



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
CAMPO DE CONOCIMIENTO TECNOLOGÍA

*MODELO DE EFICIENCIA DE LOS PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO*

T E S I S

PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

Arq. Raúl Ayala Correa

TUTOR:

Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino  
Facultad de Arquitectura, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dr. Horacio Olmedo Canchola  
Facultad de Arquitectura, UNAM

Mtro. Arq. Francisco Reyna Gómez  
Facultad de Arquitectura, UNAM

Mtro. Pablo Luis Mendoza Medina  
Facultad de Ingeniería UNAM

Mtra. Elia Inés Luna Ceballos  
Facultad de Ingeniería UNAM

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, mayo 2022



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.



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 está 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.



UNAM  
POSGRADO  
Arquitectura



INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES  
HISTÓRICAS





# AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Programa de  
Maestría y Doctorado en Arquitectura.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada a  
través del Programa Nacional de Posgrados de Calidad.

A mi tutora, la Dra. Gemma Verduzco por su enseñanza, orientación  
y paciencia.

A mi familia por apoyarme y siempre estar cuando los necesito.

A mi esposa Germania y mis bebés por ser mi motor de vida.

# Contenido

Introducción	
I. Antecedentes .....	1
II. Marco teórico .....	10
III. Método .....	27
III.1 Identificación del Método .....	29
III.2 Método diagnostico diagnóstico .....	30
a. Selección del tamaño de la muestra .....	37
b. Correlación de variables .....	42
c. Instrumento de medición. ....	49
d. Validación del Instrumento de Medición. ....	55
IV. Modelo de Eficiencia y Reducción de Pérdidas.....	64
a. Etapa Inicio .....	68
b. Etapa Desarrollo .....	87
c. Etapa Cierre .....	94
V. Análisis y discusión de resultados y recomendaciones.....	99
Referencias.....	108
Glosario .....	111
Tabla de ilustraciones.....	113





## Introducción

La presente tesis es un material de consulta para el personal ejecutivo de las empresas de arquitectura en las etapas de planeación y construcción responsable de la programación de obra, con la finalidad de aplicar un Modelo de Eficiencia que les permita conceptualizar y analizar las actividades y trabajos a ejecutar de manera más eficiente, no como modelos de conversión (Materiales + M.O = Producto), sino como un nuevo modelo de producción que consta de procesos de conversiones y flujos, así como reducir las actividades que no agregan valor.

Las empresas constructoras presentan problemas de productividad y eficiencia, problemas que se reflejan en pérdidas que impactan directamente en los tiempos de ejecución, en los costos y en la calidad de ejecución de los proyectos.

Es necesario entonces, determinar la problemática que afecta a las empresas que tienen proyectos de construcción en la Ciudad de México, en función de las pérdidas y los retrasos en los diferentes programas de construcción, a través de la observación, la codificación de los análisis de tiempos y movimientos y de los diferentes procesos empleados en las industrias.

Este documento de investigación se dividió en cinco fases:

La primera fase está enfocada a establecer las principales causas que provocan la baja productividad y falta de eficiencia, se determinó realizar la investigación en las empresas constructoras de la ciudad de México dedicadas a construir vivienda

multifamiliar, debido a la amplia población demandante, ya que serán las que podrán beneficiarse de manera más directa.

En la segunda fase se determinó la población y el tamaño de la muestra donde se realizó la investigación, se diseñó el cuestionario seleccionando las preguntas adecuadas que permitan determinar los puntos críticos que afectan a las empresas constructoras.

Para la tercera fase se analizó la información recopilada, identificando los puntos importantes que dieron la pauta para el diseño de la propuesta del modelo de eficiencia.

Fase cuatro, se diseñó la propuesta del Modelo de eficiencia, dividiendo los proyectos en tres etapas: a) Inicio, b) Desarrollo y c) Cierre, esta división ayuda a establecer y agrupar los procesos críticos para atacarlos con las acciones, decisiones o herramientas pertinentes para su mejora. Posteriormente se realiza la propuesta formal de las acciones correctivas que se deben tomar por parte de las empresas y sus integrantes, estas acciones están basadas en la utilización de filosofías y herramientas enfocadas a la calidad y la productividad de la industria.

Por último en el capítulo cinco se presenta el análisis y discusión de los resultados, así como las recomendaciones derivadas de esta investigación.

## I. Antecedentes

El negocio de la construcción es uno de los mejor remunerados, pues suelen ser proyectos donde la utilidad es de 8% y hasta el 20% según sus dimensiones, características y montos contratados. Esta industria es uno de los sectores principales de la economía mexicana<sup>1</sup> y el más importante en cuanto a valor de mercado en toda América Latina.

La industria de la construcción es la única en donde los procesos se realizan en distintos sitios cada vez y para cada producto, con el propósito de sistematizarlos. Se debe analizar el sitio cada vez que se realiza un producto para establecer las condiciones y que sean muy similares, de esta manera podemos garantizar que los trabajos se ejecuten con la calidad esperada, reduciendo los desperdicios y generando la eficiencia programada.

Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente es otro principio fundamental.

Lo cual nos lleva a plantear los siguientes cuestionamientos:

¿Por qué hay retrasos y sobrecostos en las obras? ¿Qué es lo que hace los proyectos de construcción ineficientes?

---

<sup>1</sup> Datos disponibles en la página web de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción: “Diagnóstico del Sector de la Construcción y Propuestas para el Impulso de la Infraestructura en México”  
[https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/Documento\\_extenso\\_vfinal\\_191215.pdf](https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/Documento_extenso_vfinal_191215.pdf)

¿Es posible reducir los retrasos y sobrecostos en la obra enfocándose en una mejor planeación y programación de las actividades a realizar?

Al atraer una gran cantidad de inversión pública y privada, los proyectos de construcción de infraestructura son responsables de una significativa generación de empleos.

Con la demanda de insumos de otras industrias, la construcción también promueve la actividad económica de sectores conexos. Tal es así que, en 2020, este ramo contribuyó con alrededor del 6.3% del producto interno bruto (PIB) de México<sup>2</sup>. No obstante, la construcción ha sido considerada, por los inversionistas y el gobierno, un negocio de bajo índice productivo, en el que la mayoría de los casos presentan retrasos y aumento de costos, factores que se traducen en baja efectividad y eficiencia.

En 2013 la empresa consultora PwC (abreviatura de Price Waterhouse Coopers) en México en el marco de un evento denominado “Hacia la optimización de Proyectos de Construcción” realizó un estudio para determinar las principales causas que afectan la productividad de los Proyectos de Construcción en México.

En él se establece que la mayoría de los proyectos no cumplen los plazos de tiempo y costos estimados, debido a que no hacen uso de datos históricos para proyectar a futuro. Además, existen pocas empresas que usan metodologías apegadas a estándares

---

<sup>2</sup> Consultar publicación “Construcción” de la Organización Internacional del Trabajo: <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/construction/lang-es/index.htm>

internacionales. Obteniendo como resultado que la industria mexicana, la mayoría de las veces, no cumple sus objetivos.

**Los principales resultados son:**

- Sobrecosto y tiempo. Sólo uno de cada tres proyectos en México tiende a finalizar en presupuesto y tiempo.
- Falla de los proyectos por la falta de definición del alcance y planeación. Solo uno de cada tres empresas desarrolla planes de ejecución o dirección de sus proyectos. Tres de cada cuatro empresas no involucran a los interesados en las primeras fases de los proyectos ni se disponen de registros históricos para mejorar la planeación.
- 8% de las organizaciones realizan un análisis integral de riesgos de forma consistente en sus proyectos, por lo que la mayoría de los proyectos no tienen planes de contingencia necesarios para llevar los proyectos a buen término.
- En México se ponen en práctica muy pocas metodologías y son casi inexistentes las buenas prácticas que facilitan el entendimiento y la aplicación de la administración de proyectos.

Dentro de los datos investigados por PwC México está el porcentaje de sobrecostos. Según el análisis, 60% de las empresas sondeadas tuvieron sobrecostos de hasta el 50%; 32% dijo ceñirse al presupuesto y 8% aceptó tener sobrecostos de entre 50% y

100%. Asimismo, se dio a conocer —a través de los testimonios de los entrevistados— que 52% rebasa el tiempo estimado en hasta un 50%; 28% termina en tiempo; 16% tiene excesos en tiempo, de entre el 50% y el 100% y el 4% duplica el tiempo programado.

Según el mismo estudio, se reveló que 9% de las empresas entrevistadas no tienen planes de dirección o ejecución de proyectos, mientras que el 61% los contempla, pero no los implementa en todos sus proyectos y el 30% restante sí los implementa en cada uno de sus proyectos.

Sobre el tipo de metodologías de administración utilizadas, 73 % de los representantes de empresas encuestadas dijo no contar con ningún tipo de sistema de administración de proyectos; el 13% mencionó que se apega a la metodología del PMI y 14 tiene su propio sistema de administración de proyectos.

En cuanto a la planeación, esta se presenta como una de las principales fallas dentro de las empresas de construcción en México, ya que la falta de cálculos en los tiempos y costos provoca problemas significativos en los proyectos. Solo el 30% de las empresas se ajustan a planes de ejecución y dirección de forma constante.

La Cámara Mexicana de Industria de la Construcción, CMIC por sus siglas, en su artículo “Diagnóstico del Sector de la Construcción y Propuestas para el Impulso de la Infraestructura en México”<sup>3</sup> atribuye la falta de productividad de las empresas constructoras y en general del sector de la construcción a la fluctuación de la economía mundial. También se encontró una alta variabilidad en los ingresos y gastos de las

---

<sup>3</sup> [https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/resumen\\_ejecutivo\\_vfinal\\_211215%20\(1\).pdf](https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/resumen_ejecutivo_vfinal_211215%20(1).pdf)

pequeñas y medianas empresas constructoras que han logrado operar por 9.5 años, según la ENEC, lo que implica que estas empresas constructoras trabajen con presupuestos ajustados, hay muchas empresas que trabajan con márgenes de ganancias bajos y pocas empresas con márgenes de ganancias altos.

La información en nivel micro permite identificar que las que han logrado permanecer por 9.5 años realizan en su mayoría obras por contrato, 67%, solo el 15% asumen riesgos para la construcción y posterior venta de los inmuebles, el 9% son subcontratistas y el 5% supervisan o administran obras de construcción.

Por otro lado, la asociación Lean Construction México dedicada a la consultoría de los proyectos de construcción refiere en un artículo publicado en marzo del 2021<sup>4</sup>, que los principales problemas que experimenta la industria de la construcción son:

- Uso de métodos obsoletos para la planificación, Control y Gestión de la Producción.
- Escaso rigor en el cumplimiento de la Seguridad.
- Proyectos incompletos, poco detallados y escasamente analizados.
- Controles de calidad ineficaces que no garantizan la entrega de calidad de inicio.
- Incumplimiento sistemático de los plazos de entrega.
- Mano de obra poco cualificada, comparada con la industria manufacturera.
- Falta de coordinación y transparencia entre las partes interesadas

---

<sup>4</sup> <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/principales-problemas-que-experimenta-la-industria-de-la-construcci%C3%B3n>.



- Escasos o nulos controles de productividad
- Sobrecostos
- Gran cantidad de retrabajo.

Un estudio más lo realiza Lugon empresa líder dedicada a proveer equipos en renta y venta al ramo industrial y de la construcción, en su artículo “Problemas de construcción más comunes en obras industriales y comerciales” publicado en su página web en febrero del 2021<sup>5</sup>, menciona como principales problemas:

- Los retrasos en la entrega de materiales e insumos, debido a la falta de planificación y planeación de las actividades.
- Problemas con el personal, la falta de el equipamiento de seguridad se convierte en un problema por la cantidad de accidentes que pueden surgir.
- No contar con licencias y permisos, ya que puede repercutir y clausuras y problemas legales.
- Gastos inesperados.
- Errores en la ejecución del proyecto, propician los retrabajos.
- Problemas de terminación o acabado, los desperfectos en terminaciones de obra derivados de la utilización de materiales de menor calidad con la intención de no perder dinero o recuperar margen de utilidad.

La información proporcionada en los artículos, los datos y porcentajes de los retrasos, los sobrecostos, los factores externos en la economía, la falta de planes y

---

<sup>5</sup> <https://lugon.com.mx/2021/02/problemas-de-construccion-mas-comunes-en-obras-industriales-y-comerciales/>

programas en la ejecución de la obra, la falta de material de seguridad, así como todos los datos emitidos, confirman la evidencia de que algo está mal en el “sistema tradicional” de la construcción, entendiendo como sistema tradicional a las actividades que se realizan en el lugar de obra, es decir, se materializan o convierten en objetos parte de un sistema llamado estructura o subsistemas de construcción, los cinco principales problemas que enfrenta la industria son los siguientes:

1. Definición incompleta del alcance/cambios al proyecto
2. Programas de obras deficientes
3. Retrabajos y factores de calidad
4. Inexactitud de los estimados de costos
5. Nulo o pobre análisis de riesgos y planes de mitigación.

## **Planteamiento.**

El sistema de construcción tradicional presenta problemas recurrentes, con huecos en los cuales los constructores —sobre todo del sector público— han encontrado una beta legal que les ha permitido aprovecharse de la situación para obtener beneficios económicos, argumentando falta de información en el proyecto lo cual repercute en tiempo y por lo tanto en el costo de ejecución de la obra.

Podemos decir entonces que la construcción sufre pérdidas considerables causadas por conflictos, excesos de costos, reclamaciones y demandas entre las partes, que son consecuencia principalmente de los retrasos en el suministro y las interrupciones; situaciones que se intensifican por la falta de información adecuada (Arantes, 2015).

En la actualidad existen diferentes herramientas y filosofías dedicadas a tratar de erradicar las malas prácticas, la reducción de pérdidas y desperdicios en la industria de la construcción, herramientas enfocadas a la gestión de proyectos, así como aquellas dedicadas a la mejora de los procesos y al control de la calidad, herramientas que incluso se han tenido que adoptar de otras industrias dedicadas a la producción en serie, obteniendo logros significativos en esfuerzos individuales de quienes logrado implementarlas para la mejora de los procesos constructivos.

## **Hipótesis**

La ejecución de proyectos de construcción que cumplan en tiempo costo y calidad al implementar un modelo fundamentado en el análisis y mejora de los procesos de obra con estrategias de calidad

## **Objetivo general**

Proponer estrategias para reducir y controlar tiempos y desperdicios en los procesos de construcción en empresas constructoras.

## **Objetivos particulares**

- Determinar los procesos básicos de los proyectos de construcción, identificando aquellos cuyas pérdidas afectan la eficiencia y efectividad en la construcción.
- Determinar los factores que provocan dichas pérdidas identificando los procesos y no las actividades aisladas de las empresas constructoras.

## II. Marco teórico

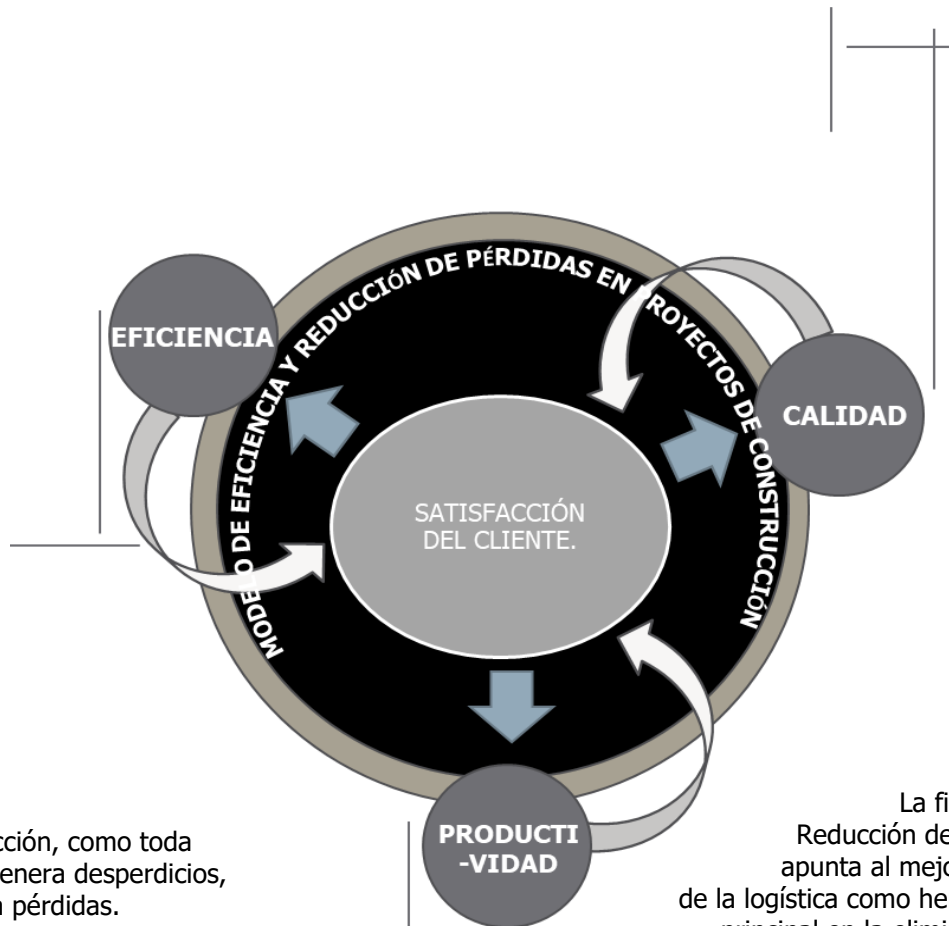
En el Modelo de Eficiencia se conceptualiza y analiza los procesos de manera integral y los trabajos a ejecutar, implementando un nuevo modelo de producción que consta de procesos de conversiones y flujos, aumentando la productividad y dará un valor añadido a cada proyecto.

La Productividad se define como la eficiencia en el uso de los recursos. Es el resultado de un flujo productivo continuo, una buena programación, una alta confiabilidad y la optimización de los recursos utilizados en los procesos constructivos.

El Control de Productividad es el proceso a través del cual se mide la eficiencia de la ejecución lograda, se analiza la información y se identifican las acciones posibles para mejorarla, dentro de un proceso de Mejora Continua y la gestión de la calidad.

La gestión de la calidad es un método que persigue la mejora continua de todo el sistema, entendiendo por esto: diseño, materiales, proveedores, fabricación y distribución. De tal manera que el producto o servicio que el cliente reciba está en constante mejoramiento y en condiciones correctas para su utilización. También se pretende con esto hacer crecer y rentabilizar la empresa optimizando su competitividad, a través de la eliminación de desperdicios y la satisfacción total del cliente.

A continuación, se presentará un diagrama que resumirá el proceso teórico de este trabajo:



En la construcción, como toda actividad se genera desperdicios, lo cual genera pérdidas. Generalmente cuando un presupuesto es realizado, se realiza también el programa de obra, ya que de poco sirve conocer el costo de un proyecto si no conocemos la duración de este.

Los presupuestos y las programaciones como es bien sabido se realizan tomando en cuenta desperdicios asumibles. Así mismo el cálculo de la productividad en una actividad se realiza tomando en cuenta que esta no puede ser del 100%. Por lo tanto, en la construcción el desperdicio incosteable es por lo menos, aquél que no haya sido estimado en el presupuesto y que no haya sido calculado en la productividad esperada en una actividad.

En la construcción intervienen una serie de factores tan diversos que disparan las posibilidades de tener más de un tipo de desperdicio. Esta realidad es bien conocida por los profesionales encargados del proceso de la construcción, pues son estos los que tienen la responsabilidad de lidiar con todos los factores que intervienen en la ejecución de un proyecto. Ante estas condiciones la identificación de pérdidas es una herramienta de suma importancia en los proyectos de construcción.

La filosofía de Reducción de Pérdidas apunta al mejoramiento de la logística como herramienta principal en la eliminación de pérdidas.

Esto se logra con el mejoramiento en las actividades de planificación, organización y el control antes, durante y después de los trabajos de construcción.

Los objetivos principales de un sistema logístico son maximizar el nivel de información hacia el cliente y reducir al mínimo costo total de las actividades del proceso. Es decir, los objetivos son generar valor al cliente y reducir el costo en el proceso de producción.

*Diagrama 1. Agregar valor a la producción, tomando en cuenta la satisfacción del cliente. Elaboración propia 2018.*

## **PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PMBOK Guide**

Project Management Institute, o PMI por sus siglas en inglés, es una organización que pretende establecer un conjunto de directrices que orienten la dirección y gestión de proyectos, proponiendo aquellos procesos de gestión más habituales que la práctica ha demostrado que son efectivos.

La asociación describe los fundamentos de la dirección de proyectos a través del texto, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), una guía donde se establecen los estándares que orientan la gestión de proyectos, y que configura lo que se considera como el método del Project Management Institute (PMI, 2013)

La Guía del PMBOK desarrollada por el Project Management Institute, contiene una descripción general de los fundamentos de la Gestión de Proyectos reconocidos como buenas prácticas para lograr una gerencia eficaz y eficiente del proyecto.

La PMBOK Guide facilita información sobre los procesos que se pueden llevar a cabo para una gestión eficaz, y diferentes técnicas y herramientas útiles, pero los contenidos expuestos deben ser adaptados a las peculiaridades de cada proyecto. Según este enfoque, todos los proyectos se componen de procesos, que deben ser seleccionados previamente, que necesitan de una serie de áreas de conocimiento para poder ser aplicados (Eseverri, 2020).

Sin embargo, existen varias críticas a esta guía metodológica, como menciona (Sánchez-Arias, 2010) desde la presentación de sus principales áreas del conocimiento, a saber: costos, tiempo y alcance, y su énfasis en la planeación y el control, la PMBOK®

hace explícito en su discurso una sobreestimación de la utilidad de herramientas duras de GP, con la intención de generalizar y estandarizar su uso.

Al mirarlo en su conjunto, es interesante observar cómo el ciclo de trabajo del proyecto, tal como está concebido en el discurso de los grupos de procesos analizados, desconoce la necesidad de procesos de tipo analítico y de retroalimentación, que permitan cuestionar y corregir el trabajo sobre la marcha, a partir de criterios de adaptación ante cambios determinantes en las metas por cuenta del contexto. En el caso de los procesos establecidos para el manejo de tiempos, calidad y costos, estos se asumen bajo el supuesto de una planificación acertada de una situación poco dinámica. Esta apuesta por la certeza promueve implícitamente la idea de que los aspectos económicos que están en función de estas tres áreas están siempre por encima de cualquier decisión de carácter ético, humano o social, una vez el proyecto esté en marcha.

