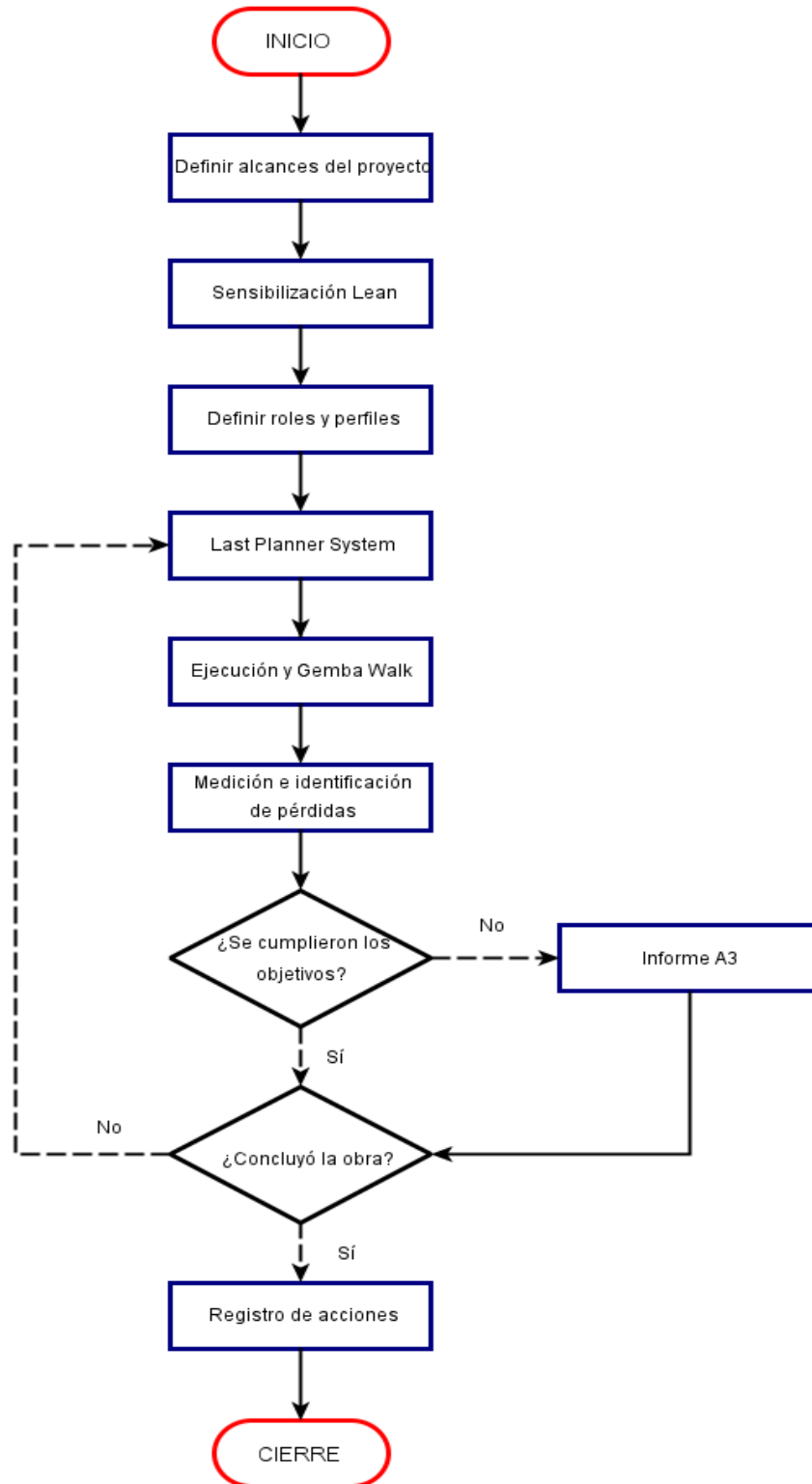


Diagrama 1. Metodología propuesta  
Elaboración propia.

La metodología propuesta cuenta con 7 procesos principales, que deben seguirse de manera secuencial, para su correcto funcionamiento:

- 1 Definir alcances del proyecto.
- 2 Sensibilización *Lean*.
- 3 Definir roles y perfiles.
- 4 *Last Planner System*.
- 5 Ejecución y *Gemba Walk*.
- 6 Medición e identificación de pérdidas.
- 7 Registro de acciones.

Existe un proceso adicional, que se utiliza como acción de mejora con el objetivo de cumplir con la programación realizada:

- 8 Informe A3.

Después de los primeros 6 procesos, se debe realizar una pregunta:

- ¿Se cumplieron los objetivos?

Si la respuesta es: Sí; entonces se procede a la elaboración de la segunda pregunta:

- ¿Concluyó la obra?

Si la respuesta es: Sí; entonces se continúa con el proceso 7 para después finalizar con el cierre.

Si la respuesta a la primera pregunta es: No; entonces se procede con la ejecución del proceso 8, en el que se elabora un plan para cumplir con los objetivos.

Después de realizar el proceso 8, se responde a la segunda pregunta y si la respuesta es: Sí, se realiza el proceso 7 que es registrar las acciones para después finalizar con el cierre.



Y si la respuesta es: No, entonces se debe realizar un ciclo y es empezar de manera repetitiva desde el proceso 4, que es *Last Planner System* hasta concluir con el cierre.

Cada uno de los procesos se explica a continuación:

### **5.2.1 Definir alcances del proyecto**

El primer proceso es la descripción detallada de la obra. El contrato de obra es un documento que nos sirve para definir los alcances de la obra, en el que las partes interesadas están en común acuerdo.

La metodología sugerida puede emplearse aún si no se cuenta con un contrato de obra, pero lo ideal es tener por escrito, el alcance del proyecto.