## **LEAN CONSTRUCTION**

Las primeras ideas de la nueva filosofía de producción se originan en Japón en el año 1950, las cuales fueron aplicadas en el Sistema Toyota. Las ideas básicas en el Sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y pérdidas, limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, entre otras técnicas (Liker, 2004)

La construcción sin pérdidas o Lean Construction es una nueva filosofía que surge como concepto en 1992 (Koskela L. , 1992), como respuesta ante las deficiencias



identificadas en ese momento en la industria de la construcción, las cuales eran: productividad, seguridad, calidad y medio ambiente, el mismo Koskela la define como “una forma de diseñar el sistema de producción para minimizar las pérdidas de materiales, tiempo y esfuerzo para generar la máxima cantidad posible de valor”

Simultáneamente, los aspectos de calidad han sido implementados por la industria japonesa bajo la dirección de consultores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum (Koskela L. , 2000). La filosofía de calidad fue desarrollada basada en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas, para su desarrollo en las empresas.

Los principios de Lean Construction sientan las bases de un nuevo modelo conceptual, una síntesis de varios modelos sugeridos en diferentes campos de investigación en una base teórica común, como el pensamiento Justo a Tiempo (Just n Time, JIT) y la visión de calidad (Shingo, 1984).

En esencia, la nueva conceptualización implica una doble visión de producción: esto consiste en conversiones y flujos. La eficacia total de producción es atribuible a la eficacia de ambas; el nivel de tecnología, las habilidades, la motivación de las actividades de conversión realizadas, así como la cantidad y la eficacia de las actividades de flujo por las cuales las actividades de conversión se entrelazan entre sí.

Mientras todas las actividades tienen un costo y consumen tiempo, sólo las actividades de conversión agregan valor al material o a la información, siendo transformada en un producto final. Así, el mejoramiento de actividades de flujo

principalmente debería ser enfocado en su reducción o eliminación, mientras que actividades de conversión deben ser más eficientes.

La primera visión convencional está enfocada a mejorar la eficiencia del proceso completo, olvidando cada uno de los subprocesos intermedios, buscando la reducción del costo y del plazo total. La segunda visión de calidad apunta a reducir la mala calidad del producto terminal, mediante una serie de controles intermedios y posteriores a la producción, por ende, reducir el costo del proceso final. Finalmente, la visión de Lean Construction se concentra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor (Alarcón, 1997).

Según (Koskela L. , 1992), existen variedad de factores que afectan la productividad en proyectos de construcción, algunos de ellos son:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución de proyectos
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)
- Alta rotación de trabajadores
- Pobres condiciones de seguridad que generan altas tasas de accidentes
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra
- Falta de materiales requeridos
- Falta de suministro de equipos y herramientas.

- Carencia de consideraciones de calidad: en el enfoque administrativo tradicional, no se efectúa un esfuerzo especial por eliminar fallas, errores, omisiones, etc., ni para reducir su impacto; y se piensa que existe un nivel óptimo de calidad pues son eliminados en controles posteriores (Koskela 1992). Además, nuevos sistemas de Gestión de Calidad son usados como herramientas de Marketing para la adjudicación de propuestas y no como un medio que apunta a aumentar la productividad mediante la eliminación del trabajo rehecho.

Un sistema de gestión de calidad orienta a una Organización a analizar los requisitos de los clientes, teniendo un personal preparado y motivado, a definir y controlar los procesos de producción y prestación de servicios.

Los principios de la calidad total deben sustentarse en una infraestructura organizacional integrada, la cual deberá de operar de manera eficiente incluyendo los siguientes elementos:

1. Manejo de las relaciones con los clientes. La satisfacción del cliente es esencial para mantener una posición competitiva en el mercado y es la fuerza motriz de los esfuerzos por la calidad.

2. Administración de recursos humanos. Se deberá de establecer un ambiente que permita la participación de todos los empleados para mejorar la calidad, fomentando la capacitación en todos los niveles.

3. Manejo e identificación de los procesos, determinar su secuencia e interacciones. Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las

actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso. Los procesos se definen como una secuencia de actividades que van añadiendo valor mientras se produce un determinado producto o servicio a partir de determinadas aportaciones. Todas las actividades de la organización se enmarcan en procesos, que se identifican, gestionan y mejoran.

Lo anterior nos lleva a que debe haber Mano de Obra capacitada tanto en ejecución de los trabajos como en los procesos y entrega de estos.

## **HERRAMIENTAS DE CALIDAD**

- **Just InTime (JIT)**

Justo a Tiempo con su traducción al español es un sistema de producción que ha tenido un auge sin precedente en las últimas décadas. Muchos investigadores coinciden en que los inicios del JIT surgen en los astilleros japoneses donde el exceso de capacidad de los fabricantes de acero permitía entregas muy rápidas a los constructores de barcos, por lo que los constructores se dieron cuenta de que se podía reducir considerablemente los inventarios de materia prima si hacían que los proveedores suministraran menores cantidades pero con mayor frecuencia, este tipo de suministro (justo cuando se necesita) se extendió a otras empresas no solo con sus proveedores sino también en la organización interna.

La filosofía Just inTime es un sistema que produce justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdicio de recursos. Es una metodología de organización en todo el sistema productivo desde el diseño del producto, los recursos

humanos, mantenimiento y calidad con los stocks necesarios lo que conlleva un cambio en el proceso productivo, en la distribución y la comercialización de los productos (Edward J., 2003.).

Just in time permite reducir o eliminar el desperdicio en cualquier actividad desde las compras, fabricación, distribución, así como cuestiones administrativas, esto se logra con tres componentes básicos: flujo, calidad y recursos humanos.

Este sistema tiene 4 objetivos principales (Bañegil, 1993):

- Poner en evidencia los problemas fundamentales: cuando una empresa reduce el nivel de existencias descubre problemas, antes de esta filosofía la respuesta de la empresa era aumentar las existencias para tapar los problemas.
- Eliminar despilfarros: Es necesario eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto reduciendo costos, plazos de fabricación, mejora la calidad y mejor servicio al cliente.
- Buscar la simplicidad: a través de flujo de material y control de las líneas de flujo, eliminando rutas complejas.
- Diseñar sistemas para identificar problemas: Existen diferentes métodos para identificar los problemas como el sistema de arrastre, o el uso de control estadístico.

De acuerdo con diversos estudios que se han hecho de JIT tienen como resultado:

- Aumento del 20 al 50 % en la productividad de mano de obra;
- Aumento del 30 al 40 % en la capacidad de los equipos;
- Reducción de 30 al 40 % en el tiempo de fabricación;

- Reducción del 40 al 50 % en los costos por fallas;
- Reducción del 8 al 15 % en los costos de materiales;
- Reducción del 50 al 90 % en los inventarios;
- Reducción del 30 al 40 % en espacios.

Esto demuestra que el sistema JIT si está bien aplicado elimina costos de actividades que son un desperdicio para la empresa dando como resultado una mayor eficacia y eficiencia.

Otra de las metas que se tiene es la participación de los proveedores, estos se deberán de ver como socios, tal vez se provoque que hay una reducción del número de proveedores, pero se trata de establecer un lazo a largo plazo; la confianza y compromiso son factores primordiales.

#### ▪ **Six Sigma**

Seis Sigma es una estrategia de negocio que emplea una metodología que busca eliminar los desperdicios, reducir la variabilidad de los procesos y minimizar los errores, teniendo el objetivo de lograr la satisfacción del cliente y obtener beneficios económicos para la empresa. La unidad de medida que utiliza son los DPMO. (Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, R.,, 2004)

Un DPMO se refiere a defectos por millón de oportunidades. Un defecto es todo aquel elemento del producto o servicio que cause una insatisfacción del cliente.

El enemigo de Seis Sigma es la variabilidad que se puede definir como la desviación respecto al nivel objetivo, por lo que esta técnica requiere el uso intensivo de numerosas herramientas de estadística con el objetivo de eliminar la causa de la variabilidad en los procesos y como resultado obtener el mínimo posible de defectos, reduciendo los costos de la no calidad para alcanzar la máxima satisfacción del cliente.

El objetivo de esta metodología se enfoca en la consecución de un índice DPMO no superior a los 3.4 defectos por millón.

En la metodología Seis Sigma se involucra a toda la organización, utilizando herramientas y métodos estadísticos. Está basada en el círculo Deming o mejora continua, se tienen que definir los problemas y situaciones a mejorar, para obtener datos y analizarlos, incorporando mejoras a los procesos o rediseñarlos con la finalidad de alcanzar etapas óptimas (Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, R.,, 2004).

Los principios de Seis Sigma para que sea un programa exitoso en la organización son:

- Orientación al cliente: conocer que es lo que el cliente valora más para complacerlo. Es necesario conocer tantos defectos como sea posible para prevenirlos. Seis Sigma permite tener productos y procesos con base en los requerimientos del cliente.

- Resultados financieros: es necesario hacer una inversión inicial alta en capacitación, pero a la larga se recupera ya que no se inicia ningún proyecto a menos de que se tengan seguros los beneficios que se obtendrán.

- Compromisos de la dirección: La alta dirección deberá de estar comprometida con Seis Sigma, tiene la obligación de revisar y guiar los proyectos de mejora, enfocándolos a las prioridades de la organización.

- Orientación a procesos: Seis Sigma sitúa al proceso como la calve del éxito, ya sea del diseño del producto o servicio, medición del rendimiento, mejorar la eficacia y satisfacción del cliente. Dominar los procesos es la forma de construir ventajas competitivas en la entrega de valor a los clientes.

- Compromiso con los recursos y gestión proactiva: entre el 1 % a 3% del personal de staff se asigna a Seis Sigma de tiempo completo, además es de vital importancia impulsar una gestión proactiva, plantearse por que se hacen las cosas y no imponerlas.

- Colaboración sin fronteras: Seis Sigma amplia las oportunidades de colaboración, requiere una actitud que impulse a utilizar el conocimiento de los clientes y procesos para beneficiar a todas las partes, generando un verdadero trabajo en equipo.

- Búsqueda de la perfección: Las técnicas para mejorar el rendimiento contemplan un pequeño porcentaje de riesgo, es decir considerar que en los procesos se pueden tener fallos pero que estén controlados y que sean ocasionales, creando la oportunidad de aprender de ellos para acercarse a la perfección.

Las fases de Seis Sigma (DMAIC) (Yepes & Pellicer, 2012) son:

- Definir: seleccionar las respuestas apropiadas ("Y"). Definir quién es el cliente, sus requerimientos y expectativas, así como el alcance del proyecto y el proceso a ser mejorado por medio de un mapa de proceso.

- Medir: recolección de datos para medir la variable de respuesta, desarrollar un plan de colección de datos para el producto y proceso provenientes de todas las fuentes para determinar la situación actual, incluyendo encuestas de clientes.



- Analizar: identificar la causa raíz de los defectos o de las mediciones que se desvían de las especificaciones de manera significativa (variables independientes “X”), identificar brechas entre el desempeño actual y las metas, priorizar oportunidades de mejora, identificar fuentes de variación excesiva, identificar procedimientos estadísticos objetivos y límites de confianza.

- Mejorar: reducir la variabilidad o eliminar la causa, crear soluciones innovadoras usando tecnología y disciplina, desarrollar planes de mejoras.

- Control: una vez implementadas las mejoras, monitorear los procesos para mantener la mejora, prevenir para no regresar al método anterior, tener un plan de control de monitoreo e institucionalizar las mejoras.

El uso de la herramienta Seis Sigma proporciona los siguientes resultados:

- Resultados en las utilidades
- Los proyectos tienen plazos de 3 a 6 meses
- Hay una medición clara
- Se involucra la dirección
- Es un método disciplinado
- Medición de éxito clara
- Infraestructura de personal entrenado (black belts, Green belts)
- Enfoque al proceso y al cliente obteniendo mayor satisfacción al cliente
- Métodos estadísticos utilizados adecuados
- Reducción de defectos y fallas
- Mejoras en la productividad

## ▪ **Calidad Total**

La Calidad Total considera varios principios fundamentales (Evans James, 2008):

- Un enfoque centrado en el cliente: Se deberá comprender desde el inicio las necesidades actuales y futuras del cliente, satisfaciendo sus requisitos, así como exceder sus expectativas y mejorando su calidad de vida. La eficacia del control resulta de la correcta identificación de los requerimientos del cliente, así como respeto, amabilidad oportunidad y excelencia.
- Planeación estratégica y liderazgo: El control de la calidad debe ser parte integral del trabajo directivo, sin embargo, el personal deberá de involucrarse totalmente con el logro de los objetivos planteados ya que ayudará al crecimiento de la empresa. El control de calidad total es trabajo, responsabilidad y coordinación de todos los departamentos de la empresa desde la dirección, el diseño, fabricación, instalación, postventa del producto o servicio.
- Mejoramiento Continuo: Un objetivo permanente de la empresa deberá ser la mejora continua, esta no requiere grandes inversiones, es necesario superar las expectativas del cliente mejorando los procesos y elevando la calidad, reducir costos, ahorro en desperdicios, reprocesos o defectos.
- Diseño y Mejoramiento del proceso: Consiste en mejorar el diseño de un producto o servicio desde el principio es decir enfocándose en la prevención y reducción de desperdicios o retrabajos dentro del proceso.

- Empowerment y Equipos de Trabajo: Es necesario proporcionar al personal las herramientas para la mejor toma de decisiones. El trabajo en equipo es cada vez más defendido por los responsables de las políticas sanitarias como un medio de asegurar la calidad y la seguridad en la entrega de servicios.

- Enfoque de sistema para la gestión: Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus objetivos.

- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones:

Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y en la información previa.

- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor:

Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

- Benchmarking

Según la definición de David T. Kearns, director general de Xerox Corporation "el benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones reconocidas como las mejores prácticas, aquellos competidores más duros".

El Benchmarking se basa en la idea de que es difícil crear algo nuevo por lo que no hay razón para gastar tiempo y dinero cuando se puede tomar como referencia lo ya existente y adaptarlo para obtener mejores resultados, se trata de aprender de lo mejor que hacen los demás y aplicar lo aprendido; es importante diferenciar entre Benchmarking y Análisis Competitivo ya que este último compara un producto del competidor contra el de la propia empresa en cuanto a las características y el precio sin embargo el benchmarking se enfoca en los procesos y prácticas fundamentales usados para producirlo, distribuirlo y apoyarlo.

Hay tres tipos de Benchmarking:

- Interno: Se da más en grandes empresas donde hay más departamentos por lo que se compara los niveles alcanzados dentro de la misma organización; se toma como referencia las prácticas de las áreas con los mejores resultados.

- Competitivo: Cuando hay una competencia agresiva en el mercado o con competidores directos, sin embargo, es muy complicado ya que las empresas limitan la información que dan a conocer sobre sus procesos, cuando son empresas contrincantes.

- Funcional: La comparación se hace no solo entre empresas que pertenecen al mismo sector, sino también en otros mercados teniendo la ventaja es que al ser para distinto mercado hay una apertura mayor de sus procesos.

- Genérico: La ventaja de este tipo es que se pueden descubrir prácticas y métodos que no se implementan en la industria del propio investigador, este requiere

tener una amplia conceptualización y aunque su uso y aceptación es más compleja probablemente es el que tiene mayor rendimiento a largo plazo.

El benchmarking ayuda a la toma de decisiones, esta es una labor que cada día ha ido cobrando mayor importancia en todas empresas, en donde no siempre es posible procesar tanta información por lo que se unen otros factores como la satisfacción de ambas partes, conocer que políticas se han llevado a cabo en otras instituciones ayuda a la toma de decisiones en la propia empresa.

El acceso a fuentes secundarias y su contraste permite desarrollar con precisión iniciativas que son del interés de los gobiernos. Esta selección y clasificación de la información nos permite pasar de la sociedad de la información a la del conocimiento, ahondando y mejorando, de esta manera, en la ayuda a la toma de decisiones.

### III. Método

Es necesario entonces, determinar la problemática que afecta a las empresas que tienen proyectos de construcción en la Ciudad de México, en función de las pérdidas y los retrasos en los diferentes programas de construcción, a través de la observación, la codificación de los análisis de tiempos y movimientos y de los diferentes procesos empleados en las industrias, analizaremos la industria de la construcción bajo la misma óptica.

Se propone un método diagnóstico basado en el uso de cuestionarios como técnica de investigación (Hernández Sampieri, 1997), se propone aplicarlo al personal que se encarga de manera directa de ejecutar, administrar y dirigir las obras, lo cual nos permitirá obtener los datos que reflejen de manera real las problemáticas con las que se enfrentan las empresas en el día a día.

El cuestionario es un conjunto de preguntas diseñadas para generar los datos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto de investigación (Behar, 2008). El cuestionario permite estandarizar e integrar el proceso de recopilación de datos. Un diseño mal construido e inadecuado conlleva a recoger información incompleta, datos no precisos de esta manera genera información nada confiable. Por esta razón el cuestionario es en definitiva un conjunto de preguntas respecto a una o más variables que se van a medir (Galtung, 1966).

Es un instrumento para la recopilación de información y consiste en una serie de preguntas a las que se debe responder por escrito.

Las preguntas deben suscitar respuestas que confirmen o descarten las hipótesis de igual manera las preguntas deben reflejar las hipótesis planteadas.

## El uso del cuestionario como herramienta

Un cuestionario debidamente formulado debe favorecer la recopilación de datos para la investigación. Esta es su finalidad, de ahí que la formulación y la naturaleza de las preguntas, la manera de proponerlas y su ordenamiento son aspectos técnicos importantes que deben observarse para que una encuesta por cuestionario resulte satisfactoria.

Debido a su administración se pueden presentar problemas relacionados con la cantidad y la calidad de los datos que se pretenda obtener para el estudio. Algunos problemas asociados con el envío de los cuestionarios podrían ser que no fuesen devueltos, los consultados pueden evadir la respuesta y algunas preguntas. O no darles la importancia necesaria a las preguntas proporcionadas. Por ello y otros factores más el instrumento que se use para la recolección de datos debe ser objeto de una cuidadosa elaboración.

Algunas ventajas del cuestionario son: su costo relativamente bajo, su capacidad para proporcionar información sobre un mayor número de personas en un período bastante breve y la facilidad de obtener, cuantificar, analizar e interpretar los datos.

La obtención de estos datos alimentará el modelo de eficiencia propuesto más adelante. Será necesario entonces determinar una muestra representativa para la obtención de datos.

### III.1 Identificación del Método

Esta Investigación será de tipo Cuantitativa, ya que lo que trata es determinar la fuerza de correlación entre variables, la generalización y objetividad de los resultados a través de una muestra de la población. No será de tipo experimental ya que solo se observarán los fenómenos tal cual se dan en su entorno natural, para analizarlos.

Será de tipo descriptiva ya que se utilizará principalmente el análisis para entender y poder explicar los hechos o circunstancias.

La calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la elaboración del cuestionario y en la elección de los expertos consultados.

Este método se emplea bajo las siguientes condiciones (F. Javier Murillo Torrecilla, 2017):

- El impacto de los factores externos tiene más influencia en la evolución que el de los internos
- Cuando el problema no se presta para el uso de una técnica analítica precisa.
- Cuando se desea mantener la heterogeneidad de los participantes a fin de asegurar la validez de los resultados
- Cuando el tema en estudio requiere de la participación de individuos expertos en distintas áreas del conocimiento.

Características:

- Anonimato: Durante el cuestionario ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo.



- Respuesta del grupo en forma estadística: La información que se presenta a los expertos no es solo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.
- Heterogeneidad: Pueden participar expertos de determinadas ramas de actividad sobre las mismas bases.

### III.2 Método diagnóstico

En la recolección de la información necesaria para el análisis y estudio, se utilizará la técnica de observación por encuestas, la cual según Sierra (1992) consiste en la obtención de datos de interés mediante la interrogación a los miembros del universo de la investigación. El autor refiere que el instrumento básico de la observación por encuesta es el cuestionario.

El diseño del instrumento de medición: el cuestionario. Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir. El contenido de las preguntas de un cuestionario puede ser tan variado como los aspectos que mida. Y básicamente, podemos hablar de dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas. (Behar, 2008)

Las preguntas cerradas contienen categorías o alternativas de respuestas que han sido delimitadas. Es decir, se presentan a los sujetos las posibilidades de respuestas y ellos deben circunscribirse a ellas. Pueden ser dicotómicas (dos alternativas de respuestas) o incluir varias alternativas de respuestas.

En las preguntas cerradas las categorías de respuestas son definidas a priori por el investigador y se le presentan al respondiente, quien debe elegir la opción que describa más adecuadamente su respuesta. Las escalas de actitudes en forma de pregunta caerían dentro de la categoría de preguntas cerradas.<sup>6</sup>

Un instrumento de medición es aquel, artefacto, aparato, objeto herramienta o estrategia con la cual se puedan recoger datos de las variables que nos interesa comparar o contrastar. Dentro de la técnica llamada Encuesta, el mejor instrumento de medición es el cuestionario, el cual es un conjunto de preguntas de una sola idea a la vez, redactadas en lenguaje convencional, no inducidas y ordenadas lógicamente (Brace, 2011).

En este tenor, entre mejor esté diseñado el instrumento de medición, más y mejores datos y resultados obtendremos acerca de aquellas variables que nos interesa indagar ya sea por separado, o bien, estableciendo relaciones de dependencia o no entre ellas.

#### Características y diseño del cuestionario.

Se diseñó el cuestionario acorde con los objetivos planteados y los conceptos evaluados de construcción sin pérdidas.

##### a) Características

El cuestionario contiene cuatro tipos de información:

1. Información de Datos Generales y Diagnostico: Mediante esta información se tuvo una referencia sobre el entrevistado, principalmente para efecto de aclaraciones

---

<sup>6</sup> Hay preguntas cerradas, donde el respondiente puede seleccionar más de una opción o categoría de respuesta. Los encuestados pudieran marcar una, dos, tres, cuatro o cinco opciones de respuesta. Las categorías no son mutuamente excluyentes. En cambio, las preguntas abiertas no delimitan de antemano las alternativas de respuesta. Por lo cual el número de categorías de respuesta es muy elevado; en teoría, es infinito.

posteriores. Información de diagnóstico: Permite conocer el estado actual en que labora la empresa encuestada.

2. Información con respecto a la Variable Independiente que se plantea: Es la que corresponde a la primera parte del cuerpo del cuestionario, y son todas las preguntas que ayudarán a demostrar parte de la hipótesis.

3. Información respecto a las Variables Dependientes. Es la que corresponde a la segunda parte del cuerpo del cuestionario, y son todas las preguntas que aportaran los resultados necesarios para demostrar parte de la hipótesis.

4. Información de utilidad: Se conocerá si es de interés de las empresas contar con una herramienta que permita aumentar la eficiencia como empresa.

El cuestionario está compuesto de un total de 24 preguntas divididas en 4 secciones.