Se debe contar con el proyecto ejecutivo completo, para la correcta planeación, programación y presupuestación de la obra.

Con más información, la planeación de la obra será más certera. Es importante tener los planos de todas las ingenierías, planos de topografía, matrices de precios unitarios, si es que en su caso aplica, así como las memorias descriptivas y de cálculo de las ingenierías.

Conocer el proceso constructivo a emplearse, así como contar con la experiencia en la realización, para la correcta ejecución de los trabajos. De ser posible detallar el proceso por escrito y hacer un checklist de los insumos requeridos para las actividades.

Se sugiere realizar al menos una visita previa, al sitio de los trabajos para visualizar las condiciones reales en que se encuentra el lugar donde se realizará la obra, además de otros aspectos técnicos como saber si hay proveedores de los insumos que se requieren para la obra, si existe mano de obra calificada para la realización de los trabajos.

Con la visita al sitio de los trabajos se puede realizar una mejor planeación de la obra, lo que ayuda a la correcta programación de la obra.

Dentro de los alcances del proyecto, se encuentra el catálogo de conceptos y el programa de obra. Estos documentos son necesarios para la implementación de la filosofía *Lean*, ya que, si no contamos con ellos, no se puede continuar con la metodología para microempresas constructoras.

En la metodología sugerida, la microempresa constructora debe realizar el programa de obra, conociendo las necesidades del cliente y de la obra misma. Se debe de tomar en cuenta la satisfacción y los requerimientos del cliente.

La programación de la obra se debe realizar tomando como base las observaciones del cliente y se debe conocer qué es lo importante y lo que es de valor para él.

El catálogo de conceptos se sugiere lo realice la empresa constructora, pero de no ser posible, se deben de aclarar todas las dudas que surjan respecto a este, con el cliente, con el objetivo que éste resulte ser lo más claro posible.

### **5.2.2 Sensibilización *Lean***

La sensibilización *Lean* se realiza con todo el personal de obra, en el que se incluyen a los supervisores, superintendentes, residentes, cabos, oficiales de todas las especialidades, ayudantes, peones, contratistas, directivos, así como las personas encargadas de la planeación y programación de la obra.

Esta sensibilización se divide en dos grupos:

1. Mandos intermedios y altos.
2. Personal operativo.

La diferencia entre las dos sesiones para la sensibilización radica en el lenguaje y los ejemplos que serán utilizados en las sesiones.

Para el primer grupo se utiliza un lenguaje técnico y para el segundo grupo se utiliza un lenguaje más coloquial en que todos los asistentes logren comprender los términos y la filosofía, de igual manera para el primer grupo se utilizan ejemplos técnicos en el que los casos de éxito se reflejen en el presupuesto y el programa de obra, y para el personal operativo se utilizan ejemplos que tengan que ver con las actividades que ellos realizan día con día y enfatizando en las mejoras que se reflejarán dentro de la obra.

La duración de estas sesiones depende del nivel de avance de los grupos.

La sensibilización *Lean Construction* la realiza y la imparte el facilitador *Lean*, que es un facilitador interno de la microempresa constructora. Las características y funciones del facilitador *Lean* se pueden consultar en el punto 5.2.3 de la presente metodología.

En esta sensibilización o capacitación *Lean*, se explica qué es y en qué consiste la filosofía *Lean*.

Se describen los conceptos básicos *Lean* como: ¿qué es una pérdida?, tipos de pérdida, además se explica cómo un concepto se divide en actividad contributiva, no contributiva y productiva.

Además, se realiza una pequeña comparación entre la construcción tradicional y la construcción *Lean*. Se exponen las ventajas de la implementación de esta filosofía.

Al final de la sensibilización se realiza un cuestionario a todos los participantes, para comprobar que hayan entendido los principios básicos de la filosofía *Lean Construction*.

Posteriormente se explica sobre la herramienta 5s, y se comienza con la implementación de esta herramienta.

Se sugiere que se comience con el almacén de materiales y herramientas, y sucesivamente con la oficina y el lugar de trabajo.

Para la implementación de esta herramienta se pueden utilizar materiales visuales como cintas de colores, papel de colores para carteles visuales, etc.

Cuando se integre personal nuevo a la obra, se debe realizar el mismo procedimiento y la misma capacitación, para que éste, esté familiarizado con la filosofía y los conceptos que involucran.



Imagen 1. Implementación de 5s en la obra  
Fotografía: *Lean Management*, Juan Felipe Pons Achell

### 5.2.3 Definir roles y perfiles

Es de suma importancia que los altos mandos de la empresa, y de ser posible los socios y dueños creen y confíen en esta filosofía.

Para una exitosa implementación, primeramente, son los altos mandos quienes deben estar la de acuerdo con la implementación de esta filosofía para los trabajos contratados.

La implementación puede realizarse sin la aprobación de los altos mandos, y no significa que ésta fracase, pero sí será mucho más difícil su implementación y su éxito.

Para la implementación *Lean* se sugiere que por parte de la empresa constructora se seleccione a un facilitador, que es la persona que estará a cargo de la implementación, el seguimiento y la medición *Lean*.

Las características del facilitador deben ser:

- Experiencia en obra y conocimientos de los procesos constructivos que se emplearán durante el proyecto.
- Conocimientos de planeación, programación y presupuestación de obra.
- Capacidad de toma de decisiones.
- Liderazgo.
- Honesto.
- Contar con facilidad de palabra.
- Conocimientos básicos de la filosofía y herramientas *Lean*.