Para elaborar las preguntas del cuestionario es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Iniciar con preguntas sencillas. Las preguntas deben ser claras y sencillas en el sentido que tiene que ser comprendidas por las personas del estudio.
- Formular primero preguntas de tipo general.
- Deben evitarse frases y palabras ambiguas, las preguntas deben formularse del tal modo que no obliguen a las personas a colocarse a la defensiva.
- La redacción de las preguntas no debe dirigir el sentido de la respuesta.
- Hay que elaborar las preguntas adaptando el lenguaje de los encuestados.
- Evaluar la pertinencia de la pregunta.
- Tener en cuenta si el encuestado puede y quiere aportar la información que se le pide.
- Clasificar las preguntas por temas a fines de modo que el encuestado se concentre en un solo tema.

- Hacer una preprueba antes de implementar el cuestionario para determinar las preguntas ambiguas y que no le aporten al objetivo buscado.
- Elaborar el cuestionario definitivo teniendo en cuenta las observaciones de la preprueba.

Los tipos de preguntas a utilizar en el cuestionario pueden ser de tipo abierto que son las que le piden a la encuestado contestar con sus propias palabras o de tipo cerrado que son las que le permiten a la persona que elija la respuesta de una lista de opciones y pueden tomar la forma de alternativas dicotómicas, tricotómicas o elección múltiple.

# DIAGRAMA MÉTODO DIAGNÓSTICO

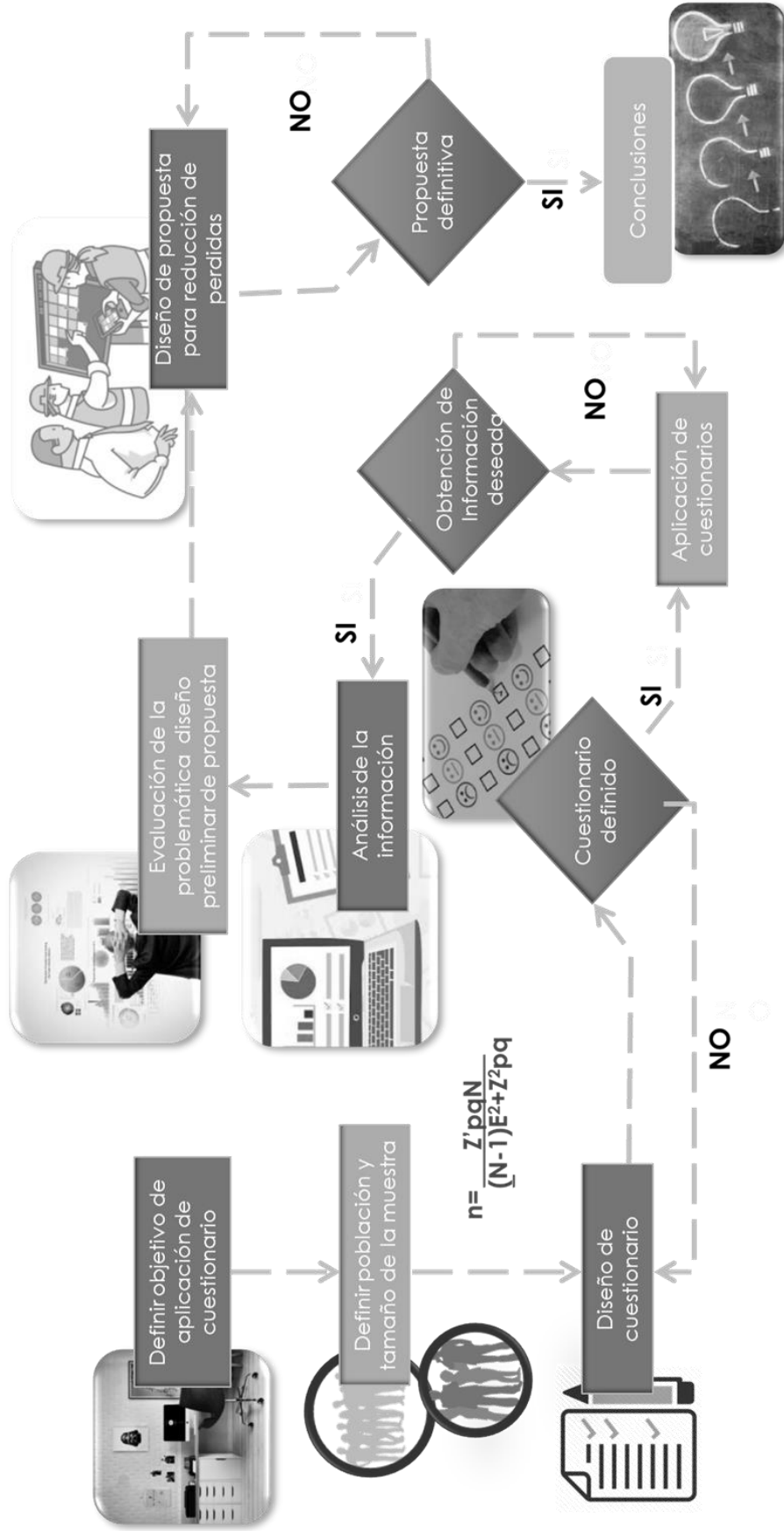


Diagrama 2. Diseño de Método para realizar la investigación. Diseño propio.

El diagrama anterior define como se llevará a cabo la investigación, la cual constará de 5 fases:

Fase 1. Definición del objetivo de aplicación: para el caso de la propuesta del Modelo motivo de esta investigación, se van a diagnosticar las empresas constructoras en la Ciudad de México<sup>7</sup>, para así determinar los puntos críticos que afectan a la construcción, cuando se aplique a un caso particular se deberá aplicar el cuestionario a todos los miembros que participan en la construcción, aunque también aplica para el diseño.

Fase 2. Diseño del cuestionario: las preguntas deberán ser estratégicas para que el diagnóstico sea el adecuado. Esta fase presenta dos dimensiones:

- a) Dimensión cualitativa: Se seleccionan en función del objetivo prefijado y atendiendo a criterios de experiencia posición responsabilidad acceso a la información y disponibilidad.
- b) Dimensión Cuantitativa: Aplicación del cuestionario a las empresas definidas por la elección del tamaño de la muestra en función de los recursos medios y tiempo disponible, es importante mencionar que para lograr el contacto con las empresas de manera más efectiva se propone el uso de una herramienta tecnológica que permita enviar de manera masiva el cuestionario y a su vez recopilar la información a manera de reportes gráficos que permitan su análisis de una manera más simple.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Se eligió la ciudad de México para delimitar el universo de la población donde realizar la investigación. Para así determinar la cantidad de empresas a las cuales se deberá aplicar el cuestionario, se calculará con un método estadístico que nos arroje una muestra representativa.

<sup>8</sup> Herramientas como Google Forms, Formbakery, FormSite, son apropiadas para estos casos.

Fase 3. Análisis de la información recopilada. Uno de los puntos más importantes del método de diagnóstico, ya que nos da la pauta para identificar los puntos más débiles que se deben atacar con las soluciones propuestas en el modelo.

Fase 4. Diseño de la propuesta (modelo de eficiencia). Una vez identificados este modelo servirá para determinar las acciones que se deben de tomar por parte de la empresa y sus integrantes, estas acciones correctivas que pueden incluir incluso la utilización de otras herramientas enfocadas a la calidad y la productividad.

Fase 5. Conclusiones y Recomendaciones. En esta etapa se dan las conclusiones del diagnóstico y recomendaciones basadas en el punto anterior que permitan llevar a cabo una mejora.

#### a. Selección del tamaño de la muestra

La muestra es aquella parte del universo a la cual se limitará la observación. Para que la muestra sea válida se requiere que sea representativa, es decir, que presente en las mismas proporciones las características del universo estudiado.

La población hacia la cual se orientará este trabajo es hacia las empresas pequeñas y medianas dedicadas a la edificación vertical de vivienda multifamiliar de interés social y nivel medio que laboran actualmente en la Ciudad de México.

Se delimitará este universo por las siguientes razones:

- a) Actualmente en la CDMX se construye con mayor frecuencia vivienda multifamiliar debido a la amplia población demandante de vivienda y los escasos terrenos para viviendas unifamiliares.
- b) Según diversos estudios la mayoría de los problemas de pérdidas los tienen empresas pequeñas y medianas ya que las empresas más grandes de alguna manera cuentan con un sistema que les permita un control de costos y por lo tanto reducción desperdicios.
- c) Es un número importante el de las empresas dedicadas a la vivienda multifamiliar de interés social e interés medio, por lo tanto, es amplia la población que se beneficiaría con la propuesta de este trabajo de investigación.

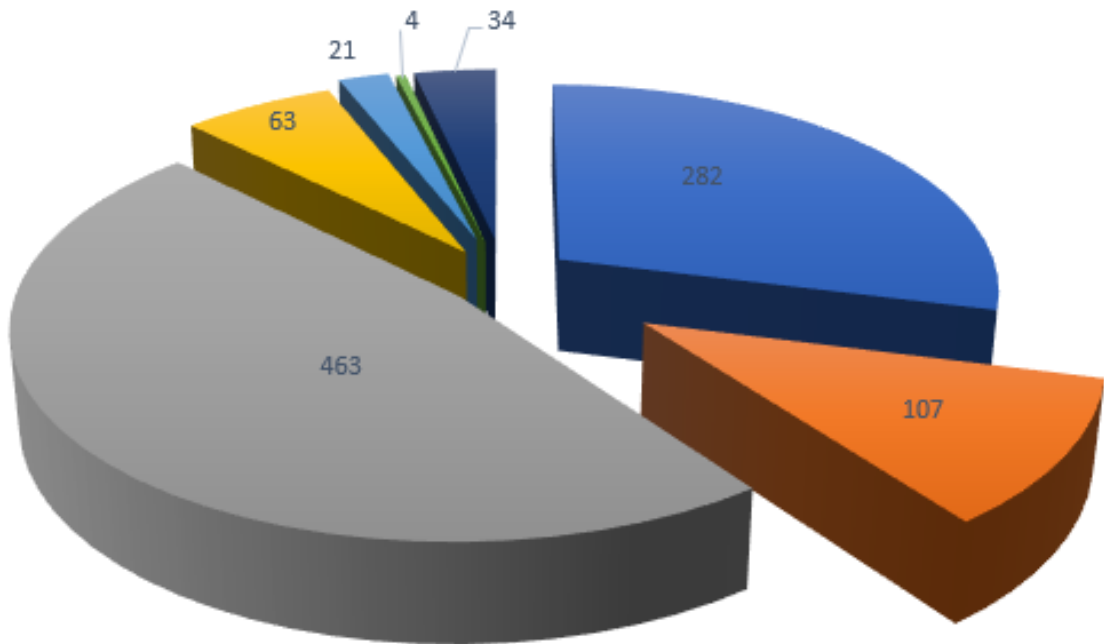


### Clasificación de Empresas de Construcción den la CDMX

<b>Edificación de vivienda unifamiliar</b>	282
<b>Edificación de vivienda multifamiliar</b>	107
<b>Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la Supervisión</b>	463
<b>Edificación de naves y plantas industriales, excepto la Supervisión</b>	63
<b>Supervisión de Edificación de inmuebles comerciales y de servicios</b>	21
<b>Supervisión de Edificación de naves y plantas industriales</b>	4
<b>Supervisión de Edificación residencial</b>	34
<b>Totales</b>	974

Tabla 1. Tabla de clasificación de las empresas INRGI. Fuente: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx> agosto de 2018.

El número de muestras se basó en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENUE (<http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>) el cual tiene registradas 974 empresas dedicadas al sector de la construcción y que se clasifican de la siguiente manera:



- Edificación de vivienda unifamiliar
- Edificación de vivienda multifamiliar
- Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto la Supervisión
- Edificación de naves y plantas industriales, excepto la Supervisión
- Supervisión de Edificación de inmuebles comerciales y de servicios
- Supervisión de Edificación de naves y plantas industriales
- Supervisión de Edificación residencial

Figura 1. Gráfica de clasificación de las empresas de la construcción en CDMX. Fuente: INEGI.  
<http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx> agosto de 2018.

Para realizar el muestreo el universo se limitará a las empresas que se dedican a la construcción de viviendas multifamiliares, por las razones ya mencionadas.

Para obtener la muestra se aplica la siguiente fórmula<sup>9</sup>:

$$n = \frac{4 N p q}{E^2 (N-1) + 4pq}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Universo 107 empresas

p = Probabilidad a favor 50%

q = Probabilidad en contra 50%

e = Error seleccionado por el investigador

4= constante.

$$n = \frac{(4) (107) (0.50)(0.50)}{0.25^2 (107-1) + 4 (0.50)(0.50)}$$

Por lo que:

$$n = \frac{107}{2.65625} = 40.28 = \mathbf{40 \text{ muestras}}$$

El tamaño de la muestra y también su cálculo depende de los factores siguientes:

- a) La amplitud del universo infinito o no
- b) El nivel de confianza adoptado
- c) El error de estimación

|

---

<sup>9</sup> Formula Sierra Bravo, Técnicas de Investigación Social, 1994. Población y Muestreo.

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con las siguientes consideraciones:

- El universo es de 107,
- Los valores p y q son constantes 50%,
- Error de estimación del 25% determinado por el investigador

En resumen, para 40 empresas entrevistadas se tiene un error de estimación (e) del 25%.

Tal como lo refieren Baptista, Fernández y Hernández (1998), la validez de un instrumento de medición se refiere al grado en el que el instrumento mide la variable que se pretende

## b. Correlación de variables

Para esta tesis se han detectado tres variables: Tiempo, Costo y Calidad, siendo el Tiempo, espacio de tiempo disponible para realizar de algo, la variable independiente por lo que Costo, cantidad que se paga por un servicio u objeto, y Calidad, conjunto de condiciones que hacen que un proyecto sea adecuado, las variables dependientes, lo cual explicare a continuación.

Se identifica la variable de Tiempo en los proyectos de construcción como variable independiente, debido a que es afectada por los posibles eventos de riesgo que se presentan en la etapa de ejecución de la obra. Estos no pueden ser controlados debido a su naturaleza, pero se pueden realizar acciones de mitigación para que la afectación sea menor. El Project Management Institute (PMI), organismo sin fines de lucro que se encarga de vincular a empresas e instituciones relacionadas con la gestión de proyectos, define Riesgo: como un posible evento no deseable y no planeado que podría ocasionar el no alcanzar uno o más de los objetivos del proyecto.

### **Se identifican tres componentes:**

- Un evento
- Probabilidad de ocurrencia del evento
- Consecuencia después del evento

Para poder mitigar los Riesgos que se pueden presentar en una obra es necesario tomar acciones que ayuden administrar los posibles eventos presentados. Por ese motivo, planear la Respuesta a los Riesgos es el proceso de desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones para abordar la exposición al riesgo del

proyecto en general, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que identifica las formas adecuadas de abordar el riesgo general del proyecto y los riesgos individuales del proyecto.

Manejo de la relación entre incertidumbre, riesgo y oportunidad:

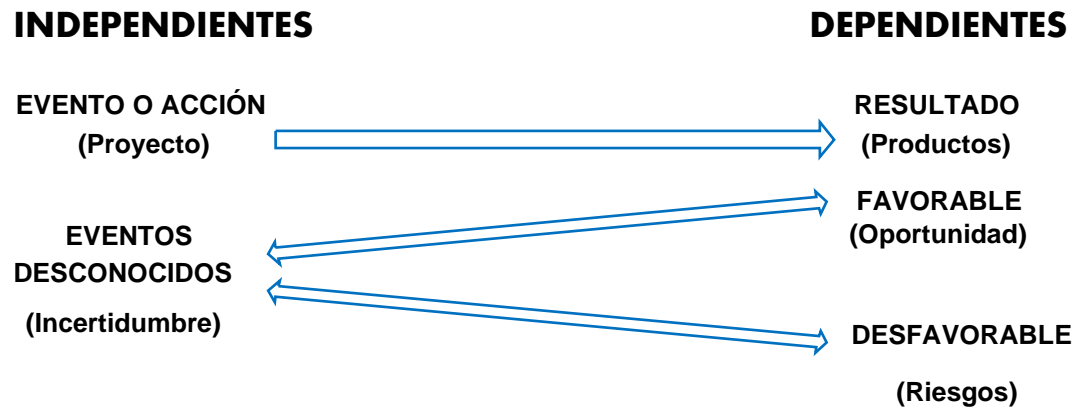
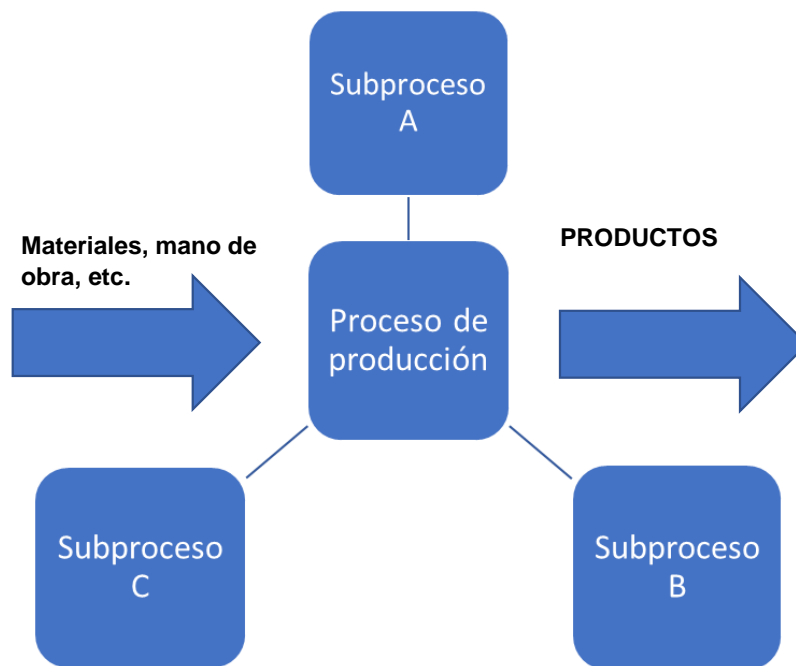


Figura 2. Relación entre variables Fuente: PMBOK Sexta edición. Cap.11 Gestión de los riesgos del proyecto. Pg. 395. Tomado para fines académicos.

Como primera variable dependiente se identifica el Costo, el cual se ve afectado directamente por la Productividad. Es decir, el rendimiento el cual engloba todos los recursos utilizados en la construcción, mano de obra, herramienta y maquinaria; se debe basar en la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas lo que incrementa la productividad.

Toda operación de construcción es susceptible de ser mejorada ya sea al inicio de esta o durante su ejecución. Dentro de un proceso de mejora continua, se debe buscar la optimización de los procesos constructivos a lo largo de todo el tiempo que dure el proyecto.

Uno de los elementos centrales es la reinterpretación de la forma en que se entiende la producción en construcción, modificando el conocido modelo de conversión (Alarcón, 2009), esto es cuando se piensa que el suministro de materiales junto con la mano de obra da un producto. La siguiente figura ejemplifica el proceso de conversión.



*Figura 3. Visión del proceso de conversión en las empresas de construcción. Fuente: Koskela Lauri, "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992. Tomado para fines académicos.*

La segunda variable dependiente identificada es la Calidad, la cual se puede definir como el conjunto de factores que contribuyen a que un proyecto tenga condiciones adecuadas y decorosas.

La gestión total de la calidad es un método que persigue la mejora continua de todo el sistema, entendiendo por esto: diseño, materiales, proveedores, fabricación y distribución. De tal manera que el producto o servicio que el cliente reciba está en constante mejoramiento y en condiciones correctas para su utilización. También se pretende el crecimiento y rentabilidad de la empresa optimizando su competitividad por medio de eliminación de desperdicios y la satisfacción total del cliente.

### **Mediciones (Relación entre variables)**

**TIEMPO.** El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos.

**COSTO.** La cantidad de dinero que cuesta un producto servicio. La productividad es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados; es la relación entre los resultados y el tiempo empleado, cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado es más productivo el sistema.

$$Productividad = Eficiencia * Calidad$$

$$Productividad = \frac{Tiempo Real}{Tiempo disponible} * \frac{Unidades producidas}{Unidades planificadas}$$

Fórmula para medir la productividad de una empresa. (Betancourt, 2017).



Propuesta de Medición de la Productividad			
Procesos	Parámetros	Unidades	
Construcción	Productividad Rendimiento	Real vs. Presupuestada	
		HH / ton	\$ / ton
		HH / m3	\$ / m3
		HH / ml	\$ / ml
	Etc.	Etc.	
	Trabajo Rehecho	HH trabajo Rehecho / HH totales	
Pérdida de Materia	% de pérdidas de materiales con respecto al Total Completado		
Equipos	HM Reales / HM Presupuestadas		
Abastecimiento	Atrasos	Nº de pedidos atrasados / Nº total de pedidos	
		Nº de actividades en espera / Nº de actividades en el periodo	
	Conformidad con especificaciones	Nº de pedidos con errores / Nº total de pedidos	
Planificación	Efectividad de la Planificación	% de actividades Completadas = Nº de actividades totalmente Completadas / Nº de actividades planificadas	
Gestión	Avance	HH vendidas / HH presupuestadas	
Diseño/Ingeniería	Cambios de Diseño	Nº de cambios / Total de Planos	
	Errores/Omisiones	Nº de errores / Total de Planos	

Figura 4. Tabla medición de la productividad. L. F. Alarcón 2009.  
Tomada para fines académicos.

Para que un sistema de control de calidad tenga éxito y, por lo tanto, una permanencia en los procesos de cualquier empresa será necesario controlar los procedimientos. Algunas formas son las siguientes:

- Establecer un ciclo periódico de planificación, control y mejora de la calidad.

- Formalizar y estandarizar los procesos, así como su documentación, buscando asegurar el cumplimiento de las mejores prácticas preestablecidas.
- Asegurar fiabilidad del sistema y sus componentes mediante programas adecuados de mantenimiento y verificación.
- Prevenir riesgos laborales (cero defectos, cero accidentes laborales).
- Realizar encuestas de satisfacción. Será determinante conocer el punto de vista tanto del cliente interno como externo acerca de la calidad de los productos y servicios.

Esta medición puede reflejarse claramente en una gráfica conocida como la curva de aprendizaje.

La curva de aprendizaje es un concepto que se utiliza para medir la rapidez con que una habilidad se puede dominar. Por lo general se muestra como un gráfico simple, que a menudo representa la combinación del tiempo que se necesita para aprender una nueva tarea o conjunto de habilidades, *versus* la velocidad a la que se alcanza la especialización total.

Una curva de aprendizaje no es más que una línea que muestra la relación existente entre el tiempo (o costo) de producción por unidad y el número de unidades de producción consecutivas. También pueden tomarse en consideración la cantidad de fallas o errores, o bien el número de accidentes en función del número de unidades producidas. Dichas curvas de aprendizaje se pueden aplicar tanto a individuos como a organizaciones. El aprendizaje individual es la mejora que se obtiene cuando las personas repiten un proceso y adquieren habilidad, eficiencia o practicidad a partir de su propia experiencia. El aprendizaje de la organización también es el resultado de la práctica, pero proviene de

cambios en la administración, los equipos, y diseños de productos y procesos. Se espera que en una empresa se presenten al mismo tiempo ambos tipos de aprendizaje, y con frecuencia se describe el efecto combinado como una sola curva de aprendizaje.