El facilitador puede ser una persona que haya trabajado como residente de obra en otro proyecto, debe de quedar claro que en este proyecto su cargo no será de residente de obra, sino como un facilitador *Lean*, y debe de cumplir con las características anteriores, señalando que no necesariamente debe ser un experto en el tema *Lean Construction*, porque por lo general, la mayoría de microempresas no cuentan con personal con esta característica; por lo que se sugiere que en vez de ser un experto *Lean*, que este sería el estado ideal, sea una persona en la que se realice una inversión para una capacitación en

la filosofía *Lean Construction* y de no ser posible realizar esta inversión, se recomienda estudiar los capítulos 1 y 3 del presente trabajo de investigación.

Para la implementación *Lean* no se requiere que el facilitador esté certificado, es suficiente que cuente con los conocimientos de la filosofía y de las herramientas *Lean*.

Las funciones del facilitador *Lean* son:

- Implementar la filosofía *Lean*.
- Coordinar al equipo involucrado.
- Ser el moderador en las reuniones.
- Realizar el seguimiento y las mediciones de la implementación.
- Reprogramar la obra de acuerdo con los objetivos establecidos y obtenidos.
- Buscar la mejora continua en el proyecto.

Las funciones del facilitador son relativamente pocas para la implementación *Lean*, pero la más complicada es buscar la mejora continua en el proyecto porque requiere de un poco de experiencia, pero gradualmente se puede mejorar.

En el periodo que se lleve a cabo esta metodología sugerida para microempresas constructoras, se realizarán reuniones semanales y pueden agregarse más de acuerdo con el avance y a las necesidades del proyecto.

En estas reuniones deben estar presentes el facilitador *Lean*, los encargados directos de los trabajos involucrados como residentes de obra, cabos y oficiales. Además, se debe incluir en estas reuniones al personal encargado de la verificación de las condiciones óptimas de la obra como el segurista, el de medio ambiente, etc.

Y como sugerencia, los supervisores de los trabajos involucrados también deben estar presentes en las reuniones.

#### **5.2.4 Last Planner System**

En este proceso de la metodología se utilizará la herramienta *Last Planner System*, la cual se abordó en el capítulo 3.

Para esta herramienta, se realiza una reunión con los involucrados en el punto 5.2.3.

Todos participan para realizar la programación maestra, en el que se programa comenzando con la última actividad de la obra, fijando la fecha límite, hasta llegar a la primera actividad.

Para la programación maestra se requiere de un tablero dividido en días o semanas, dependiendo de la duración del proyecto, a cada contratista se le asigna un color de hojas para que las coloque en el tablero con la duración de sus actividades.

En cada hoja de color, se escribe el nombre de la subcontratista, la actividad y qué actividad precede a ésta.

Al final, se obtiene una programación integrada, en el que todos están de acuerdo y es una programación más real, la cual refleja lo que se deberá hacer.

Con la programación inicial o maestra, se realiza la programación intermedia con una proyección a 4 semanas, esta duración puede variar de acuerdo con las necesidades del proyecto y está sujeta a sufrir modificaciones con base en el criterio del facilitador *Lean*, con una variación de 4 a 6 semanas.

Esta programación se realiza de manera similar a la programación maestra, con un tablero y hojas de colores para cada subcontratista, la diferencia es que se revisa lo que se hará en las próximas 4 semanas y además en las hojas de colores se anota el nombre de la subcontratista, y previamente se analizan las restricciones para realizar esta actividad, las cuales también se anotarán en la hoja.

Una restricción no es una actividad que precede a ésta, para determinar una restricción es necesario realizar una evaluación si se cuenta con los materiales, el personal, la liberación de áreas, etcétera, para llevar a cabo la actividad.

En la tarjeta de color se anota la restricción y el nombre del responsable de redimir la restricción, para la ejecución de la actividad.

Posteriormente se realiza la programación semanal y se sugiere se realicen al término de ésta, por ejemplo, el viernes, día en que se encuentran todos los involucrados. En estas

reuniones, se realiza la programación semanal siguiente, en el que todos emiten su opinión.

Se revisa la programación intermedia y se decide qué es lo que se puede hacer, considerando que las restricciones previstas, ya se encuentren liberadas para la ejecución de la actividad.

De igual forma con el tablero y las hojas de colores, se realiza la programación, la diferencia es que en las hojas de colores se anota el nombre de la subcontratista y el número de personas que realizarán la actividad.

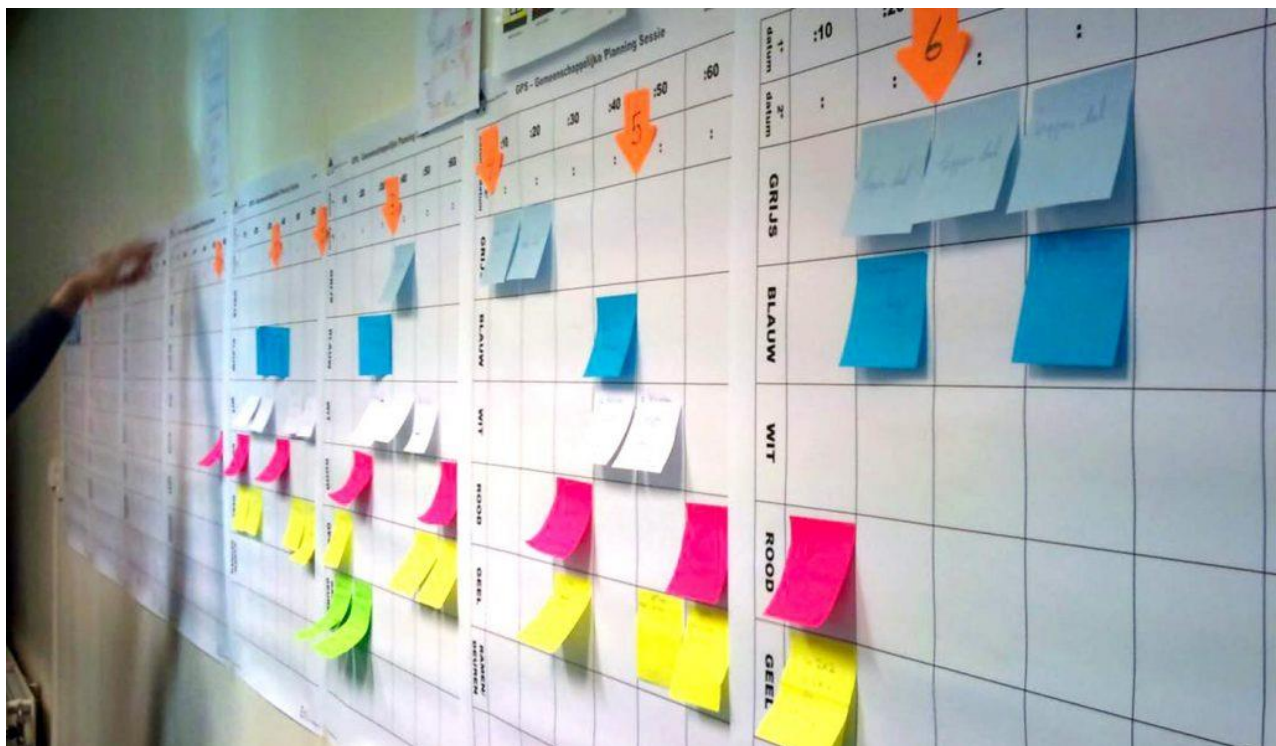


Imagen 2. Tablero *Last Planner System*  
Fotografía: Casa Lean, casalean.com.mx

### 5.2.5 Ejecución y *Gemba Walk*

Una vez que se realizó la implementación del *Last Planner System*, se procede a la ejecución de los trabajos de acuerdo con el proceso constructivo correspondiente y con la programación realizada.

Para la ejecución de los trabajos se deben considerar los conceptos estudiados en la sensibilización *Lean*, y así evitar desperdicios por parte de todos los involucrados, además se deben cumplir los objetivos establecidos en la programación *Last Planner System*.

Durante la ejecución de los trabajos, el facilitador *Lean* debe realizar recorridos a la obra 2 – 3 veces por semana, conocidos como *Gemba Walk*, herramienta que se estudió en el capítulo 3.

La observación durante la ejecución de los trabajos es de suma importancia, y se debe llevar a cabo un registro de las observaciones realizadas, para su posterior análisis.

La gestión visual es muy importante para la implementación *Lean*, porque facilita el entendimiento y la obra está mejor organizada. Esta implementación visual se realiza con la creatividad del facilitador *Lean* y por supuesto que con sugerencias que realice todo el equipo de trabajo; por ejemplo, dependiendo del tipo de obra, en una edificación en la impresión de croquis, para facilitar el trabajo se pueden marcar con colores y se le asigna un nombre a cada área, y en cada área física, se coloca una hoja con este color, para que los encargados de los trabajos se guíen con las mismas.

Se sugiere añadir contenedores para basura, para que la obra esté ordenada y limpia, se debe siempre utilizar la herramienta 5s.

Además, diario y a primera hora del día se sugiere se realicen reuniones de pie diarias, las cuales consisten en revisar los avances del día de ayer y los compromisos del día de hoy, se abordan algunos problemas observados en el *Gemba Walk* y se realizan sugerencias de solución y mejora.

Estas reuniones diarias, deben tener una duración aproximada de 10 minutos, y se realizan con todos los involucrados en las actividades.



### **5.2.6 Medición e identificación de pérdidas**

El facilitador *Lean* debe realizar una medición de la programación realizada para esa semana y verificar su cumplimiento. El facilitador calcula el PAC, y al término de la semana, puede ser el sábado, se realiza la reunión semanal en la que asisten todos los involucrados en el punto 5.2.3 y se exponen los resultados obtenidos.

Se revisa el PAC, y se realiza la identificación de las pérdidas de esa semana en la obra. El facilitador *Lean* emite comentarios sobre lo que observó en la semana sobre las pérdidas y todos los participantes deben señalar al menos una pérdida y ésta puede ser alguna que el facilitador enlistó o puede ser otra diferente.

En este proceso se identifican las familias de las pérdidas, más no las causas raíz de estas, ya que este procedimiento se realizará en el proceso 5.2.7.

El facilitador realiza un conteo sobre las pérdidas y se propone el uso del diagrama de Pareto como herramienta visual para contabilizar las pérdidas.

Con el diagrama de Pareto las pérdidas se clasifican por su frecuencia y por el impacto que éstas afectan a los objetivos propuestos que es la programación realizada.

### **5.2.7 Informe A3**

El informe A3 sirve para dar solución a los problemas presentados, en este caso a las pérdidas identificadas.

Una vez identificadas las pérdidas, se seleccionan las que con mayor frecuencia se presentan y las que más afectan al cumplimiento de nuestra programación realizada.

El informe A3 se realiza con la participación de todos los involucrados en las actividades que se ejecutaron durante la semana; éste debe ser de un tamaño considerable para que todos puedan apreciarlo.

Para la identificación de las causas raíz del problema, se propone el uso de la herramienta 5 por qué de Toyota y el diagrama de Ishikawa. La elección de la herramienta para la identificación de las pérdidas depende si:

1. Son varias causas, se utiliza el diagrama de Ishikawa.

2. Si se infiere que el problema se debe a una única causa, se utiliza 5 por qué de Toyota.

Una vez identificadas las causas raíz del problema, se procede a la elaboración del informe A3. Se establecen los objetivos a mejorar y se realiza un plan de acción, y en este apartado es importante señalar al responsable, para que éste se involucre y de cierta manera se vea comprometido con las medidas propuestas.