#### Consideraciones.

Existen varios problemas que se presentan en el desarrollo de las mediciones en la construcción:

- El carácter único de cada proyecto, mientras más complejo es un proyecto más difícil es comparar los resultados con los obtenidos en otros proyectos (índices de productividad, rendimientos, etc.)<sup>10</sup>

- La dificultad de tomar datos en terreno.<sup>11</sup>

La actualización y capacitación del personal.

- La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.<sup>12</sup>

- La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

Uno de los indicadores que no podemos dejar de lado es el desempeño de la mejor empresa del mercado y sus promedios, además del promedio de la industria completa el cual puede ser algunas veces contra productivo pues en un nivel de funcionamiento es interesante, pero tiende a producir la autocomplacencia en aquellas empresas que están

---

<sup>10</sup> Las características del proyecto, así como del espacio donde se va a construir, pueden determinar la dificultad de los trabajos a ejecutar condicionando el proyecto.

<sup>11</sup> La complejidad del proyecto, la etapa de ejecución de los trabajos y los climas extremos pueden dificultar la toma de datos en campo.

<sup>12</sup> Se debe ser muy preciso en los procedimientos que se van a medir, ya que se debe determinar el tiempo efectivo, tiempo de inactividad, unidad a medir. Las cuadrillas y las condiciones de trabajo deben estar definidas y ser representativas de una situación normal.

sobre el promedio. Para aquellas empresas bajo la media, el primer objetivo implícitamente señalado debe ser alcanzar el promedio.

c. Instrumento de medición.

El cuestionario tiene formato digital y para su realización se utilizó la herramienta de Cuestionarios en línea de Google, esto con la finalidad de hacer más fácil su aplicación ya que se puede contestar incluso desde dispositivos móviles y tabletas, también es posible hacerlo vía correo electrónico.

El cuestionario se aplicará a un total de 40 empresas, seleccionadas de la base de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas DENUE, cabe recordar que la selección de empresas se realizó tomando en cuenta sus características: que se dediquen a la vivienda multifamiliar, cantidad de obras ejecutadas y clasificación según el número de empleados (Pymes). Se estima tener un índice de respuesta del 50% razón por la que se está enviando a un número mayor de empresas.

A continuación, se presenta el diseño del cuestionario que se aplicará para la recopilación de la información que se espera podrá arrojar un diagnóstico de la problemática que presentan las empresas de construcción en la Ciudad de México.

## Pérdidas en los Proyectos de Construcción

El siguiente cuestionario totalmente anónimo y forma parte de una investigación realizada en el Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Esta dividido en 4 Secciones y contiene un total de 24 preguntas de Opción Múltiple, por favor conteste las preguntas de manera libre y directa, la información recopilada solo se utilizará con fines académicos.

**\*Obligatorio**

1. Dirección de correo electrónico \*

\_\_\_\_\_

### Datos Generales y Diagnostico

---

2. Puesto o cargo dentro de la empresa \*

*Marca solo un óvalo.*

- Director
- Gerente
- Superintendente
- Residente
- Maestro de Obra

3. Edad \*

*Marca solo un óvalo.*

- 20-30
- 30-40
- 40-50
- 50-60
- Más de 60

4. Profesión \*

*Marca solo un óvalo.*

- Arquitecto
- Ingeniero Civil
- Otro

**5. Área en que desempeña sus actividades dentro de la empresa \****Marca solo un óvalo.*

- Diseño y Desarrollo de Proyecto Ejecutivo
- Construcción
- Presupuestos
- Control (obra, calidad)
- Otros: \_\_\_\_\_

**6. ¿En cuantos proyectos participa al año? \****Marca solo un óvalo.*

- 1-2
- 3-4
- 5-6
- más de 6

**Diagnóstico Tiempo****7. ¿En la empresa en la que labora realizan una planeación (programa) de los proyectos que se van a ejecutar? \****Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- Algunas veces

**8. ¿Quién realiza esta planeación? \****Marca solo un óvalo.*

- Director
- Gerente
- Superintendente
- Residente
- Maestro de obras

**9. ¿Considera que funciona la planeación del trabajo? \****Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- No se

10. ¿Considera que las obras en las que participa se realizan en tiempo y forma? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Algunas veces  
 No se

11. ¿Conoce lo que se considera un riesgo en la obra? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Tal vez

12. ¿En la obra cuentan con un plan en caso de riesgo? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Desconozco

13. ¿Realizan labores de mitigación de riesgos? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Desconozco

## Diagnóstico Costo-Calidad

14. ¿Considera que las especificaciones de proyecto coinciden con lo que se ejecuta en obra? \*

Marca solo un óvalo.

- Siempre  
 Casi siempre  
 Pocas veces  
 Nunca

15. En su experiencia ¿Considera que los volúmenes de obra que se indican en el catálogo de conceptos, coinciden con lo que se ejecuta en obra? \*

Marca solo un óvalo.

- Siempre  
 Casi siempre  
 Pocas veces  
 Nunca

16. Indique según su experiencia ¿Qué porcentaje de trabajos en obra se tienen que repetir por errores u omisiones? \*

Marca solo un óvalo.

- 0% - 20%
- 20% - 40%
- 40% - 60%
- 60% - 80%
- 80% - 100%

17. Indique según su experiencia ¿Qué porcentaje de atraso tiene en sus obras? \*

Marca solo un óvalo.

- 0% - 20%
- 20% - 40%
- 40% - 60%
- 60% - 80%
- 80% - 100%

18. Con base en la pregunta anterior ¿Que factores considera que propician estos atrasos? \*

Marca solo un óvalo.

- Errores, omisiones o Cambios de Proyecto
- Mala Planeación de los Procesos
- Tiempos muertos (esperas)
- Falta de Supervisión
- Otros

19. ¿En que porcentaje considera que se ve afectado el presupuesto de la obra? \*

Marca solo un óvalo.

- 0% - 20%
- 20% - 40%
- 40% - 60%
- 60% - 80%
- 80% - 100%

## Reducción de Pérdidas

20. ¿Conoce algún sistema de control de pérdidas y desperdicios? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Desconozco



21. ¿La empresa donde labora lleva un control de desperdicios o pérdidas? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Desconozco

22. ¿La empresa donde trabaja lleva registro o un estimado de las pérdidas por obra? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Tal vez

23. ¿Se realizan acciones para el control de pérdidas? \*

Marca solo un óvalo.

- Siempre  
 Algunas veces  
 Nunca

24. ¿En que etapas del proyecto ejecutivo considera que se deben tomar acciones para evitar pérdidas? \*

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- Diseño  
 Presupuestación  
 Planeación y Programación  
 Ejecución (obra)  
 Supervisión y control

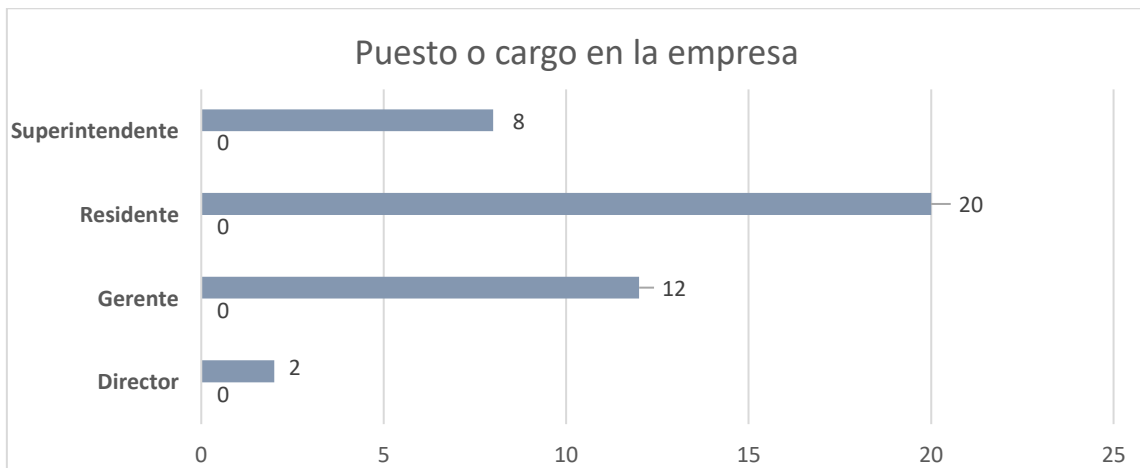
d. Validación del Instrumento de Medición.

Para la aplicación del cuestionario primero se realizó una aplicación piloto con un grupo de 10 arquitectos a los cuales se les dieron las instrucciones para contestar el cuestionario, adicional a esto también se solicitó tomaran el tiempo que los llevaba contestar, así como alguna observación o comentario que les mereciera.

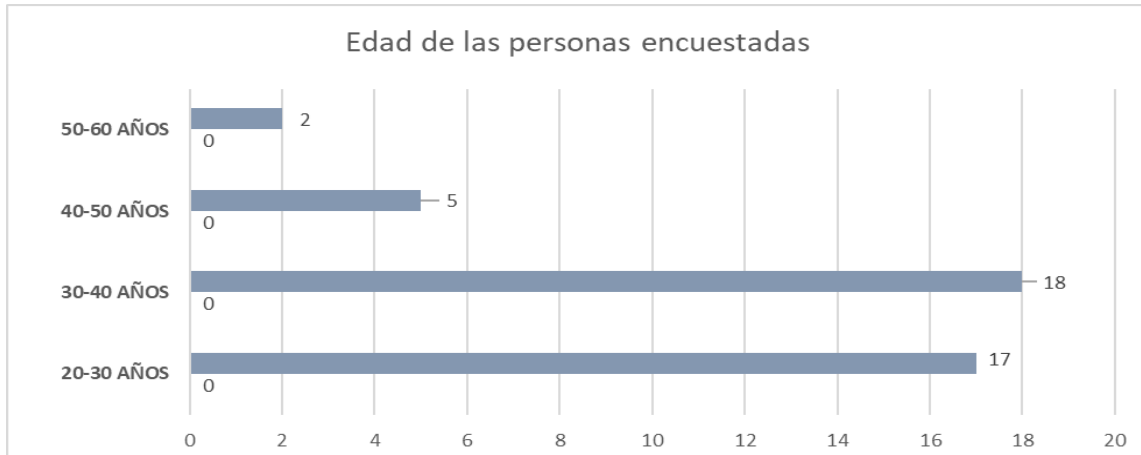
Esta información sirvió para definir las preguntas del cuestionario y realizar los últimos ajustes.

Hasta el momento se ha aplicado a 41 personas de 19 distintas empresas y se presentan los resultados hasta este momento:

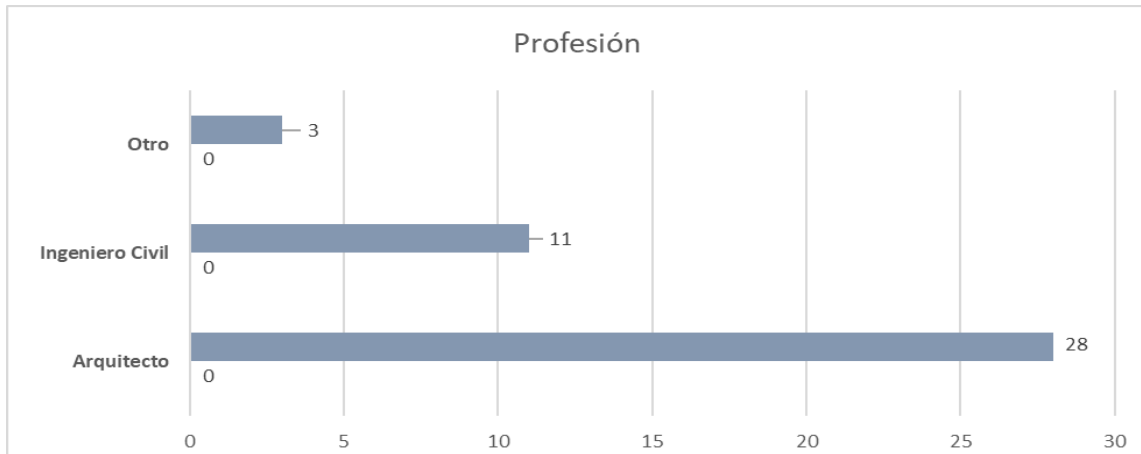
Sección I. Datos Generales. A continuación, se presentan las gráficas de los resultados que arrojó el cuestionario dirigidas a conocer los datos generales de los encuestados, profesión, edad, así como su puesto o cargo dentro de la empresa.



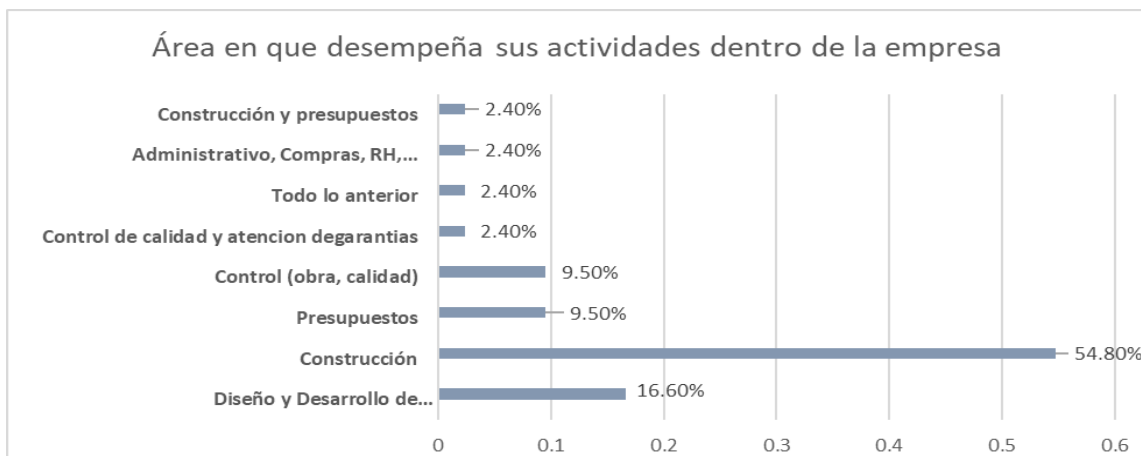
Gráfica 1. Número de personas por puesto o posición. Elaboración propia.



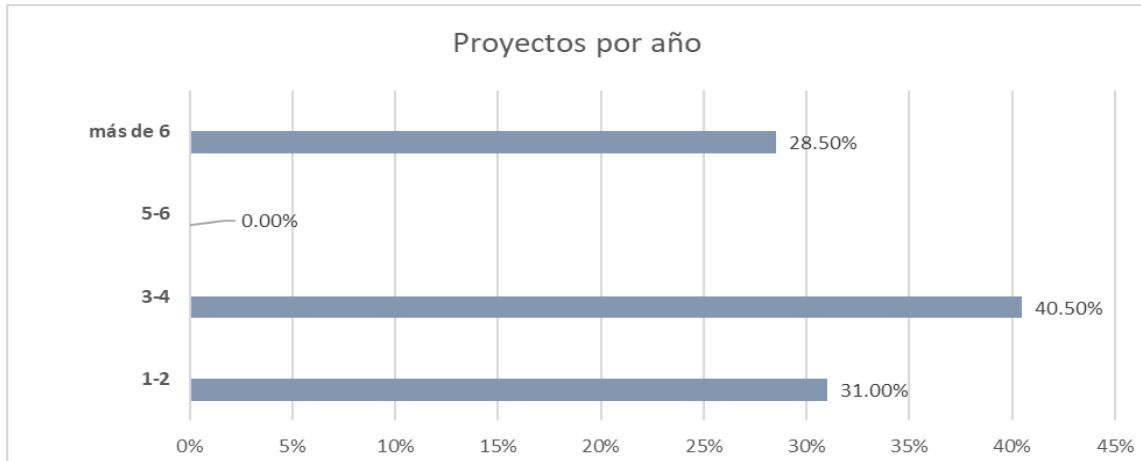
Gráfica 2. Rangos de edad de las personas encuestadas. Elaboración propia



Gráfica 3. Profesión de personas encuestadas. Elaboración propia.

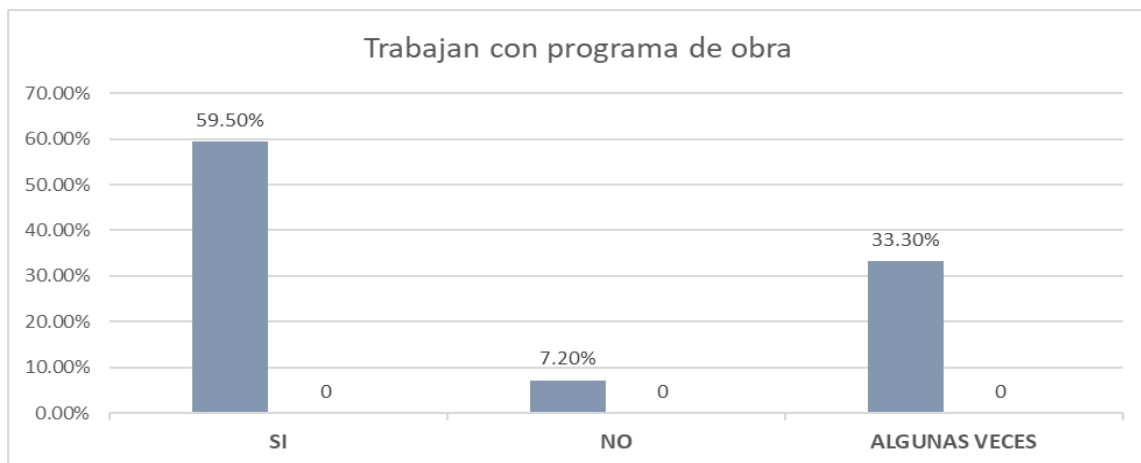


Gráfica 4. Porcentaje de personas según las áreas donde se desempeñan. Elaboración propia.

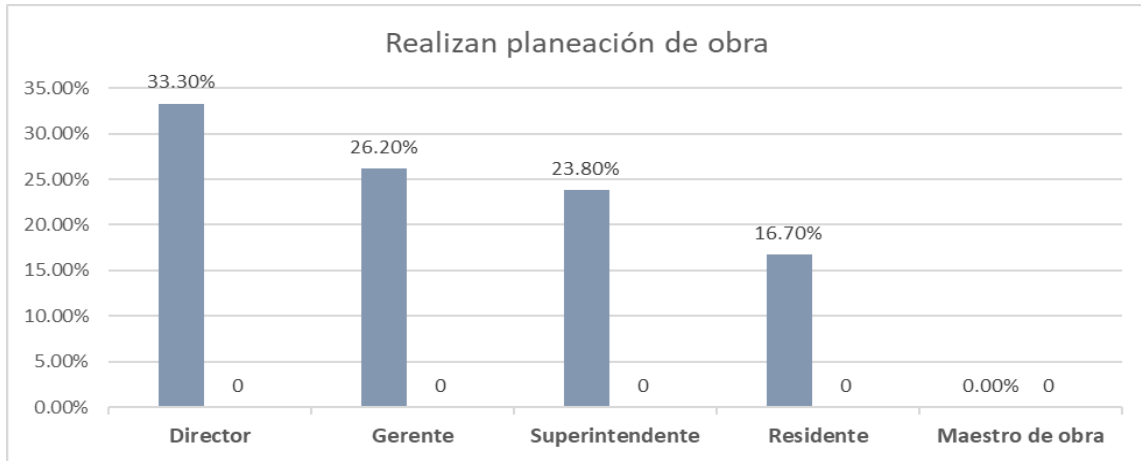


Gráfica 5. Porcentaje de encuestados y su participación en cantidad de proyectos por año. Elaboración propia.

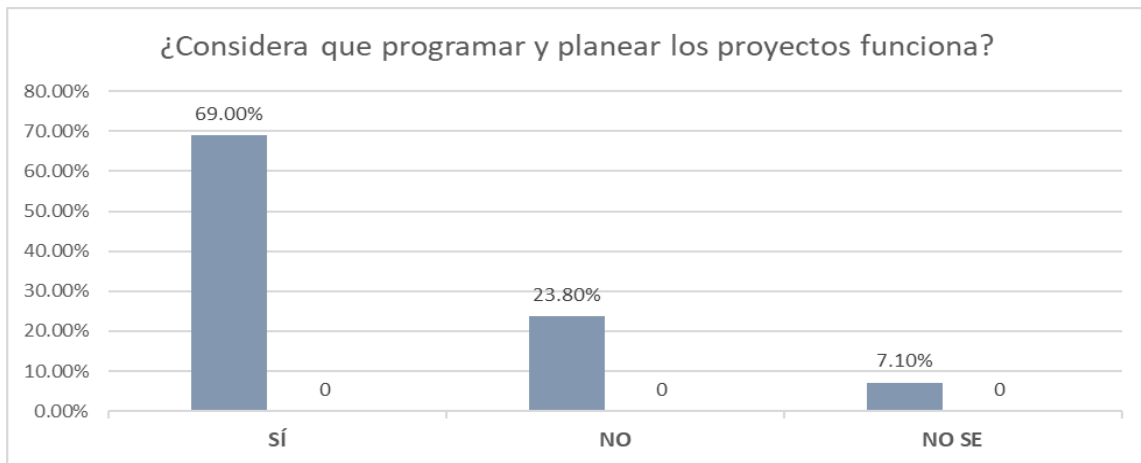
Sección II. Diagnostico Tiempo. Sección enfocada a determinar si los proyectos de construcción en los que participan los encuestados, se realizan bajo una planeación y programación de actividades, quien realiza esta planeación y si se realiza de manera correcta, si se consideran los posibles riesgos y se cuenta con un plan de mitigación y respuesta.