### **5.2.8 Registro de acciones**

Con este proceso, concluye la metodología *Lean Construction* para microempresas constructoras.

Este último proceso es de suma importancia porque nos sirve para implementaciones futuras, para tener un registro de lo que se ha llevado a cabo y poder aprender de lo realizado y su principal función es para realizar una mejora continua.

El registro de acciones se debe de documentar preferentemente de manera electrónica para guardarlo en la nube, y así evitar pérdida de información. La información debe ser de fácil acceso para los mandos intermedios y altos, para que se pueda utilizar en cualquier momento que deseen.

En este registro se documentan las pérdidas presentadas en este proyecto, sus causas raíz, el porcentaje de incurrencia y las acciones que se llevaron a cabo, tanto preventivas como correctivas, así como notas sobre el éxito de las acciones tomadas.

También se deben incluir otros factores como la aceptación del personal respecto a esta filosofía, y el nivel de cumplimiento de los objetivos.

Y se anexa el cambio que se realizó, se compara el antes de la implementación de la filosofía con los avances que se presentaron posteriormente a su implementación.

Se mide el nivel de satisfacción del cliente con un sencillo cuestionario, el cual también se documenta, el cuestionario incluye preguntas sencillas y puntuales como: el cumplimiento de los trabajos ejecutados en el tiempo pactado, costos de los trabajos, satisfacción del cliente por los trabajos ejecutados, etc.

El aprendizaje y la mejora continua en este proceso es uno de los principales beneficios de llevar a cabo el registro de acciones.

### **Conclusiones capitulares**

- La propuesta de la metodología es sencilla de seguir, ya que no cuenta con muchas fases.
- Una parte fundamental para la implementación de *Lean Construction* es la sensibilización, en la que todas las personas deben participar, desde mandos operativos hasta altos mandos.
- En la propuesta de la metodología se proponen herramientas sencillas y de fácil entendimiento para personas a todos los niveles y que no cuentan con experiencia en el tema *Lean*.
- No se requiere destinar gran recurso monetario con la metodología propuesta, y los beneficios que se obtendrán son grandes.
- Con esta propuesta metodológica se focaliza en escoger a una persona que será el facilitador *Lean* y tendrá como función la implementación de la filosofía *Lean Construction*.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

### Conclusiones:

Con base al presente trabajo de investigación y a la filosofía *Lean Construction*, así como las entrevistas realizadas y a la metodología para microempresas constructoras se elaboran las siguientes conclusiones:

### De las hipótesis formuladas:

- Las microempresas constructoras en México desconocen la filosofía *Lean Construction*, así como sus alcances:

Esta hipótesis se comprueba, de acuerdo con los resultados obtenidos en la entrevista 1. La mayoría ha escuchado sobre *Lean Construction*, pero en realidad no saben en qué consiste la filosofía *Lean*, y no conocen los alcances y beneficios que pueden obtener con su implementación.

- Las microempresas constructoras en México no han implementado *Lean*, debido a que no saben cómo implementarlo.:

Se confirma esta hipótesis con las respuestas obtenidas en la entrevista 1, en la que después de una breve explicación sobre qué es la filosofía *Lean*, así como las mejoras que se pueden conseguir, los participantes manifiestan que están interesados en la implementación *Lean Construction*, y a pesar de que la mayoría, ha oído el término *Lean Construction*, no han realizado su implementación debido a que no saben cómo.

Además, declaran que si existiera una metodología *Lean* para microempresas constructoras, la utilizarían, por lo que, con la metodología propuesta, las microempresas constructoras en México, que son el 60.73% de las empresas constructoras, se verán beneficiadas con la metodología propuesta.

- Empleando la filosofía *Lean Construction*, se reducen los costos y tiempos de una obra:

Esta hipótesis se comprueba con la recopilación bibliográfica en la que se describen los costos de calidad pobre debido a las pérdidas.

La filosofía *Lean Construction* tiene por objeto la identificación de las pérdidas o desperdicios, y generando un flujo de trabajo constante, así como el de maximizar el valor que el cliente designa, aunado que con el uso de las herramientas *Lean*, los costos y tiempos de ejecución de los trabajos se reducen como consecuencia de la implementación *Lean*, esto de acuerdo con los resultados obtenidos de la entrevista realizada a los expertos en el tema *Lean Construction*.

- Aplicando la metodología en microempresas con las herramientas más adecuadas de *Lean Construction*, el tiempo de ejecución de los trabajos y el presupuesto de la obra disminuyen considerablemente:

Esta hipótesis se comprueba, de acuerdo con los resultados obtenidos en la entrevista a especialistas *Lean*, y al *benchmarking* realizado en la misma, se propone una metodología para microempresas constructoras, en la que se proponen 8 procesos dentro de los cuales, el uso de herramientas de fácil entendimiento aplicación son indispensables para la elaboración de la metodología.

### **De las entrevistas realizadas:**

Se realizaron 2 entrevistas diferentes, la primera fue enfocada a personas que son mandos intermedios y mandos altos que laboran en microempresas constructoras, de la cual se concluye lo siguiente:

- El 76.90% han escuchado la terminología *Lean Construction*, pero únicamente el 19.20% sabe qué es *Lean*. Y sólo un 15.40% realiza la implementación en la empresa que labora.
- Al 92.30% le motiva realizar una implementación *Lean* y el 46.20% afirma que no sabe cómo implementarlo, mientras que un 38.50% tiene la idea que se necesita de un experto en el tema *Lean Construction*.
- El 92.30% expresa que realizaría la implementación *Lean Construction* con el apoyo de una metodología gratuita

La entrevista número 2 fue realizada a expertos en el tema y que actualmente implementan *Lean Construction*. De esta entrevista se concluye lo siguiente:

- La capacitación *Lean* requiere recurso monetario, pero si se calcula el porcentaje de indirectos que involucra la capacitación *Lean*, en realidad es un porcentaje muy bajo, que puede ser solventado por la empresa, y debe verse más como una inversión y que no sólo servirá para esta única obra, sino también para obras futuras.
- El 45.00% de los entrevistados tiene un tiempo de implementación mayor a 4 años y el 12.50% ha estado implementando esta filosofía por más de 10 años, por lo que se considera una buena y confiable fuente de información, con personas que tienen bastante tiempo implementando esta filosofía, así como la de realizando una mejora continua en las obras de construcción.
- El 77.50% afirma que se puede realizar una implementación *Lean Construction* sin necesidad de contar con asesores externos, expertos en el tema *Lean*, esto significa que no se requiere destinar recurso monetario adicional al presupuesto de la obra, y es posible capacitar a una persona que labora y sea parte de la empresa constructora, para que funcione como facilitador *Lean*, sólo debe cumplir con una serie de características que son descritas en el capítulo 5 de la presente investigación.
- Existen herramientas que son apropiadas para las microempresas que pretenden implementar la filosofía *Lean* en la construcción, porque no se necesita alto grado de conocimiento por parte de los involucrados, respecto a la filosofía *Lean*. Las 5 herramientas sugeridas son: *Last Planner System*, 5s, mapeo de valor, 5 por qué y diagrama de Ishikawa, de las cuáles, 4 se presentan en la metodología propuesta.
- El 87.50% afirma que con la implementación *Lean* notó una disminución de pérdidas, el 65.00% notó que el tiempo de entrega de la obra fue menor y el 62.50% una mayor satisfacción por parte del cliente; estos puntos son ventajas de la implementación *Lean* y son ventajas que están descritas en las fuentes bibliográficas y que terminan por confirmarse con la entrevista realizada.

#### **De la metodología propuesta:**

- Antes de comenzar la implementación *Lean Construction*, la empresa constructora debe seleccionar cuidadosamente a una persona que fungirá como el facilitador

*Lean* a lo largo de toda la obra. Las características que debe tener este facilitador son mencionadas en la propuesta metodológica en el capítulo 5 del presente trabajo de investigación.

- Posteriormente a la selección del facilitador, se propone que el facilitador *Lean* ingrese a un curso de capacitación en la metodología *Lean*, y de no ser así, se plantea la opción que el facilitador estudie los capítulos previos de la presente investigación.
- Es de suma importancia que el facilitador *Lean* comprenda la terminología, así como los puntos básicos de la filosofía para la correcta implementación.
- Los altos mandos y los dueños de la empresa constructora deben estar convencidos del uso de la filosofía, para que la implementación tenga mayor éxito.
- Para medir el cambio con la implementación *Lean Construction* se requiere realizar una evaluación previa a la empresa, ésta puede ser mediante un análisis FODA, y posteriormente a la implementación se realiza otro análisis para comparar los resultados obtenidos con la implementación *Lean*.
- La creatividad influye mucho en la gestión visual, para la implementación de herramientas *Lean*.
- Entre más completo tengamos la documentación de la obra, previo a la implementación *Lean*, como contrato, proyecto ejecutivo, programa de obra, entre otros, la implementación será más fácil, ya que la obra tendrá menos cambios a lo largo del ciclo del proyecto.
- La herramienta *Last Planner System* puede ser implementada únicamente con las actividades que son parte de la ruta crítica o bien en todas las actividades que conforman el proyecto.
- El tomar en cuenta la opinión de cualquier persona, sin importar su puesto de trabajo, sirve para mejorar la implementación *Lean Construction*.
- Lo más difícil de la implementación *Lean Construction* son las ideas y costumbres que tenemos arraigadas, así como los paradigmas plantados. Es cierto que se debe realizar un cambio cultural, pero con tiempo y dedicación, y al ir notando los cambios, esta problemática va disminuyendo.

- Para lograr el éxito de la metodología propuesta, se deben seguir todos los procesos mencionados y se debe considerar que, para lograr un gran cambio con la metodología, se requiere de tiempo, pero los beneficios y ventajas expuestas en los capítulos previos del mismo trabajo de investigación, se verán reflejados con la implementación.

### **Recomendaciones:**

#### **Para futuras investigaciones:**

- Se recomienda probar la efectividad de la presente metodología para microempresas constructoras, y de ser posible cuantificar los porcentajes de pérdidas ahorradas con el uso de la presente metodología.
- Se recomienda profundizar en el tema *Lean Construction* en las microempresas constructoras, sobre todo en la parte de sensibilización hacia el personal, ya que las microempresas son las más vulnerables y las que necesitan de un mayor cambio.
- Constatar la compatibilidad entre el PMBok y la filosofía *Lean Construction*.
- Realizar estudios estadísticos sobre la implementación *Lean Construction* en México, como porcentaje de empresas que utilizan la filosofía, pérdidas identificadas en la construcción, herramientas más usadas, beneficios obtenidos, entre otros.

#### **Para las empresas constructoras:**

- Se recomienda integrar un departamento nuevo, dentro de la empresa que sea exclusivamente para la implementación *Lean*.
- Realizar capacitaciones *Lean* periódicas, con la ayuda de alguna institución o con algún experto en la materia, ya que cada día se cuenta con más información y es un tema que ha ido evolucionando.



- Integrar a los que conforman la cadena de suministro dentro del ámbito *Lean*, como a los proveedores, transportistas, clientes, entre otros, para formar un grupo colaborativo *Lean* mucho más amplio el cual traerá muchos ventajas y beneficios.