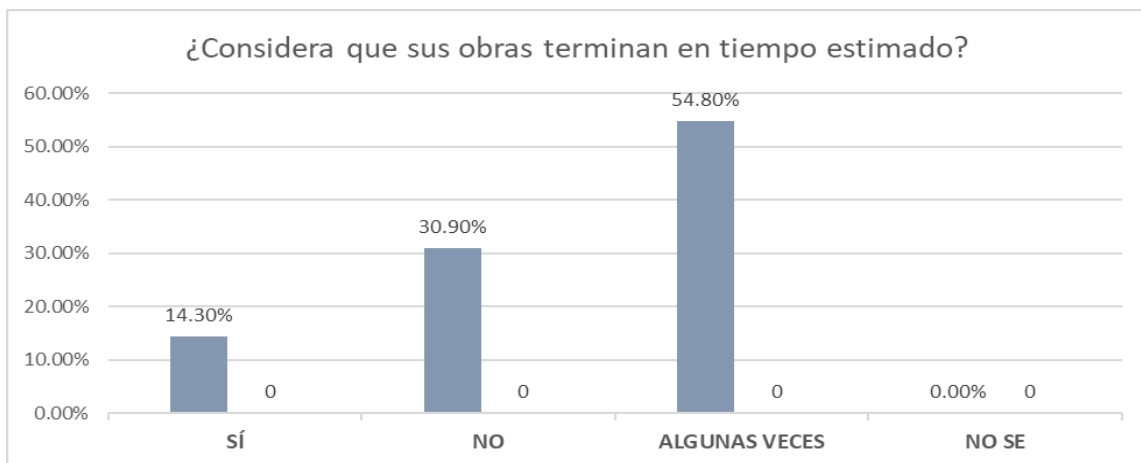
Gráfica 6. Porcentaje de encuestados que basan sus actividades con forme a una programación de obra. Elaboración propia.



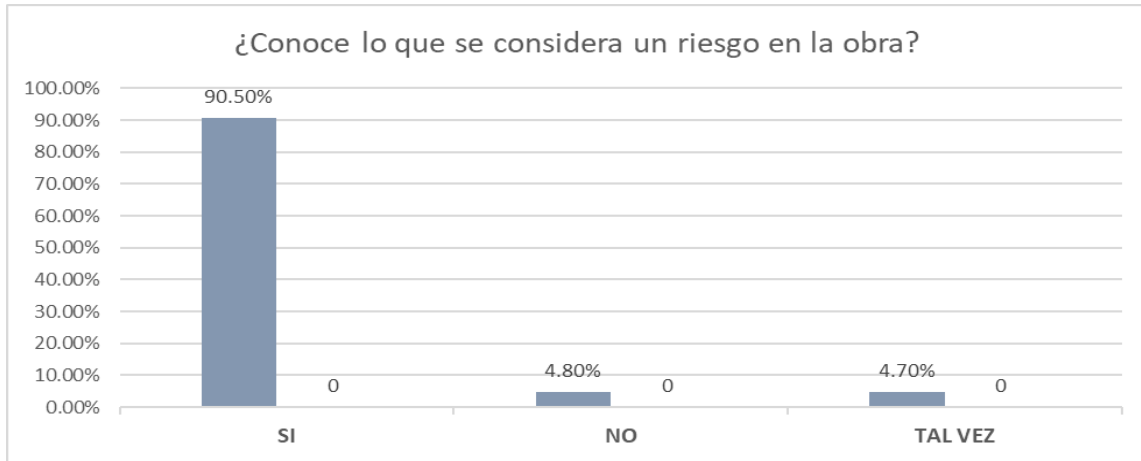
Gráfica 7. Porcentaje de encuestados que realizan planeación y programa de los proyectos a ejecutar. Elaboración propia.



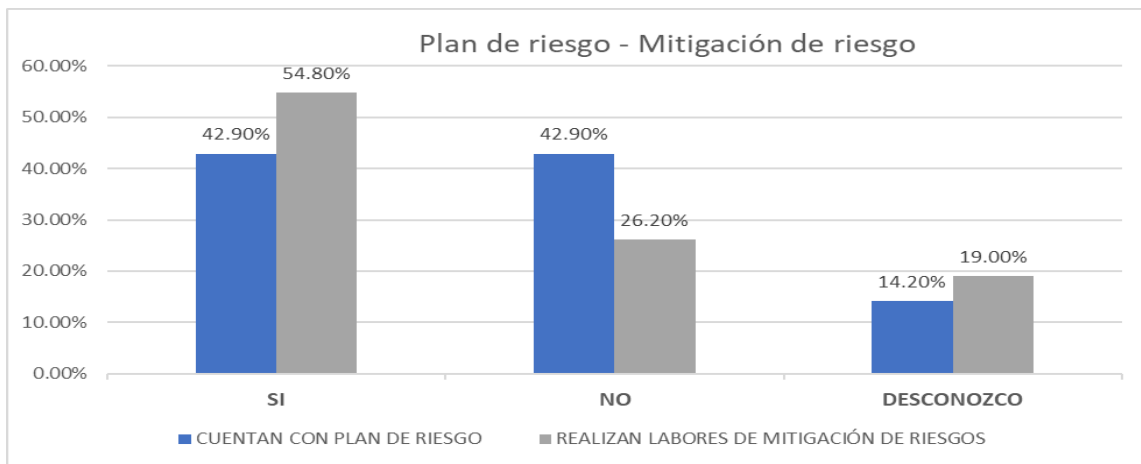
Gráfica 8. Porcentajes de encuestados que consideran que si funciona llevar un programa de obra. Elaboración propia.



Gráfica 9. Porcentaje de encuestados que considera que sus obras terminan en tiempos estimados en programa. Elaboración propia.

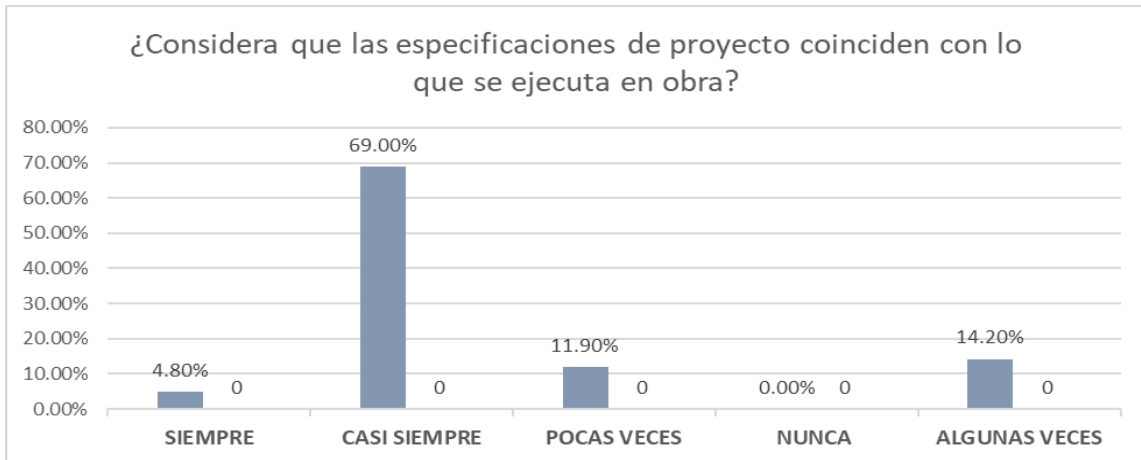


Gráfica 10. Porcentaje de encuestados que reconoce lo que es un riesgo en la ejecución de los trabajos en obra. Elaboración propia.

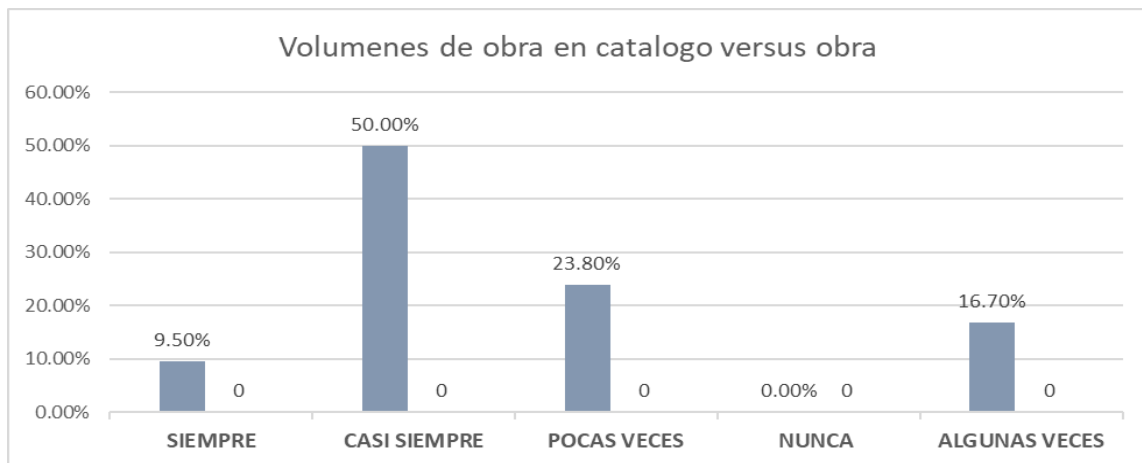


Gráfica 11. Porcentajes de encuestados que indican contar con un plan de riesgo en sus obras y los que realizan labores de mitigación de riesgos. Elaboración propia.

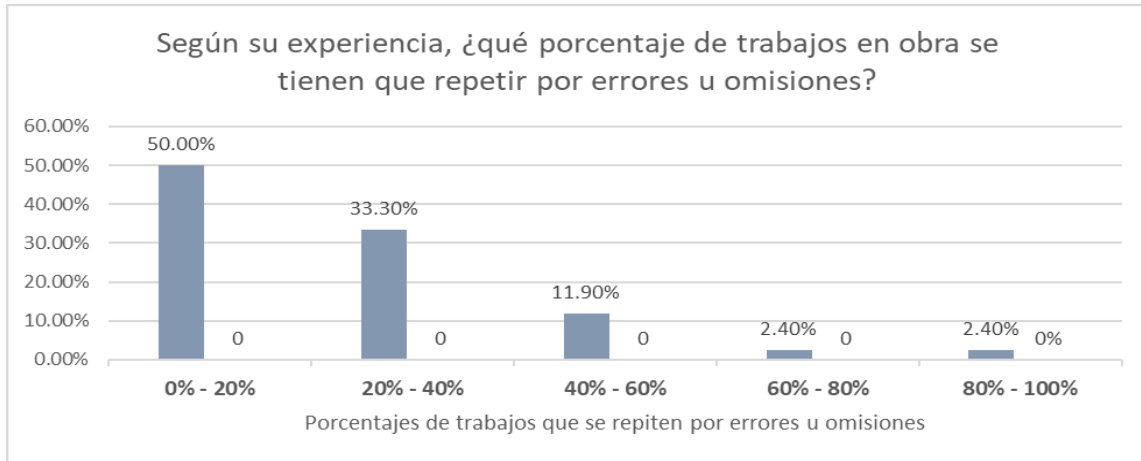
Sección III. Diagnostico Costo – Calidad. Sección enfocada a la relación de costo y calidad de los proyectos de construcción, atrasos y retrabajos, desarrollo de proyecto versus volúmenes de obra y especificaciones.



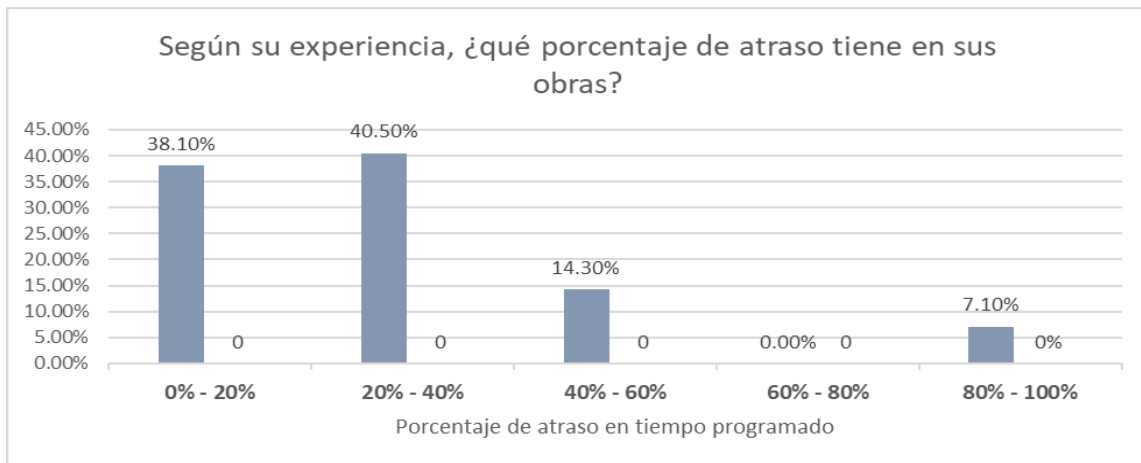
Gráfica 12. Porcentajes de encuestados que consideran que los trabajos ejecutados en campo coinciden con las especificaciones del proyecto. Elaboración propia.



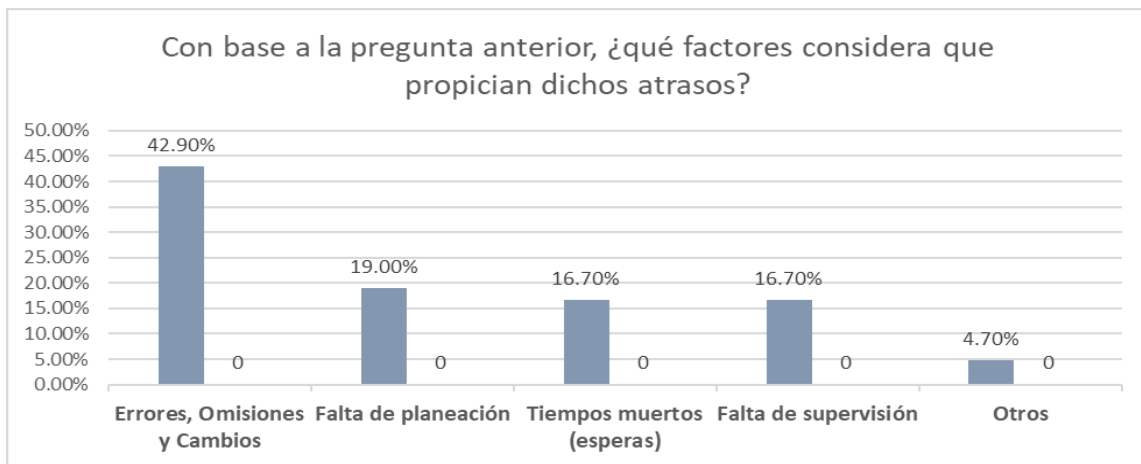
Gráfica 13. Porcentaje de encuestados que en su experiencia considera que los volúmenes de obra que se indican en catálogo de conceptos, coincide con lo ejecutado en campo. Elaboración propia.



Gráfica 14. Porcentajes de trabajos repetidos en obra según la experiencia de los encuestados.

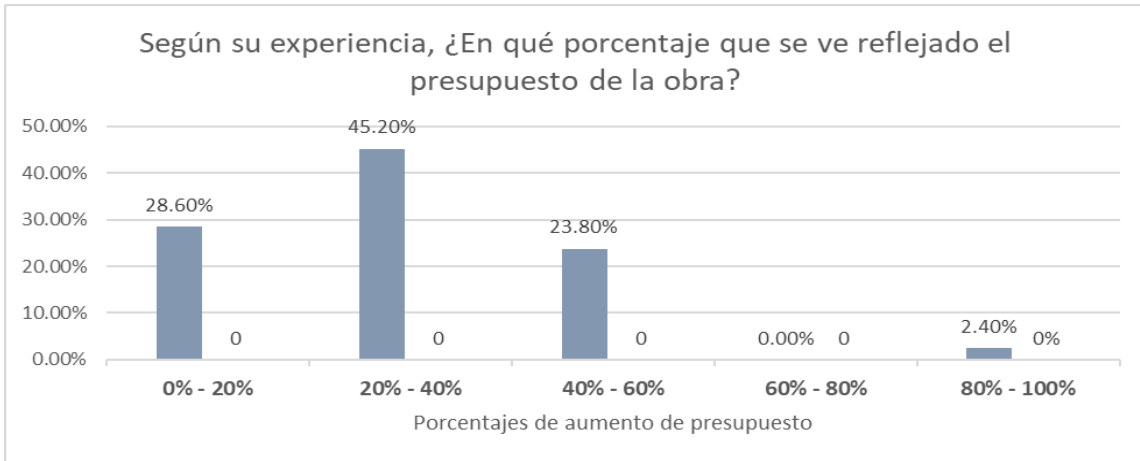


Gráfica 15. Porcentajes de encuestados que consideran los atrasos en tiempos programados para la ejecución de los trabajos. Elaboración propia.



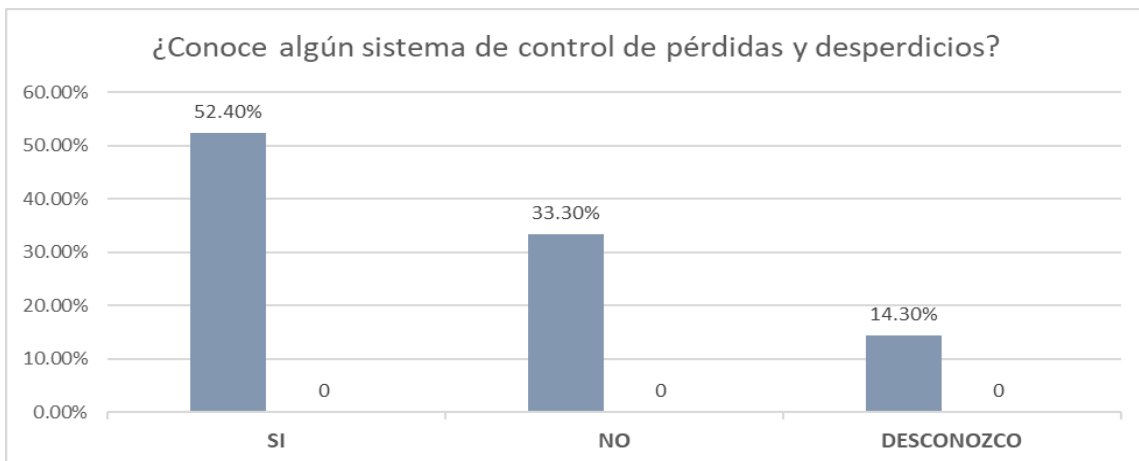
Gráfica 16. Factores que afectan los trabajos en obra propiciado retrasos al proyecto.



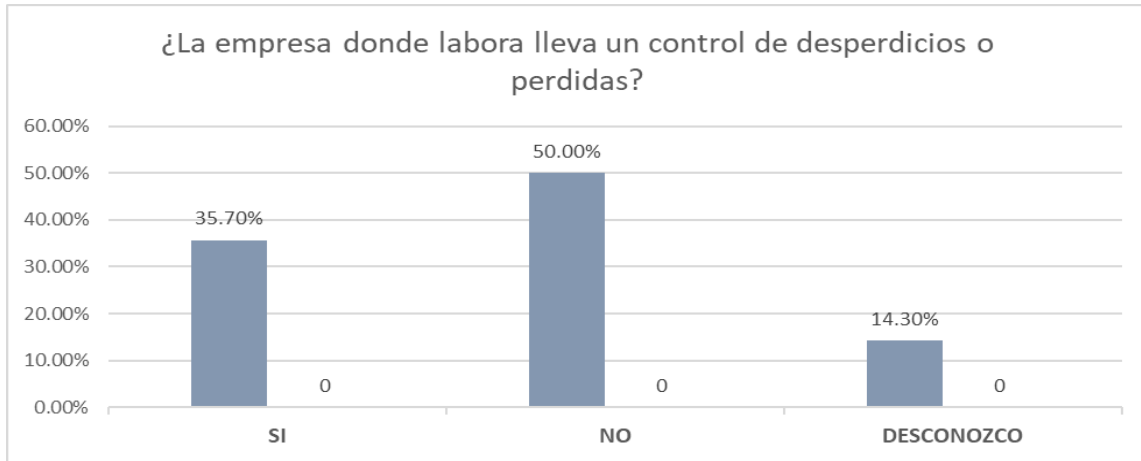


Gráfica 17. Porcentajes en que se afecta el presupuesto según encuestados. Elaboración propia.

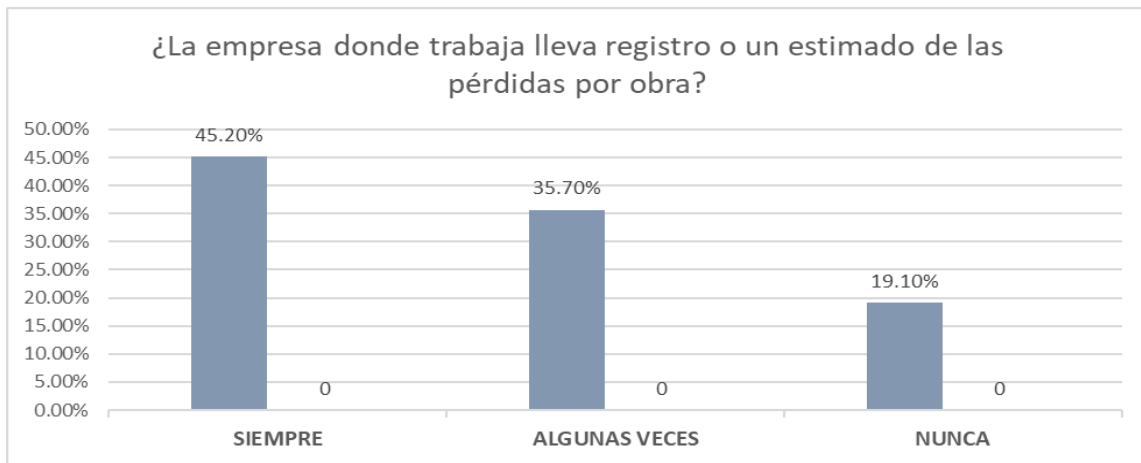
Sección IV. Reducción de pérdidas. Sección enfocada a determinar si las empresas encuestadas cuentan con sistema de control de calidad, así como la identificación de pérdidas y desperdicios.



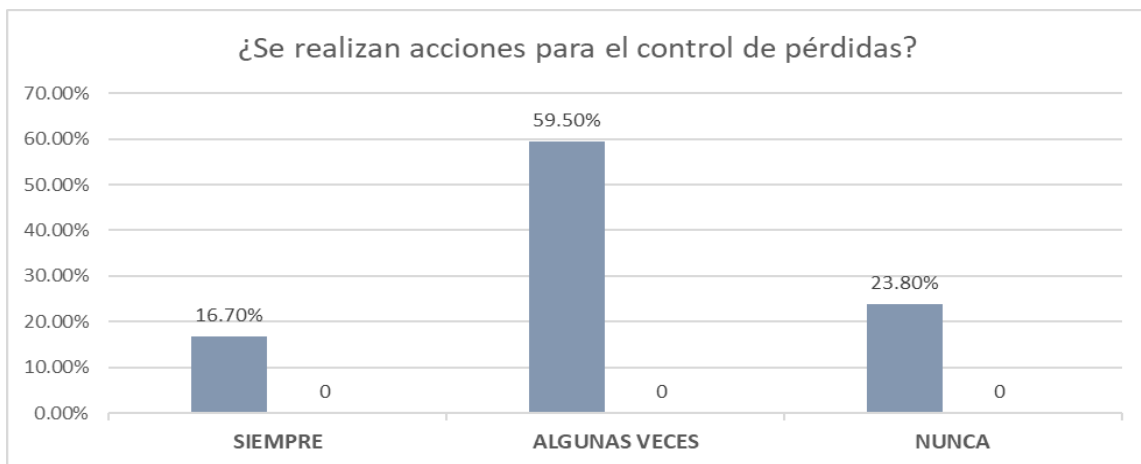
Gráfica 18. Porcentaje de encuestados que conocen alguna herramienta para el control de pérdidas y desperdicios. Elaboración propia.



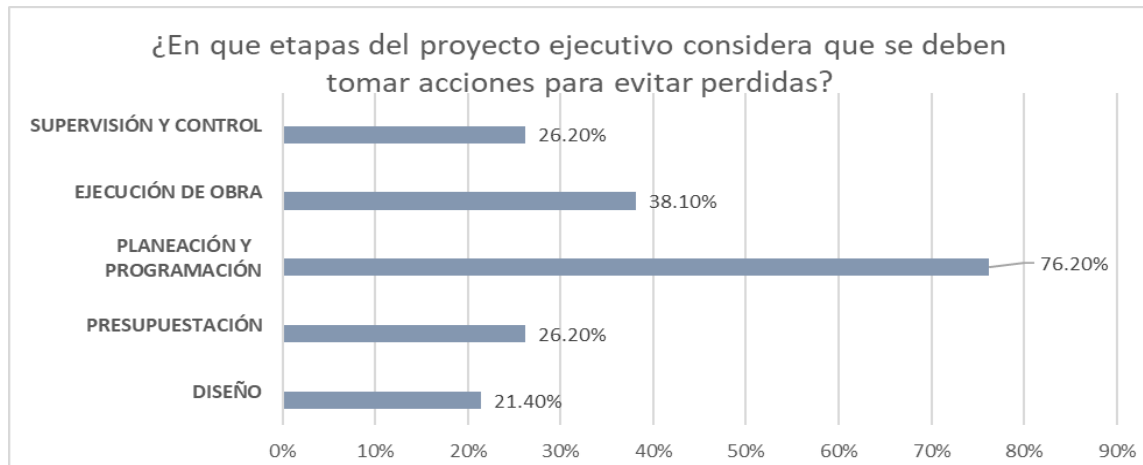
Gráfica 19. Porcentaje de encuestados que aplican herramientas de control de pérdidas y desperdicios en obra. Elaboración propia.



Gráfica 20. Porcentaje de encuestados que indican llevar registros o estimados de pérdidas y desperdicios. Elaboración propia.



Gráfica 21. Porcentaje de encuestados que realizan acciones para el control de pérdidas y desperdicios en obra.



Gráfica 22. Porcentaje de encuestados que consideran las etapas del proyecto en las que se deben tomar acciones para evitar pérdidas y desperdicios. Elaboración propia.

#### IV. Modelo de Eficiencia y Reducción de Pérdidas

En este capítulo se propone el diseño del Modelo de Eficiencia en Proyectos de Construcción, el cual se desarrolló con base a la problemática planteada, la teoría de reducción de pérdidas, así como la investigación realizada a las empresas constructoras y el análisis de sus resultados. Con lo cual ha sido posible realizar esta propuesta ya que el diagnóstico nos ha dado los puntos críticos a atacar.

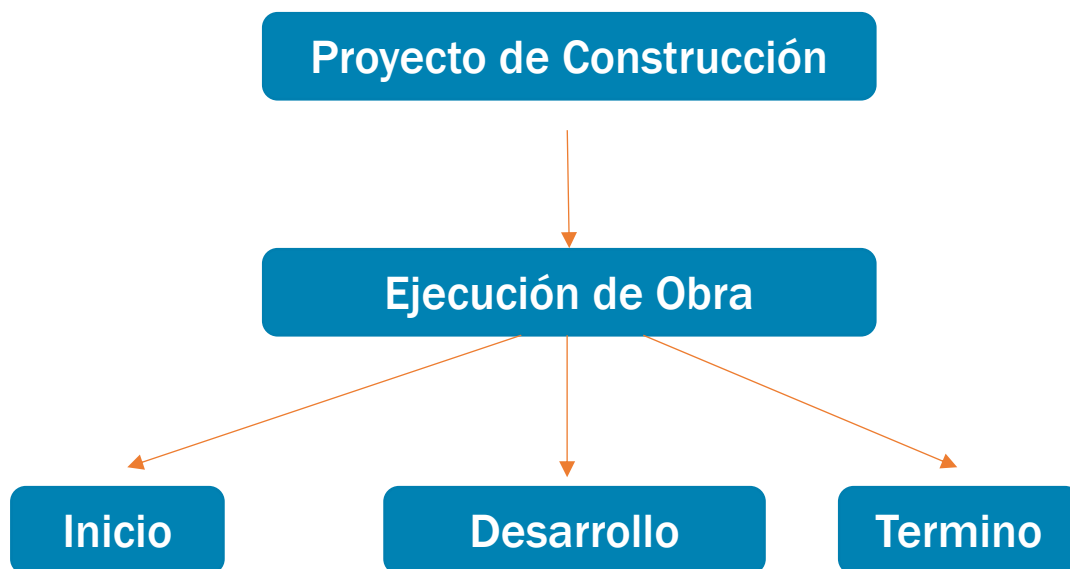
MI modelo de eficiencia consiste en analizar y determinar los puntos y momentos claves para involucrar herramientas de calidad que se han utilizado para otras industrias y que se pueden incorporar a la industria de la construcción, ubicar correctamente el proceso de la obra, conocer los problemas recurrentes en el desarrollo y ejecución, así como la teoría respecto a la Filosofía de Reducción de Pérdidas.

La industria de la construcción es prácticamente la única en donde los procesos se realizan en distintos sitios cada vez y para cada producto, es cierto que lo que se trata es de estandarizar pero se debe analizar el sitio cada vez que se realiza un nuevo producto

para establecer las condiciones y que sean muy parecidas, de lo contrario se debe analizar cuáles serían las mejores condiciones para que el flujo de los producción y ejecución sea el correcto, solo de esta manera podemos garantizar que los trabajos se ejecuten de manera correcta, con la calidad esperada, con menos desperdicios y mayor eficiencia.

Se ha establecido un modelo que incluya una secuencia practica y sencilla con la finalidad de no omitir ningún paso previo dentro de la construcción.

Para el modelo y su desarrollo se propone un diagrama de procesos que facilite su desarrollo, para esto se propone dividir el proceso de construcción en 3 etapas; inicio, desarrollo y cierre, lo cual ayudara a establecer y agrupar los procesos críticos para atacarlos con las acciones, decisiones o herramientas pertinentes para su mejora.



*Figura 5. Propuesta conceptual de división de los procesos de construcción en etapas para su estudio.*

*Fuente: PMBOK Ciclo de vida de un proyecto Sexta edición 2017. Pg. 18*

El proceso de Obra se dividió en tres etapas. Es necesario establecer un punto de inicio o partida para definir la meta de termino y su punto máximo en desarrollo, así pues, la ejecución debía ser estructurada de tal manera que permitiera clasificar las actividades correspondientes a cada etapa de ejecución para lograr una mejor comprensión, mejores resultados de aplicación y sencilla implementación de la propuesta.

El diagrama general cuenta con los siguientes elementos:

- Acciones principales. Actividades principales del proceso de ejecución.
- Acciones de mejora. Implementación de acciones para la reducción de perdidas.
- Acciones complementarias. Acciones dentro del flujo del proceso que no añaden valor pero que son necesarias.

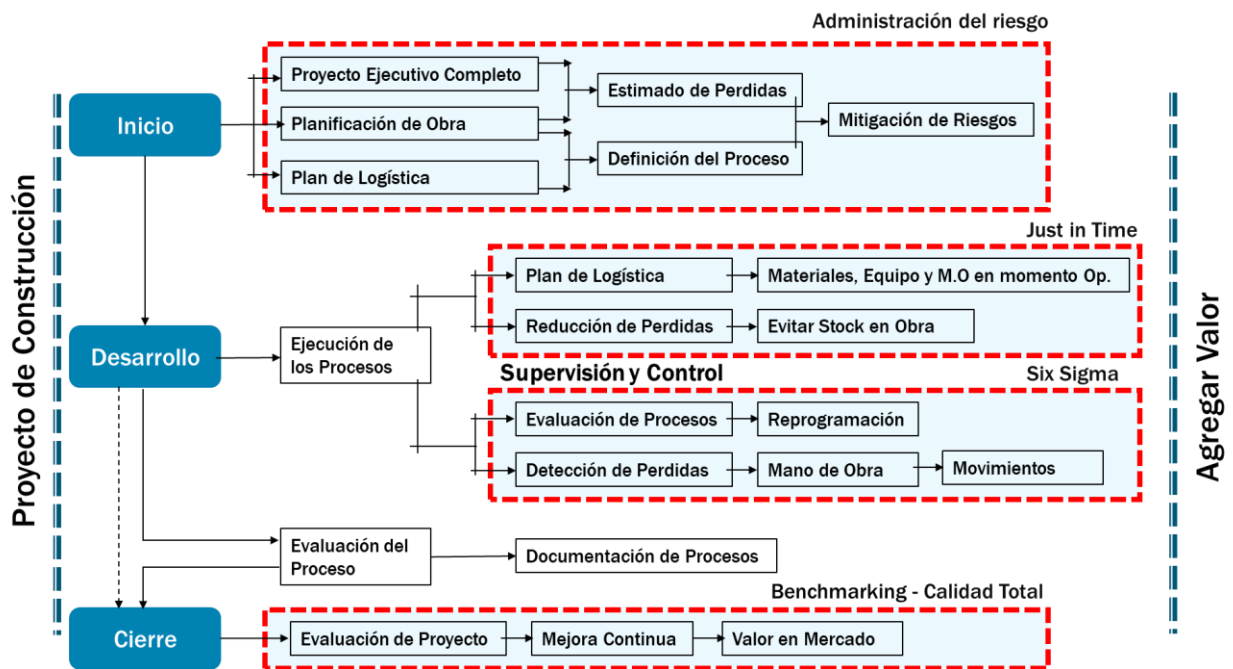


Figura 6. Propuesta esquema general de Modelo de eficiencia y reducción de perdidas. Elaboración propia.

Las etapas de inicio y desarrollo son esenciales, la primera porque es en la que se determinará un estimado de pérdidas durante el proceso de construcción, esto nos lleva a entender que no hay obras perfectas donde el desperdicio o las pérdidas sean cero, pero además nos da la pauta para que podamos reducir y disminuir los desperdicios y las pérdidas al mínimo; la segunda etapa de desarrollo será igual de importante ya que en ella se pondrán en marcha los planes y acciones que se analizaron en la etapa de inicio, se controlará el desarrollo de los trabajos ejecutados, siempre con el objetivo de cumplir la calidad esperada al cliente y se podrán detectar al momento donde los planes no están funcionando para así corregir rumbos y fijar los objetivos previstos.

La etapa de cierre nos ayudará a evaluar lo ejecutado a analizar los errores y lecciones aprendidas para no repetirlos o mejorarlos.

## a. Etapa Inicio

Esta etapa es parte primordial para la ejecución, es aquí donde se debe contar con la información necesaria para ejecutar los trabajos, si la información está bien definida y completa, se podrán reducir las pérdidas, en esta etapa son importantes la planificación de los trabajos y el planteamiento general de la logística.

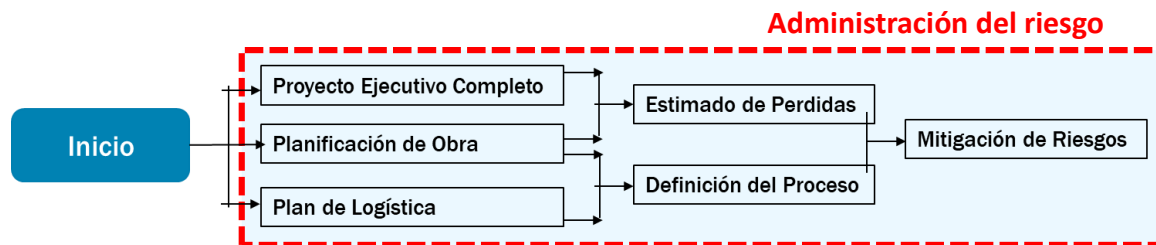


Figura 7. Etapa INICIO los procesos y acciones a realizar, apoyados de instrumentos encargados a determinar los riesgos y su mitigación en los proyectos de construcción. Elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama la suma de un Proyecto Ejecutivo completo más la Programación adecuada de la obra, nos ayudara a determinar los puntos críticos donde se pueden reducir las pérdidas en el proceso de desarrollo, por lo que esta etapa es de prevención.

Por otro lado, la correcta Planificación más la propuesta de Logística general del proyecto de construcción nos permitirá entender el y los procesos de obra permitiendo identificar los puntos críticos para la identificación del riesgo<sup>13</sup>, el cual es la propuesta principal para evitar los retrasos no deseados por eventos e incidentes no previstos.

<sup>13</sup> El PMBOK menciona que “Identificar los Riesgos es el proceso de identificar los riesgos individuales del proyecto, así como las fuentes de riesgo general del proyecto y documentar sus características. El beneficio clave de este proceso es la documentación de los riesgos individuales existentes del proyecto y las fuentes de riesgo general del proyecto. También reúne información para que el equipo del proyecto pueda responder adecuadamente a los riesgos identificados. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto.”

Las herramientas y filosofías mencionadas son totalmente aplicables a las empresas y proyectos de construcción, se han utilizado ya en otros países obteniendo resultados sumamente interesantes, tanto que su utilización en las empresas de arquitectura e ingeniería se ha denominado como "*Lean Construction*".

En el modelo Lean la construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos.

El modelo de proceso de producción según los principios de Lean Construction se basa en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor), como las actividades de conversión (actividades que agregan valor) permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo (Bernardes, 2001), puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción. El impacto sobre éstos tiene una influencia muy superior en el proceso de producción entero, en comparación a los procesos de conversión, que sólo representan entre un 3% a un 20% de los pasos que agregan valor (Alarcón, 2009).

En teoría el proceso de construcción tradicional es un proceso bien estructurado para procesos de producción simples. Pero, para procesos de producción complejos, que envuelven una infinidad de actividades que necesitan ser coordinadas, planificadas y controladas el sistema Lean es mucho más adecuado. Así pues, en proyectos complejos donde el cliente tenga una alta exigencia y los mercados sean altamente competitivos, el sistema de producción Lean aportará a la empresa unos beneficios que el sistema tradicional nunca podrá obtener.

Según Ballard (Ballard, 2003) el proceso de producción bajo un sistema Lean se divide en tres pasos:

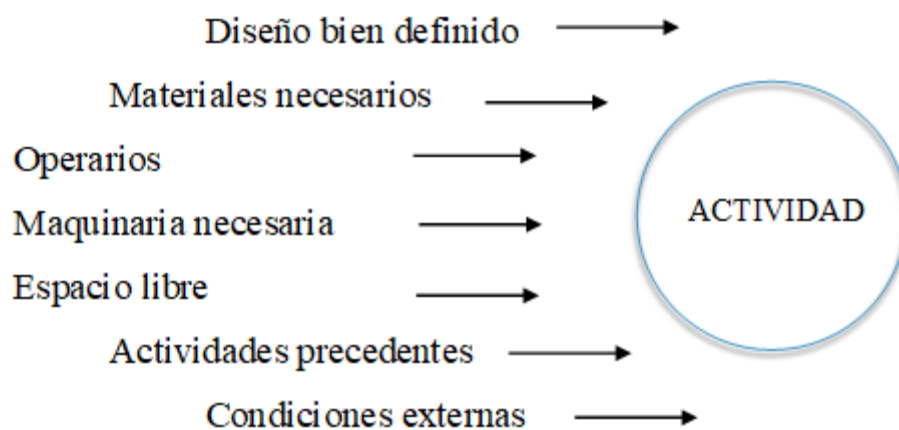


- 1) Primero se convierte materias primas en un producto final.
- 2) Segundo el material y la información fluye a través del tiempo y del espacio.
- 3) Tercero el valor para el cliente es creado.

La máxima finalidad es construir algo que el cliente considere valioso y eliminar los desperdicios en el proceso de construcción de ese algo valioso.

El proceso de construcción bajo la filosofía Lean busca que el flujo sea el sistema primordial de construcción, para que el flujo sea constante se han de ir realizando actividades de forma continua.

Dichas actividades tienen un aserie de restricciones como se muestra en la figura:



*Figura 8. Restricciones comunes para la realización de una actividad. Fuente: Saloman, J.A., "Application of the New Production Philosophy to Construction", 2005.*

La producción convencional está mejorando debido al uso de nuevas tecnologías poniendo atención principalmente en las actividades que añaden valor. Así mismo con el tiempo las actividades que no añaden valor y que no son controladas tienden a crecer trayendo como consecuencia:

Producción más compleja

Producción más propensa a generar problemas.

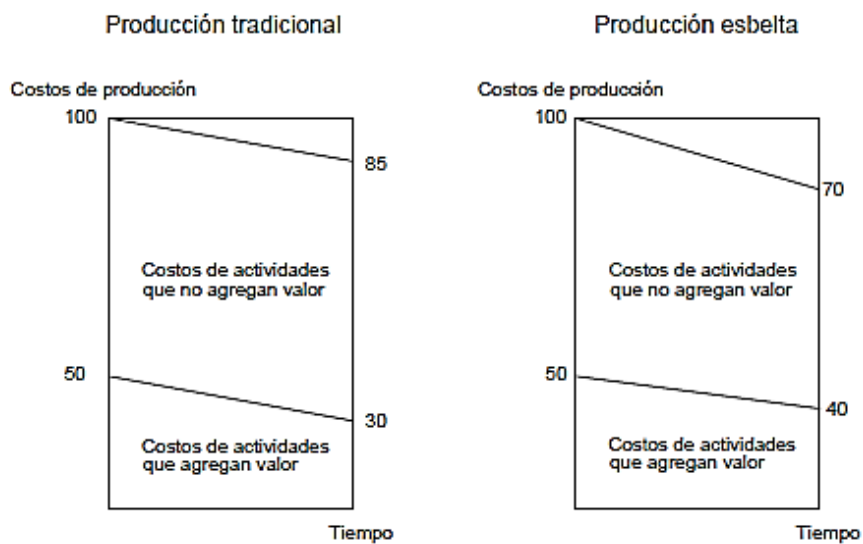


Figura 9. Enfoque de los esfuerzos de desarrollo Lean Construction. Fuente: Alarcón Luis. F., "Lean Construction", 1997.

	<b><i>Producción tradicional</i></b>	<b><i>Lean Production</i></b>
Concepto	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que agregan valor.	La producción está compuesta por flujos (no agregan valor) y conversiones (agregan valor).
Control de Producción	Dirigido al costo de las actividades.	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos.
Mejoramiento	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología.	Eliminación de las actividades que no agregan valor (perdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que, si agregan valor, a través del mejoramiento continuo y la implementación de nueva tecnología.

*Figura 10. Tabla Comparación entre método convencional y nueva filosofía Lean. Fuente: Botero B., Luis F., Álvarez V Martha E., "Identificación de las Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción", Revista Universidad EAFIT, volumen 130, abril-junio 2003, Medellín Colombia.*

En la filosofía Lean las actividades que no agregan valor son atendidas antes que ocasionen problemas.

A través de las aplicaciones de los principios para mejorar el proceso es posible reducir los costos y las actividades que no agregan valor notablemente.

En la filosofía de producción tradicional sin duda se han conseguido aumentos en productividad y reducciones espectaculares en los costos. Sin embargo, por la propia forma de estar concebida obtienen estos resultados operando en grandes lotes de productos lo más estandarizados posibles, produciendo al máximo de su capacidad para después empujar el producto hacia el mercado y esperar la hora de venderlos. Se trata pues de un sistema enfocado a elevar al máximo la productividad de todas y cada una

de las operaciones y obtener económicas de escala al máximo nivel posible, consiguiendo así el mínimo costo unitario. La competitividad que se puede lograr con este enfoque de gestión es limitada y su costo puede ser excesivo ya que, la operación con lotes grandes es muy lenta, genera muchos inventarios y la calidad es incierta y costosa. Frente a los sistemas clásicos de gestión basados casi exclusivamente en la productividad la filosofía Lean ofrecen además rapidez en la respuesta, calidad, reducción de inventarios menor costo y mucha flexibilidad que los mercados (cada día menos estables) necesitan en mayor medida.

Uno de los elementos centrales de Lean Construction es la reinterpretación de la forma en que se entiende la producción en construcción, modificando el conocido modelo de conversión. La tarea fue desarrollar un modelo que cubra todos los rasgos importantes de producción, sobre todo de los que carece el modelo de tradicional. El nuevo modelo de producción puede ser definido como la visión dual de la producción que consta de conversiones y flujos.

La nueva filosofía de producción propone los siguientes principios:

- a) Reducir las actividades que no agregan valor.
- b) Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- c) Reducir la variabilidad.
- d) Reducir el tiempo del ciclo.
- e) Simplificar mediante minimización de los pasos y las partes.
- f) Incrementar la transparencia en los procesos.
- g) Enfocar el Control del proceso al proceso completo.
- h) Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
- i) Referenciar permanentemente los procesos. (Benchmarking).

Reducir la parte de actividades que no agregan valor es una pauta fundamental. La experiencia muestra que las actividades que no agregan valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo general sólo el 3 al 20 % de pasos añaden valor (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total es insignificante, de 0.5 al 5 % (Stalk & Hout 1990).

Parecen haber tres causas de origen: el diseño, la ignorancia y la naturaleza inherente de producción en la construcción tocada anteriormente.

Para detectar las actividades que no generan valor debemos realizar diagramas de flujo de lo que se está haciendo actualmente, el siguiente paso es analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, por último, realizar entrenamiento del personal para aplicar el sistema mejorado y seguirlo mejorando en busca del óptimo.

Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente. Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o final<sup>14</sup>.

El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa, por ejemplo, cuando planificamos nuestras tareas semanales, y analizadas sus exigencias, los planes de corto plazo o intermedios, deben ser mejorados en su diseño.

Un desperdicio en un sentido más amplio y aplicado más a la nueva filosofía se definiría como cualquier pérdida de aquellas actividades que, mientras producen un

---

<sup>14</sup> Cliente interno: es personal dentro de la misma empresa que participa dentro del mismo proceso productivo, y para que pueda realizar su trabajo necesita de ciertos procesos anteriores. Cliente externo: es el cliente final, el que recibe el producto terminado y por el cual se realiza el proceso productivo.

costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor o ayudan a avanzar al proyecto. (Alarcón, 1994).

Existe una clasificación realizada por Taiichi Ohno y comprende siete desperdicios principales:



Figura 11. Los siete desperdicios (Taiichi Ohno, 1998).