## APÉNDICES

### Apéndice 1 Diagnóstico de microempresas constructoras

<b>Instrucciones: Marque con una X su respuesta.</b>	
<b>1. ¿Cuántas personas laboran en la empresa que trabajas?</b>	
De 1 a 10	
De 10 a 20	
De 20 a 30	
Más de 30	
<b>2. ¿Qué puesto tienes en la empresa que laboras?</b>	
Dueño / Socio	
Director / Gerente	
Superintendente / Residente	
Área técnica / Administrativa	
<b>3. ¿Has escuchado sobre Lean Construction?</b>	
Sí	
No	
<b>4. ¿Qué es lo que sabes sobre Lean Construction?</b>	
Es una herramienta para reducir costos y tiempos en una obra	
Es Just in time	
Es una herramienta de la planeación	

Es una filosofía para la identificación de pérdidas	
Es un conjunto de normas internacionales para la construcción	
No lo sé	
<b>5. Lean Construction es una filosofía para la identificación y reducción de pérdidas con el objetivo de maximizar el valor de la obra. Además, los costos de construcción disminuyen, por lo que la utilidad aumenta, la satisfacción del cliente es mayor, el tiempo de entrega de la obra es menor, entre otras ventajas; ¿estas ventajas descritas te motivan a querer implementar Lean Construction?</b>	
Sí	
No	
Tal vez	
<b>6. En la empresa que laboras, ¿utilizan la filosofía Lean Construction?</b>	
Sí	
No	
No estoy seguro	
<b>7. ¿Qué barreras te han limitado para la implementación de Lean Construction? (Puedes seleccionar más de 1 opción)</b>	
No sabía que era Lean Construction	
No sé cómo implementarlo	
Es costoso	
Requiero de un experto en Lean Construction	
No quiero implementarlo	
<b>8. Si existiera una guía o metodología gratuita para la implementación de Lean Construction y que, con el simple hecho de leerla, pudieras implementar Lean Construction, ¿la usarías?</b>	
Sí	
No	
Tal vez	

## Apéndice 2 Análisis cualitativo a expertos en *Lean*

<b>Instrucciones: Marque con una X su respuesta o en su caso escriba su respuesta.</b>	
<b>1. ¿Qué tiempo llevas implementando Lean Construction?</b>	
Menos de 1 año	
De 1 a 2 años	
De 2 a 4 años	
De 4 a 6 años	
De 6 a 10 años	
Más de 10 años	
<b>2. ¿Cómo fue que empezaste a implementar Lean Construction?</b>	
<b>3. ¿Es posible implementar Lean Construction, sin necesidad de contratar a una empresa externa / outsourcing?</b>	
Sí	
No	
<b>4. ¿Qué características debe tener un facilitador Lean Construction? (Puedes seleccionar más de 1 respuesta)</b>	
Honesto	
Líder	
Con conocimientos Lean	
Experiencia en obra	
Capacidad de toma de decisiones	
Tener más de 30 años de edad	
Trabajo bajo presión	
Conocimientos en planeación de obra	
Conocimientos en programación de obra	
Facilidad de palabra	
Carismático	
Tener amplia experiencia en Lean	
Otra	

<b>5. ¿Cómo realizas una capacitación / inducción Lean? (Puedes marcar más de 1 opción)</b>	
Explico los conceptos básicos Lean a todo el personal	
Requiero hacer un examen al personal, posterior a la inducción Lean	
Requiero de una big room	
La inducción la realizo a lo largo de todo 1 día	
Expongo ejemplos de Lean Construction y sus ventajas	
Otra	
<b>6. ¿La capacitación / inducción Lean es igual para mandos operativos? ¿Por qué?</b>	
<b>7. ¿Consideras que la implementación Lean es costosa? ¿Por qué?</b>	
<b>8. ¿Qué dificultades tuviste con tus primeras implementaciones Lean, y cómo las superaste?</b>	
<b>9. ¿Qué cambios has notado con la implementación Lean? (Puedes seleccionar más de 1 opción)</b>	
Reducción del tiempo de entrega de la obra	
Reducción de pérdidas	
Mayor seguridad en la obra	
Mayor satisfacción del cliente	
Mejor ambiente laboral	
Otra	

<b>10. ¿Cómo mides tu mejora con el uso de Lean? Con alguna herramienta, a criterio, etc.</b>	
<b>11. ¿Qué herramientas sugieres a las microempresas con cero experiencia en Lean, que quieren implementar la filosofía? (Puedes seleccionar más de 1 opción)</b>	
Diagrama de Ishikawa	
Diagrama de Pareto	
Last Planner System	
5s	
5 por qué	
Gemba Walk	
Hoja A3	
Poka yoke	
Mapeo de Valor	
Carta balance	
Takt Time	
Otra	
<b>12. ¿Qué recomendaciones le das a las microempresas que quieren implementar Lean Construction y que no saben cómo hacerlo ni por dónde empezar?</b>	
<b>13. ¿Con qué puntos se debe contar antes de implementar Lean Construction a un proyecto? (Puedes seleccionar más de 1 opción)</b>	
Proyecto ejecutivo completo	
Presupuesto	
Catálogo de conceptos	
Programación de obra	
Conocimientos Lean Construction	
Certificación Lean Construction	
Contrato de obra	
Conocer los procedimientos constructivos a emplearse	