1. Movimiento: Los empleados deben tener a su disposición las herramientas y recursos que vayan a necesitar para evitar desplazamientos innecesarios.

2. Esperas: Se genera por falta de planificación, de comunicación o de tardanza en el suministro de materiales, herramientas o información.

3. Sobreproducción: Se refiere a hacer más de lo necesario, dedicar más esfuerzos de los necesarios en revisiones y actualizaciones. Producir más de los que el cliente demanda o hacerlo antes de tiempo, ocupa trabajo y recursos que se podrían utilizar o responder a la demanda del cliente.

4. Sobre procesamiento: Se genera cuando a un producto o servicio se le realiza más trabajo del necesario, que no es parte del normal del proceso y que el cliente no está dispuesto a pagar.

5. Defectos: Multiplican los costos, el tiempo de trabajo y consumen una parte importante de los recursos para dar solución.

6. Inventario: Se deben reducir al mínimo ya que tienen un costo financiero u de mantenimiento. Por lo tanto, demasiado margen de inventarios oculta los problemas.

7. Transportación: Los materiales se deberían entregar y almacenar en el punto de fabricación para evitar traslados necesarios.

La eliminación de los desperdicios comprende la aplicación de herramientas de productividad como JIT, TQM, SixSigma y Benchmarking.

## Productividad

Una aproximación a la definición de la productividad presenta la relación existente entre lo producido y lo gastado<sup>15</sup>. De una manera más amplia podemos definir la productividad en la construcción como “La medición de la eficiencia con que los cursos son administrados para complementar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Serpell & Sarmiento, 1999).

---

<sup>15</sup> Es la relación que existe entre los insumos y los productos de un sistema productivo, a menudo es conveniente medir esta relación como el cociente de la producción entre los insumos. ‘Mayor producción, mismos insumos, la productividad mejora’ o también se tiene que ‘Menor número de insumos para misma producción, productividad mejora. Administración de operaciones, Roger G. Schroeder, McGraw Hill, Pág. 533.

El objeto de cualquier proceso es lograr una alta productividad lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y efectividad <sup>16</sup>, ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si esta presenta problemas de calidad.

El proceso inicia al final de la cadena de producción con la solicitud de parte del cliente, lo cual genera una reacción en cadena de perdido al interior de la empresa hasta llegar al primer paso de la producción y a su vez a los proveedores; esto puede observarse en la siguiente figura:

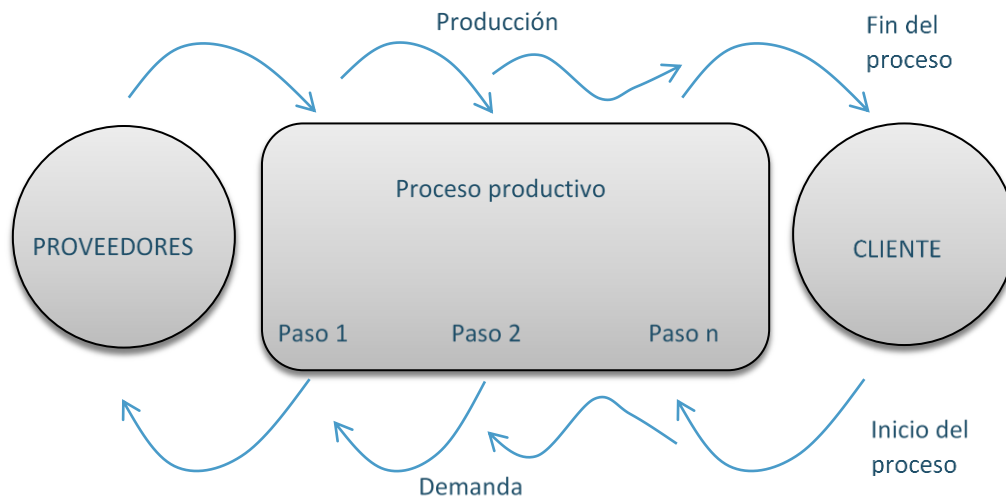


Figura 12. La producción Lean se pone en marcha en función de la demanda. Fuente Alarcón 2015, tomada con fines académicos.

Un sistema productivo como la construcción, se caracteriza por la transformación de insumos y recursos, en productos deseados.

<sup>16</sup> “La efectividad es el equilibrio entre eficacia y eficiencia, es decir, se es efectivo si se es eficaz y eficiente. La eficacia es lograr un resultado o efecto (aunque no sea el correcto) y está orientado al qué. En cambio, eficiencia es la capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viable o sea el cómo. Para Reinaldo O. Da Silva, la eficacia “está relacionada con el logro de los objetivos/resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado”.



Existen variedad de factores que afectan la productividad en proyectos de construcción, algunos de ellos son:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución de proyectos
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)
- Alta rotación de trabajadores
- Pobres condiciones de seguridad que generan altas tasas de accidentes
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra
- Falta de materiales requeridos
- Falta de suministro de equipos y herramientas
- Excesivo control de calidad
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
- Clima y condiciones adversas en la obra.

En la actualidad los esfuerzos hacia la productividad han hecho énfasis en la colaboración y participación, buscando el compromiso de todas y cada una de las personas de una organización para obtener productividad y calidad en lo que cada uno realiza.

Reducir el tiempo del ciclo.

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. Según (Betancourt, 2017), el tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos.

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo.

El tiempo de un ciclo puede ser representado de la siguiente manera:



Figura 13. Tiempos y Proceso de Ciclo de producción. Fuente Schmenner 1988, Hopp & al. 1990. Con fines académicos.

De acuerdo con (Koskela L. , 1992), el principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas.

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

Enfocar el control del proceso al proceso completo.

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo.

Hay al menos dos requisitos previos para el control enfocado sobre el proceso completo. Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Varias alternativas son usadas en la actualidad. Según Stewart, en organizaciones jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos autodirigidos en el control de sus procesos.

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental la cooperación a largo plazo con los proveedores y el funcionamiento en equipo esto con el objetivo de obtener beneficios mutuos de un flujo optimizado.

Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida u por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor.

El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos. Estandarización de los procedimientos, como manera de consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras. La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización

de los procesos. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

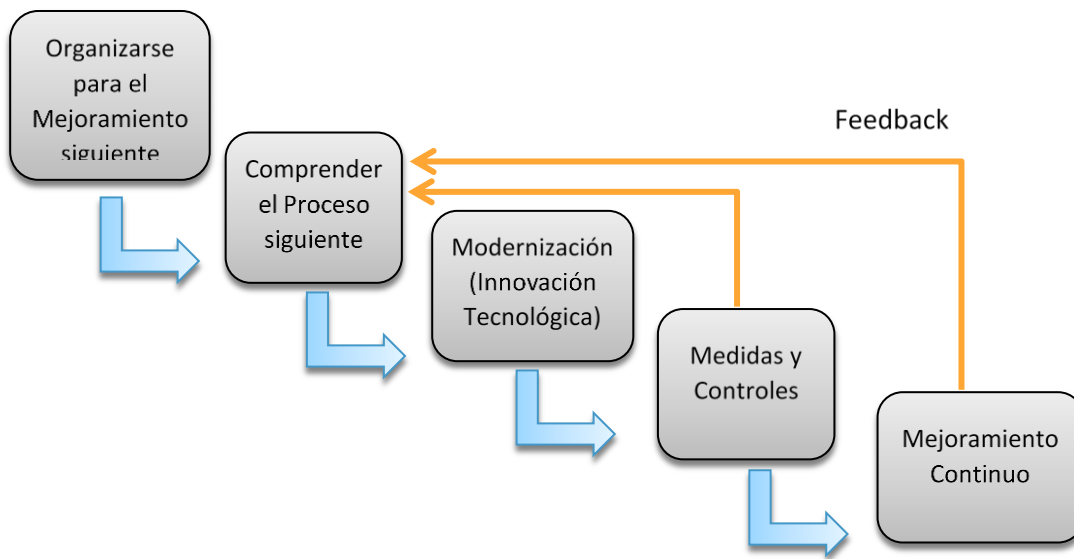


Figura 14. Proceso de mejoramiento continuo en cualquier proceso productivo. Fuente Alarcón 2015, tomado con fines académicos.

Referenciar permanentemente los procesos.

A diferencia de la tecnología para conversiones, el mejor proceso de flujo no está referenciado; tenemos que encontrarlo en algún proceso de clase mundial. A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.

## Mitigación de Riesgos.

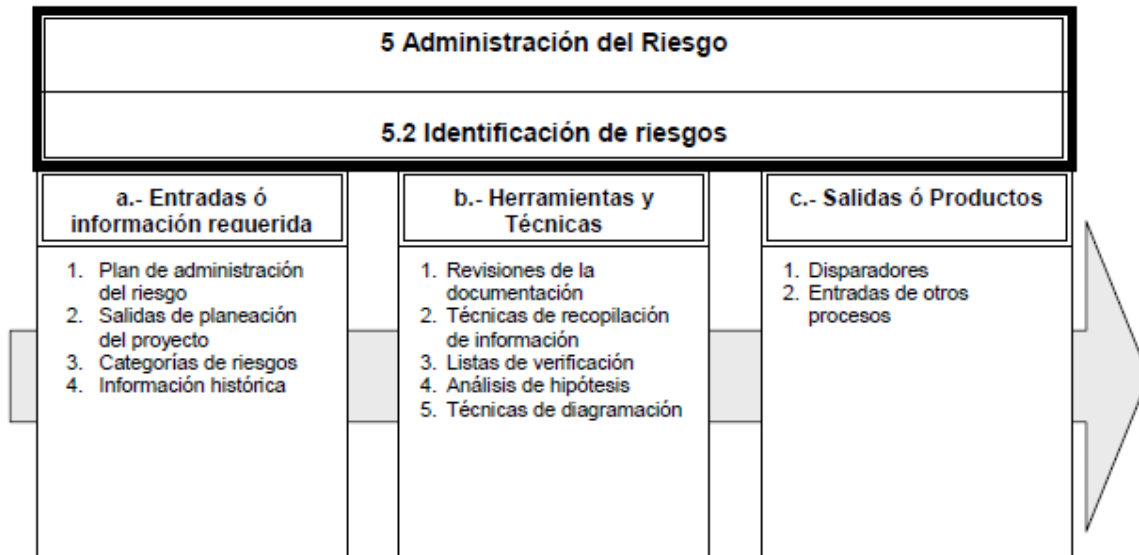


Figura 15. Esquema Administración del Riesgo. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo. Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios.

Planificar la Respuesta a los Riesgos es el proceso de desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones para abordar la exposición al riesgo del proyecto en general, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto.

El beneficio clave de este proceso es que identifica las formas adecuadas de abordar el riesgo general del proyecto y los riesgos individuales del proyecto. Este proceso también asigna recursos e incorpora actividades en los documentos del proyecto y el plan para la dirección del proyecto, según sea necesario. Según datos del PMI, proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto.

Riesgos que afectan los proyectos de Construcción.

<b>I RIESGOS EXTERNOS</b>	
▪ Regulatorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suministro de materias primas</li> <li>- Asuntos ecológicos</li> <li>- Normas de diseño</li> <li>- Normas de ejecución</li> <li>- Localización de sitios</li> <li>- Ventas o exportación de productos o servicio</li> <li>- Precio</li> <li>- Requerimientos especiales</li> </ul>
▪ Desastres Naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localización</li> <li>- Tormenta</li> <li>- Inundación</li> <li>- Sismo</li> </ul>
▪ Supuestos eventos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vandalismo</li> <li>- Sabotaje</li> </ul>
▪ Efectos indirectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De ambiente</li> <li>- Sociales</li> </ul>
▪ Terminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla en la estructura soporte como resultado de otros</li> <li>- Falla en contratos de diseño, ejecución o suministro debido a bancarota, etc.</li> <li>- Falla en el soporte financiero al final del proyecto</li> <li>- Inapropiado concepto o configuración del proyecto</li> <li>- Disturbios políticos</li> <li>- Falta de aceptación final</li> </ul>
▪ Riesgos de mercado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de materias primas</li> <li>- Costo de materias primas</li> <li>- Demanda</li> <li>- Economía</li> <li>- Competencia</li> <li>- Valor final en el mercado</li> <li>- Deseo de los compradores de honrar acuerdos de compra</li> </ul>
▪ Operacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidades de mantenimiento</li> <li>- Ajustes al propósito</li> <li>- Seguridad</li> </ul>
▪ Impactos ambientales y sociales	
▪ Ajustes de tipo de cambio	
▪ Inflación e impuestos	

Figura 16. Fuente: Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo. Tomada con fines académicos.

**III**  
**RIESGOS INTERNOS TECNICOS**

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De programación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retrasos por dificultades administrativas</li> <li>- Aprobaciones regulatorias</li> <li>- Escasez o improductividad de mano de obra</li> <li>- Paros</li> <li>- Escasez de materiales y/o retrasos en las entregas</li> <li>- Condiciones inesperadas del sitio</li> <li>- Cambios al alcance por el cliente y/o el usuario</li> <li>- Accidente o sabotaje</li> <li>- Dificultades al arranque</li> <li>- Falta de acceso</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cualquiera de los retrasos antes listados</li> <li>- Estrategia inapropiada de compras</li> <li>- Negociaciones inefectivas de pago</li> <li>- Inexperiencia de la administración o del grupo de trabajo</li> <li>- Falta de entendimiento o desajustes entre las partes</li> <li>- Reclamos contractuales</li> <li>- Estimaciones pobres</li> <li>- Cualquiera de los factores externos listados previamente</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flujo de efectivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abuso en el gasto</li> <li>- Interrupciones en el flujo</li> <li>- Insolvencia</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pérdida de potencial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beneficios</li> <li>- Utilidad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambios de tecnología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpretación de partes obsoletas</li> <li>- Partes descontinuadas</li> <li>- Competencia de proveedores, incompetencia, o inaceptabilidad</li> <li>- Complejidad como resultado de nueva tecnología</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De ejecución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad</li> <li>- Rangos de producción</li> <li>- Fiabilidad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riesgos específicos de la tecnología del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creando la entidad o producto</li> <li>- Operándolo comercializándolo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De diseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información inadecuada</li> <li>- Inexperiencia del diseñador</li> <li>- Diseño inadecuado</li> <li>- Detalles, precisión y/o adaptabilidad de las especificaciones</li> <li>- Probabilidad de cambios durante el curso del proyecto</li> <li>- Diseño vs. Método de ejecución</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Magnitud o complejidad del proyecto</li> </ul>	

Figura 17. Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo.

<b>II</b> <b>RIESGOS INTERNOS NO TECNICOS</b>
--

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Administración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de integridad</li> <li>- Incapacidad</li> <li>- Pérdida de control</li> <li>- Incompatibilidad de metas</li> <li>- Cambios en alta dirección</li> <li>- Falta (o inapropiada) estructura organizacional</li> <li>- Falta (o inapropiadas) políticas y procedimientos</li> <li>- Planeación inadecuada</li> <li>- Programación poco realista</li> <li>- Administración de proyecto inadecuada</li> </ul>
--	--

<b>IV</b> <b>LEGALES</b>
-----------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Licencias y/o permisos</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Derechos de patente</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contractuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala interpretación</li> <li>- Mal entendimiento</li> <li>- Estrategia inapropiada de contratación</li> <li>- Tipo de contrato inadecuado</li> <li>- Falla entre las partes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intervención de extraños</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intervención de conocidos</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuerza mayor</li> </ul>	

*Figura 18. Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo.*

Identificando los posibles riesgos se debe realizar un documento de mitigación con opciones claras que permitan tomar acciones tanto preventivas como correctivas.

**Desarrollo de Ejecución:** Etapa en la que se hace uso de muchos recursos humanos y materiales, por lo cual es muy importante poner atención en ella y llevarla de acuerdo con la metodología planteada. Es la parte cumbre de la ejecución y el



seguimiento de las acciones planteadas definitivamente tendrá un ahorro económico notable en este proceso.

El desarrollo de la ejecución a su vez se subdivide de la siguiente forma:

- Ejecución del proceso: Parte principal del desarrollo ya que aquí se llevará la realización del proceso como tal. Es importante ir reduciendo las pérdidas en todo el proceso de ejecución con las acciones que se muestran en el diagrama.

Para esta parte del proceso se proponen dos herramientas que asistan los procesos y propicien mayor eficiencia y mejora de la calidad, estas herramientas son Just inTime y Six Sigma, adicional a estas herramientas los procesos deben pasar por las revisiones de supervisión y control normales en la ejecución de la obra.

## b. Etapa Desarrollo

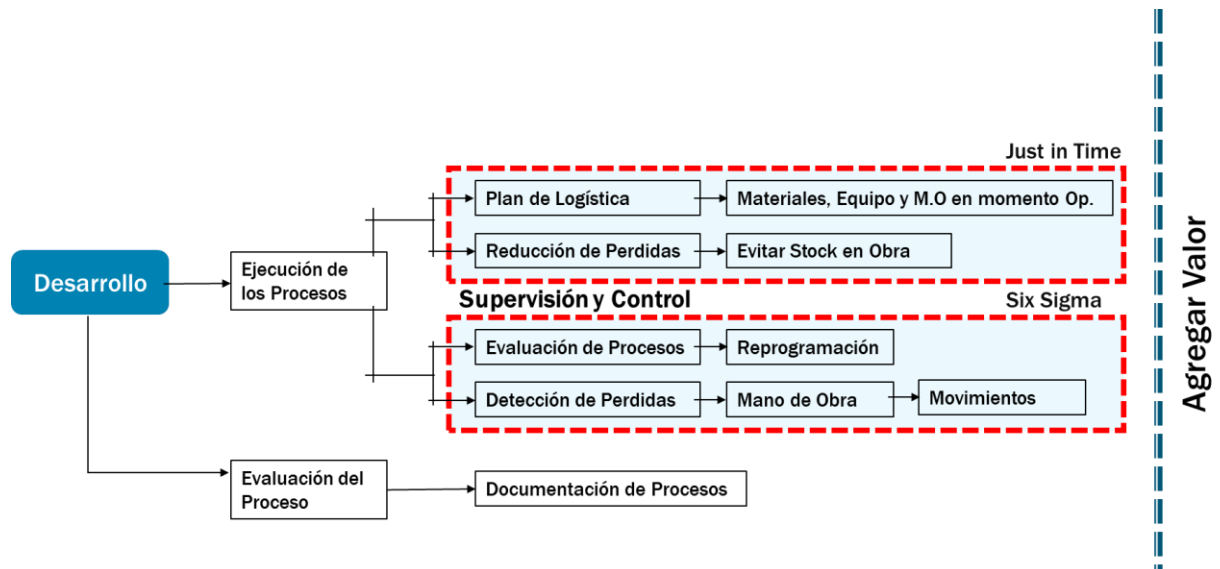


Figura 19. Etapa DESARROLLO los procesos y acciones a realizar, apoyados de instrumentos encargados a determinar la eficiencia en ejecución, eficiencia en los procesos, la supervisión e implementación de mejoras en los proyectos de construcción. Elaboración propia.

Para esta etapa se propone que apoyados con las herramientas de JIT Just intime y Six Sigma, se implementen mejoras en:

- El plan de logística de obra. Ayudando en la programación de las actividades, accesos y salidas de insumos, ubicación de elementos, tiempos y lugares, así como movimientos.
- Materiales, Equipo y Mano de Obra en operación. El uso de los recursos oportunos en momento y lugar para su utilización.
- Inventarios (*stock*) en obra. A diferencia de lo que normalmente se piensa el almacenaje principalmente de materiales representa una mayor pérdida para las empresas constructoras.

Pasos para la implantación del sistema JIT, según (Bañegil, 1993).



Pasos para la implantación del sistema JIT

**Primera fase:** cómo poner el sistema en marcha

Esta primera fase establece la base sobre la cual se construirá la aplicación. La aplicación JIT exige un cambio en la actitud de la empresa, y esta primera fase será determinante para conseguirlo. Para ello será necesario dar los siguientes pasos:

- Comprensión básica.
- Análisis de coste/beneficio.
- Compromiso.
- Decisión si/no para poner en práctica el JIT.
- Selección del equipo de proyecto para el JIT.
- Identificación de la planta piloto.

**Segunda fase:** mentalización, clave del éxito.

Esta fase implica la educación de todo el personal. Se le ha llamado clave del éxito porque si la empresa escatima recursos en esta fase, la aplicación resultante podría tener muchas dificultades.

Un programa de educación debe conseguir dos objetivos:

- Debe proporcionar una comprensión de la filosofía del JIT y su aplicación en la industria.
- El programa debe estructurarse de tal forma que los empleados empiecen a aplicar la filosofía JIT en su propio trabajo.

Educación. significa ofrecer una visión más amplia, describir cómo encajan los elementos entre sí. La formación, en cambio, consiste en proporcionar un conocimiento detallado de un aspecto determinado.

**Tercera fase:** mejorar los procesos

El objetivo de las dos primeras fases es ofrecer el entorno adecuado para una puesta en práctica satisfactoria del JIT. La tercera fase se refiere a cambios físicos del proceso de fabricación que mejorarán el flujo de trabajo.

Los cambios de proceso tienen tres formas principales:

- Reducir el tiempo de preparación de las máquinas.
- Mantenimiento preventivo.
- Cambiar a líneas de flujo.

El tiempo de preparación es el tiempo que se tarda en cambiar una máquina para que pueda procesar otro tipo de producto. Para mejorar estos tiempos se utilizan herramientas como el SMED (cambio rápido de producción). Un tiempo de preparación excesivo es perjudicial por dos razones principales.

En primer lugar, es un tiempo durante el cual la máquina no produce nada, de modo que los tiempos de preparación largos disminuyen el rendimiento de la máquina. En segundo lugar, cuanto más largo es, más grande tendería a ser el tamaño de lote, ya que, con un tiempo de preparación largo, no resulta económico producir lotes pequeños. Con los lotes grandes llegan los inconvenientes del alargamiento de los plazos de fabricación y aumento de los niveles de existencias.

A medida que disminuyen los niveles de existencias en una aplicación JIT, las máquinas poco fiables son cada vez más problemáticas. La reducción de los stocks de seguridad significa que, si una máquina sufre una avería, les faltará material a las

máquinas siguientes. Para evitar que esto suceda, la aplicación JIT deberá incluir un programa de mantenimiento preventivo para ayudar a garantizar una gran fiabilidad del proceso. Esto se puede conseguir delegando a los operarios la responsabilidad del mantenimiento rutinario.

El flujo de trabajo a través del sistema de fabricación puede mejorar sustituyendo la disposición más tradicional por líneas de flujo (normalmente en forma de U). De esta forma el trabajo puede fluir rápidamente de un proceso a otro, ya que son adyacentes, reduciéndose así considerablemente los plazos de fabricación.