Otra	
<b>14. ¿Qué herramienta utilizas para la identificación de pérdidas? (Puedes seleccionar más de 1 opción)</b>	
Diagrama de Ishikawa	
5 por qué	
Histogramas	
Otra	
<b>15. Al término del proyecto, ¿sugieres realizar un registro de las acciones tomadas? ¿Por qué?</b>	
<b>16. ¿Con qué periodicidad realizas Gemba Walk?</b>	
Nunca	
1 a 2 veces por semana	
3 a 5 veces por semana	
Diario	
<b>17. Para la implementación de Last Planner, ¿seleccionas una partida crítica del presupuesto o lo implementas a todo el presupuesto?</b>	
Lo implemento en la partida crítica	
Lo implemento en todo el presupuesto	
Otra	
<b>18. ¿Qué herramienta utilizas para la mitigación y disminución de pérdidas?</b>	
<b>19. Si gustas, puede dejar comentarios adicionales sobre la implementación Lean</b>	

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- Alarcón Luis. (1997) “*Lean Construction*”.
- Centro de Excelencia en Gestión de la Producción GEPUC. (2016) “*Lean Construction: Manual práctico de herramientas de mejoramiento de construcción*”.
- Chiarini Andrea. (2012) “*Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*”.
- Dave Bhargav, Koskela Lauri, Kiviniemi Arto, Tzortzopoulos Patricia, Owen Robert. (2013) “*Implementing Lean in construction: Lean Construction and BIM*”.
- De las Nieves Sánchez Gabriel. (2003) “Técnicas participativas para la planeación”.
- Edwards Deming W. (1989) “Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis”.
- Forbes Lincoln H. & Ahmed Syed M. (2011) “*Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices*”.
- Gutiérrez Pulido Humberto. (2014) “Calidad total y productividad”
- Jones Daniel T. & Womack James P. (2003) “*Lean Thinking*”.
- *Lean Construction Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency*. (2013) McGraw Hill Construction
- Liker Jeffrey K. (2010) “*Las claves del éxito de Toyota*”
- O'Connor Richard & Swain Brian. (2013) “*Implementing Lean in Construction: Lean tools and techniques – an introduction*”.
- Pons Achell Juan Felipe. (2014) “*Introducción a Lean Construction*”.
- Suárez Barraza Manuel Francisco. (2007) “El kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total”
- Umstot Davida & Fauchier Dan. (2017) “*Lean Project delivery building championship project teams*”
- Womack James P., Jones Daniel T. & Roos Daniel. (1990) “*The machine that changed the world*”.

## Artículos

- AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 11 – No.1 (2014) ISSN: 1794-4953, Porras Díaz Hernán, Sánchez Rivera Omar Giovanni, Galvis Guerra José Alberto, “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”, 2014.
- Cámara Venezolana de la construcción, ISO 9000, Sistema de Gestión de la Calidad en empresas constructoras, Pérez Marcano Manuel, 2013.
- Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, boletín No. 12, abril 2011.
- Innovación e investigación en Ingeniería Civil, García Martínez Recaredo José, junio de 2016.
- *Lean Construction* en el Perú, Orihuela Pablo, 2011.
- Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 16, No. 30 pp. 115-128 ISSN 1692-3324, Rojas López Miguel David, Henao Grajales Mariana y Valencia Corrales María Elena, “*Lean Construction – LC* bajo pensamiento *Lean*”, enero-junio de 2017.
- Revista Universidad EAFIT, Botero Luis Fernando y Álvarez Villa Martha Eugenia, “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, 2003.
- Universidad Politécnica de Madrid, Álvarez Pérez, MA.; Soler-Severino, M.; Pellicer, E. (2019). “*An improvement in construction planning: Last Planner System. Building & Management*”, 2019.

## Tesis

- Angeli Gutiérrez Constanza Andrea. (2017) “Implementación del sistema *Last Planner* en edificación en altura en una empresa constructora: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel”, Santiago, Chile, Universidad Andrés Bello.
- Ballard Herman Glenn. (2000) “*The last planner of production control*”, Birmingham, Reino Unido, University of Birmingham.
- Bartolón Pérez Jonathan de Jesús. (2020) “Filosofía *Lean Construction* y su impacto en la implementación en el desarrollo de proyectos de edificación”, CDMX, UNAM.
- Castillo Maguiña Inés Rosa. (2014) “Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos *Lean* (LPDS)”, Lima, PUCP.
- Cisneros Vela Liliana Asenet. (2011) “Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción”, CDMX, UNAM.



- González Ayala Paulina. (2017) “Generación de un mapa sistémico para la aplicación de herramientas *Lean* en la construcción”, Zapopan, Jalisco, México, Universidad Panamericana.
- González Martínez Blanca. (2018) “Principios y herramientas para la administración del mejoramiento de la productividad en obras de edificación”, CDMX, UNAM.
- Guzmán Tejada Abner. (2014) “Aplicación de la filosofía *Lean Construction* en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos”, Lima, Perú, PUCP.
- Koskela Lauri. (1992) “*Application of the new production philosophy to construction*” *Technical report #72, Stanford, CIFE, Stanford University.*
- Miralles Llopis Alejandro. (2017) “Aplicación de herramientas enfocadas a la calidad bajo el enfoque *Lean Construction* en actividades de pavimentación”, Alicante, Universidad de Alicante.
- Valencia Rivera Jesús Bernardo. (2018) “Aplicación de *Lean Construction* al sector de la infraestructura vial en Colombia”, Bogotá D.C., Universidad de América.
- Villamizar Roa Diego Hernando y Ortiz Contreras Leidy Janeth. (2016) “Implementación de los principios de *Lean Construction* en la constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio de Villa del Rosario”, Bucaramanga, Colombia, Universidad de Santander.

#### **Páginas web**

- Instituto Mexicano de *Lean Construction* [www.lcimexico.org](http://www.lcimexico.org) , noviembre 2019.
- *Lean Construction Institute* [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org) , octubre 2019.
- *Lean Construction México* [www.leanconstructionmexico.com.mx](http://www.leanconstructionmexico.com.mx) , febrero 2020.
- *Producción Lean* [www.leanproduction.co](http://www.leanproduction.co) , abril 2015.