**Cuarta fase:** mejoras en el control.

La forma en que se controle el sistema de fabricación determinará los resultados globales de la aplicación del JIT. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo por mejorar el mecanismo de control de fabricación:

- Sistema tipo arrastre
- Control local en vez de centralizado
- Control estadístico del proceso
- Calidad en el origen (autocontrol, programas de sugerencias, etc.)

**Quinta fase:** relación cliente-proveedor.

Constituye la fase final de la aplicación del JIT. Hasta ahora se han descrito los cambios internos cuya finalidad es mejorar el proceso de fabricación. Para poder continuar el proceso de mejora se debe integrar a los proveedores externos y a los clientes externos.

Esta quinta fase se debe empezar en paralelo con parte de la fase 2 y con las fases 3 y 4, ya que se necesita tiempo para discutir los requisitos del JIT con los proveedores y los clientes, y los cambios que hay que realizar requieren tiempo.

Es importante la selección de proveedores en base a criterios logísticos (entre otros).

Con el JIT, el resultado neto es un aumento de la calidad, un suministro a más bajo coste, entrega a tiempo, con una mayor seguridad tanto para el proveedor como para el cliente.

2. Dentro de la etapa de la ejecución de los procesos se identifican cuáles de estos se pueden mejorar con apoyo en la herramienta de Six Sigma (ver cap. 1.5 pg.22). estos procesos son:

- Mano de Obra y movimientos
- Evaluación de los procesos
- Reprogramación
- Detección de pérdidas

### **Seis sigma (6s)**

El término Seis Sigma hace referencia al objetivo de reducir los defectos hasta casi cero. Sigma es la letra griega que los estadísticos utilizan para representar la desviación estándar de una población. La desviación estándar nos muestra cuanta variabilidad hay en un grupo de elementos. El propósito de Seis sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes; es llevar los procesos a un rendimiento eficiente en un 99.99966% con solo 3.4

posibles defectos entre mil posibilidades. Una de las ventajas del Seis Sigma es que convierte la confusión típica de la desviación en una clara medida del éxito. Un producto o servicio cumple o no cumple con los requisitos del cliente, y cualquier cosa que no cumpla los requisitos del cliente se denomina defecto. Según especificaciones de Pande, Neuman, Cavanagh, se puede definir y medir los requisitos del cliente, entonces puede calcular tanto el número de defectos en su proceso y en el resultado como el rendimiento del proceso, es decir el porcentaje de productos buenos; sin defectos.

En la figura 24 se visualiza más claramente la definición de Seis Sigma: La escala de calidad de la metodología Seis Sigma mide el nº de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de tolerancia. Un proceso Seis Sigma debe estar siempre dentro de los límites de tolerancia. Y la curva debe responder a un nivel 6s, en la siguiente tabla se encuentran los niveles diferentes niveles sigma

Nivel	DMPO (Defectos en partes por millón)	% de precisión
1 sigma	691.462	30,85% de eficiencia
2 sigma	308.538	69,15% de eficiencia
3 sigma	66.807	93,32% de eficiencia
4 sigma	6.210	99,38% de eficiencia
5 sigma	233	99,977% de eficiencia
6 sigma	3,4	99,99966% de eficiencia

Figura 20. Escalas de calidad en la metodología SixSigma. Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, R., (2004). Las claves Practicas de Seis Sigma. Madrid: McGraw Hill.

## Metodología Seis Sigma

Para Montaner (Montaner, 2011), determinar y analizar los posibles problemas que afectan a los procesos en estudio y cuya variabilidad se requiere reducir. Dichas herramientas son utilizadas para alcanzar el objetivo Seis Sigma, el cual es alcanzar un proceso con una tasa de fallos mínima (3,4



Figura 21. Ciclo DMAIC, Bill Smith 1984.

defectos por millón), lo cual significa querer llegar a un grado de perfección. Esta meta se alcanza aplicando el ciclo DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), etapas de un programa de Seis Sigma:

- Evaluación del proceso: Si el personal encargado de la ejecución considera que a pesar de las medidas tomadas según la metodología se siguen teniendo pérdidas es necesario evaluar el proceso usado, es importante que estas evaluaciones se realicen desde un punto de vista global y con un sentido crítico y objetivo.

**Cierre de Ejecución:** El cierre es de fundamental importancia y será una valiosa herramienta para el desarrollo de los siguientes proyectos. Al finalizar el proyecto será necesario que se realice una evaluación general de cómo se llevó a cabo la ejecución, esto con la ayuda de herramientas y sobre todo del personal involucrado. Esta evaluación debe ser lo más crítica posible para poder sacarle el provecho requerido. De igual manera es necesario tener una visión de que la construcción siempre puede mejorar y para ello es importante tener en cuenta las nuevas herramientas desarrolladas por investigadores de todo el mundo para uso y beneficio de esta la industria.



### c. Etapa Cierre



Figura 22. Etapa DESARROLLO los procesos y acciones a realizar, apoyados de instrumentos encargados a determinar la eficiencia en ejecución, eficiencia en los procesos, la supervisión e implementación de mejoras en los proyectos de construcción. Elaboración propia.

Para la etapa final del proyecto es necesario utilizar herramientas que permitan la evaluación y comparación de lo que se está haciendo bien y lo que se puede mejorar, para lograr estos objetivos la herramienta Benchmarking proporciona los elementos idóneos para lograr dicha comparación, y en combinación con Calidad Total permitirán analizar y hacer lo necesario para siempre están en un proceso de mejora continua.

### BENCHMARKING

Las áreas principales donde se puede centrar la investigación son:

- Nivel de Calidad: Se refiere al valor de un producto tomando en cuenta su precio y los costos de fabricación y venta. Además, se estudia la calidad percibida por los clientes, la satisfacción del producto y las comparaciones con la competencia.
- Productividad: Comparar cuanto producen y cuanto consumen para obtener cierta cantidad de productos, esto es comprar la eficacia en los procesos.
- Tiempo: Se han desarrollado programas enfocados al tiempo ya que flujos más rápidos en ventas, administración, producción y distribución conforman un factor potencial de mejora de la productividad y la competencia.

El modelo desarrollado tiene distintas etapas:

- Identificación de los procesos clave: consiste en seleccionar un proceso y conocer los aspectos fundamentales, lo que requiere un análisis sistemático, revisión de problemas y progresos y la identificación de posibles áreas de implementación.

- Documentación/ Diagrama de procesos y subprocesos: Es necesario identificar los subprocesos y realizar una guía detallada de las etapas que lo componen.

- Identificación de los Factores Clave de éxito: Identificar los procesos fundamentales para la satisfacción del usuario.

- Medición de los factores clave de éxito: Es necesario hacer las mediciones con precisión, asegurando que se tienen los mismos criterios y parámetros.

- Análisis de resultados/ Identificación de las diferencias de rendimiento: Se analizará que organización tiene el mejor rendimiento.

- Selección de asociados: Este paso es muy complicado en el sector privado ya que prevalecen los intereses comerciales y competitivos, pero es necesario establecer grupos de interés en calidad ya facilitará la elección de los socios.

- Organización de visitas: se trata de un proceso de aprendizaje entre las organizaciones asociadas.

- Identificar las mejores prácticas: Terminando el ciclo de visitas, se compara los procesos analizados y se identifica las mejores prácticas, las cuales se tomarán como base para las correcciones que se deberán de hacer en los procesos.

- Planear: Se deberá planear para minimizar la confusión mientras se hace el cambio y se acostumbran al nuevo proceso.

- Implementar el cambio: Habrá nuevos procedimientos que tomarán tiempo para volverse rutinarios, sin embargo, en caso de que no se acerquen al modelo planeado será necesario comenzar otro ciclo de benchmarking.

- Monitorear: Después de que el proceso está instalando y operando, el desempeño deberá acercarse al del benchmark y con mejora continua se puede superar y esto será posible con un constante monitoreo. Puede ser muy útil un control estadístico.

- Actualizar, continuar el ciclo: Es posible que la empresa se ponga al frente de los socios del benchmarking y la empresa será buscada como la mejor en su género. Los benchmarks deben actualizarse periódicamente.

## CALIDAD TOTAL

Los principios de la calidad total deben sustentarse en una infraestructura organizacional integrada, la cual deberá de operar de manera eficiente incluyendo los siguientes elementos:

1. Manejo de las relaciones con los clientes. La satisfacción del cliente es esencial para mantener una posición competitiva en el mercado y es la fuerza motriz de los esfuerzos por la calidad.

2. Liderazgo y planeación estratégica. Los directivos deberán establecer la calidad como valor fundamental e integrarla a las normas de la compañía.

3. Administración de recursos humanos. Se deberá de establecer un ambiente que permita la participación de todos los empleados para mejorar la calidad, fomentando la capacitación en todos los niveles.

4. Manejo e identificación de los procesos, determinar su secuencia e interacciones. Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

5. Administración de la información y el conocimiento.

6. Establecer y mantener un manual de Calidad.

7. Medición, análisis y mejora.

8. Retroalimentación

Para que un sistema de control de calidad tenga éxito y por lo tanto una permanencia en los procesos de cualquier empresa será necesario controlar los procedimientos.

Algunas formas son las siguientes:

- El establecimiento de un ciclo periódico de planificación, control y mejora de la calidad.

- La formalización y estandarización de los procesos, así como su documentación, buscando asegurar el cumplimiento de las mejores prácticas preestablecidas.

- El aseguramiento de la fiabilidad del sistema y de sus componentes mediante programas adecuados de mantenimiento y verificación.

- La seguridad y la prevención de riesgos laborales (cero defectos, cero accidentes laborales).

- Encuestas de satisfacción. Es importante conocer el punto de vista tanto del cliente interno como externo acerca de la calidad de los productos y servicios.

- La auditoría del sistema de calidad para comprobar su eficacia, en primera instancia por la propia empresa, luego por segundas partes y actualmente por terceras partes (entidades de certificación).

La metodología general permitirá la reducción de pérdidas llevando a cabo las acciones planeadas en ella, las empresas deben poner de su parte para que esta metodología funcione, y aunque no requiere uso de muchos recursos económicos, pero si es importante señalar que requiere tiempo y constancia.

## V. Análisis y discusión de resultados y recomendaciones

Debido a que desde el inicio se identificó como un método de recolección de datos cualitativos, así como el tamaño de la muestra de la población y la ausencia de supuestos dentro de la misma, se ha decidido por realizar el análisis de las variables por correlación de datos Cualitativos.

El objetivo es determinar si existe o no correlación entre el Costo y la Calidad (dependiente) y las variables definidas para medir la Productividad en la ejecución de proyectos de Construcción con la intención de establecer dicha relación en la Eficiencia planteada en los objetivos de este documento. Se podrá determinar también las estrategias para la medición, control y acciones para la reducción de desperdicios.

Para la variable Independiente TIEMPO de determinaron las siguientes correlaciones.

Diagnostico Riesgo						
Opciones	Concepto de Riesgo en Obra		Plan de Riesgo		Mitigación de Riesgo	
Sí	37	90%	18	44%	23	56%
No	2	5%	18	44%	11	27%
Tal Vez	2	5%	0	0%	0	0%
Desconozco	0	0%	5	12%	7	17%
	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>

Figura 23. Relación de resultados referentes a la determinación del Concepto de Riesgo en la obra. Elaboración propia.

Para las Variables Dependientes COSTO-CALIDAD-EFICIENCIA

Diagnostico Planeación						
Opciones	Realizan Planeación		Funciona la Planeación		Ejecución en tiempo y forma	
Sí	25	61%	29	71%	6	15%
No	3	7%	9	22%	12	29%
Algunas veces	13	32%	0	0%	23	56%
No se	0	0%	3	7%	0	0%
	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>

Figura 24. Relación de resultados referentes a la planeación, su percepción y aplicación en obra. Elaboración propia.

Diagnostico Costo-Calidad				
Opciones	Especificaciones vs Ejecución Obra		Volúmenes vs Ejecución obra	
Siempre	2	5%	4	10%
Casi Siempre	28	68%	20	49%
Pocas Veces	5	12%	10	24%
Nunca	0	0%	0	0%
Algunas veces	6	15%	7	17%
	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>

Figura 25. Relación de resultados referentes al cumplimiento de los que se especifica vs lo que se ejecuta en la obra, y como se relacionan con la información en el proyecto. Elaboración propia.

## Diagnostico REDUCCIÓN DE PERDIDAS

Reducción de Perdidas								
Opciones	Conoce Sist. Control perdidas		Usa control de perdidas		Estimado de perdidas x Obra		Acciones Control de perdidas	
Sí	21	51%	15	37%	19	46%	7	17%
No	14	34%	21	51%	14	34%	10	24%
Tal Vez/ Algunas veces	6	15%	0	0%	8	20%	24	59%
Desconozco	0	0%	5	12%	0	0%	0	0%
	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>

Figura 26. Relación de resultados sobre la aplicación de instrumentos o filosofías enfocadas a la eficiencia y reducción de pérdidas de recursos (de todo tipo). Elaboración propia.

En este apartado se muestran los resultados que arrojó el diagnóstico para el diseño del modelo de eficiencia y reducción de pérdidas. En total al momento se han encuestado a 41 participantes de empresas dedicadas a la construcción de vivienda multifamiliar en la ciudad de México.

Es importante comentar que de los 41 participantes encuestados hasta este momento el 53.7% se dedica a la construcción, el 17.1% a Diseño y Desarrollo de Proyecto Ejecutivo, 9.8% a realizar Presupuestos, 9.8% a Control de Obra así también que el 41.5% participan por lo menos en 3 a 4 proyectos al año y 29.3% en más de 6 proyectos al año. Lo que nos proporciona un indicio que por lo menos un porcentaje considerable de los encuestados tiene experiencia en proyectos de construcción.<sup>17</sup>

1. Respecto a la Planificación y Programación de Proyectos el 61% contestó que en su empresa si se realizan una planificación y programación para sus proyectos contra un

<sup>17</sup> Ver Sección I Datos Generales. Aplicación y validación del instrumento de medición. Págs. 33-34



31.7 que solo lo realizan algunas veces y un 7.3% que no lo realiza. Esta planificación la realizan entre el director con un 31.7%, el Gerente de proyectos con un 26.8% y el Superintendente con un 24.4%; por otro lado, el 70.7 % considera que si funciona la planificación en los proyectos contra un 22% que piensa que no es de ayuda.<sup>18</sup>

Lo contrastante es que el 29.3 % considera que los proyectos en los que participa no se terminan en tiempo y forma, el 56.1% algunas veces y solo un 14.6% si terminan a tiempo, lo cual nos lleva a pensar que por un lado el programa no se está realizando de manera correcta o que los proceso y la ejecución de obra no tiene los recursos suficientes (M.O., Maquinaria, Equipo o Flujo de Efectivo) para cumplir con los tiempos establecidos en la Planificación.

2. Para el diagnóstico de la variable independiente Tiempo, la cual se está relacionado con los riesgos en obra, se tienen los siguientes resultados: el 90.2% si sabe los que es un riesgo, el 43.9% cuenta con un plan en caso de riesgo contra un 43.9% que NO cuenta con un plan de riesgo y que si lo sumamos con el 12.2% que desconoce si en las obras que trabaja existe un plan de riesgo obtenemos un 56.1%, quiere decir que aunque se conoce el concepto y sus posibles afectaciones en los tiempos de ejecución, desconocen la implementación de planes de riesgo y mitigación en las obras donde trabajan. Pero ese mismo porcentaje el 56.1% contesto también que realizan labores de mitigación de riesgos, porcentaje que no concuerda con la pregunta anterior acerca del plan de riesgo.<sup>19</sup>

3. En cuanto a las variables independientes se tienen los siguientes resultados: el 68.3% considera que la obra casi siempre se ejecuta tal cual el proyecto, contra un 0%

---

<sup>18</sup> Ver Sección II. Gráficos con respuestas al Diagnostico tiempo. Págs. 35-37

<sup>19</sup> Ver Sección II. Gráficos con respuestas al Diagnostico tiempo. Págs. 35-37

que piensa que nunca coinciden y un 14.6% que considera que solo Algunas Veces coinciden. De igual manera el 48.8% considera que Casi Siempre coinciden los volúmenes de obra del proyecto contra un 24.4 % que considera que solo Pocas Veces coinciden.

Cuando se les pregunto qué porcentaje de los trabajos se tenían que repetir por errores u omisiones el 48.8% contesto que del 0 al 20%, el 34.1% del 20% al 40% y 12.2% del 40% al 60%. Solo una persona contesto que entre el 80 y 100 % se repiten por errores u omisiones, se considera que este encuestado realiza Proyecto Ejecutivo ya que repetir en un porcentaje se necesita tener un vehículo de carga.<sup>20</sup>

4. El 43.9% considera que los atrasos de obra se deben a precisamente a los errores y omisiones, el 17.1 respecto a los Tiempos Muertos, el 17.1% a la mala Planeación del proyecto y el otro 17.1% a la Falta de Supervisión. Y que el presupuesto se ve afectado entre el 20 y 40% con un porcentaje del 46.3%.

5. Referente a la reducción de perdidas el 51.2% SÍ conoce algún sistema de control de perdidas, pero solo el 36.6% menciona que su empresa lleva control de desperdicios y perdidas contra un 51.2% que NO, se observa también que el 43.3% si lleva registro o un estimado de las perdidas por obra contra un 34.1% que NO lo lleva.<sup>21</sup>

6. También se les pregunto si es que realizan acciones para el control de pérdidas y el 58.5% contesto que algunas veces, el 24.4% que nunca y solo el 17.1% contesto que siempre; estos resultados contrastan con el punto anterior ya que un porcentaje alto menciona si tener un control y registro de pérdidas y desperdicios, pero solo el 24% toma medidas y acciones para controlar y reducir el desperdicio.

---

<sup>20</sup> Ver Sección III. Gráficos con respuestas al Diagnostico costo-calidad. Págs. 38-40.

<sup>21</sup> Ver Sección IV. Gráficos con respuestas al Diagnostico de Reducción de Pérdidas Págs. 40-41

7. Por último, se les pregunto en que parte del proceso consideran que se deben tomar acciones para evitar las pérdidas y el 75.6% coincidió que, en la parte de Planeación y Programación, le sigue después la Ejecución con un 39%.<sup>22</sup>

## MODELO

El modelo propuesto permite a las empresas tomar decisiones basadas en un árbol de alternativas, donde se pueden iniciar actividades bajo un esquema ordenado, para lo cual se plantean los siguientes puntos que ayudan a las empresas a saber cómo iniciar la aplicación del Modelo y los puntos previos al uso de ésta.

1) Detección de pérdidas y porcentajes aproximados de éstas: Es importante saber el estimado de pérdidas como empresa para comprobar la necesidad de contar una Metodología de Reducción de Pérdidas en el desarrollo de proyectos de construcción.

2) Disponibilidad para implementación: Es necesario analizar qué tanta disponibilidad se tiene como empresa para la implementación de la metodología que, aunque sea una necesidad se requiere de tiempo y recursos para que funcione y se obtengan provechos de su implementación.

3) Evaluación general de la empresa: Evaluar la manera en que se vienen haciendo las cosas en la empresa, destacar que ha beneficiado a la empresa y que la perjudica, de esta manera se sacará provecho de las cosas buenas y se eliminará las acciones que no están aportando nada al desarrollo de proyectos.

---

<sup>22</sup> Ver Sección IV. Gráficos con respuestas al Diagnostico de Reducción de Pérdidas Págs. 42. Esta grafica demuestra que es necesario que exista una etapa de planeación con análisis profundos de los flujos de materiales y mano de obra que se van a tener en la obra y que se incluya en el programa.

Es necesario que esta evaluación se lleve a cabo en conjunto con los encargados de departamento para así tener una retroalimentación y llevar una bitácora de esta evaluación. También vale la pena tomar en cuenta al personal de puestos inferiores ya que la opinión de todo el personal en general siempre aportará nuevas críticas y alternativas de mejora, generalmente no se escucha al personal de puestos menores por la jerarquía de las empresas menospreciando su valiosa opinión y colaboración a posibles mejoras.

4) Replanteamiento de actividades: Después de la evaluación y la disponibilidad para la implementación es necesario replantear las actividades y comunicar al personal como se llevará a cabo la ejecución en base a la nueva metodología.

5) Aviso de implementación del Modelo para la Reducción de Pérdidas: Dar aviso al personal involucrado de la implementación de la metodología para señalar su uso en el desarrollo de la ejecución de proyectos haciendo énfasis en la importancia de implementarla y los beneficios que trae a todos los involucrados.

6) Implementación del Modelo para la Reducción de Pérdidas: En esta fase se dará a conocer la metodología de reducción de pérdidas y sus componentes, así como la asignación de actividades al personal correspondiente y sus respectivas responsabilidades en el desarrollo de la ejecución.

Como empresa se puede hacer hasta cierto punto complicado cambiar la forma en que se viene trabajando, pero si se pone a analizar un instante a veces son cambios sumamente sencillos los que se tienen que realizar para obtener mejoras por lo tanto vale la pena hacer un esfuerzo y modificar las actividades que no están beneficiando a la empresa y dar inicio a la implementación del Modelo Propuesto.

La mejor manera de controlar la propuesta es ir revisando que cada uno de los puntos que se plantean se lleven a cabo como lo indican los diagramas, no es necesario estar vigilando todo el tiempo que así sea, es más que suficiente con que se lleve a cabo una evaluación semanal o quincenal de cómo se van desarrollando las cosas y si es en verdad correcto el método que se está efectuando. En cada una de las etapas se muestran filtros de evaluación que son importantes de realizarse ya que sirven como un control y sobre todo en el final de la ejecución se lleva una evaluación general que mostrará si en verdad se realizó de manera correcta el Modelo para la Eficiencia y reducción de Perdidas en conjunción con un buen control de la propuesta.

Las personas más indicadas para ir controlando la propuesta son los encargados del proceso de ejecución en conjunto con su equipo de trabajo si es posible para detectar probables anomalías y de esta manera ir controlando el proceso en general.

## RECOMENDACIONES

- En la etapa de planeación es importante considerar el ciclo de vida del proyecto, así como de los materiales empleados en los procesos de edificación, que nos permita reducir las pérdidas a través de
- La etapa de ejecución es uno de las más importantes en el ciclo de vida del proyecto y de modo tal que es necesario reducir y si se puede eliminar las pérdidas que aquí se generan, motivo por el cual es necesario contar con un Modelo para la Eficiencia y Reducción de Pérdidas.
- Son muchos los recursos utilizados en la etapa de desarrollo y ejecución, por lo que el contar con las herramientas necesarias para administrarlos y gestionarlos de manera correcta es esencial para incrementar la eficiencia de los trabajos.

- El Modelo propuesto tiene un enfoque práctico y está pensada en el proceso actual de la ejecución de obras en la ciudad de México, con el fin de fomentar el uso de esta herramienta de trabajo.
- El costo de la puesta en funcionamiento del Modelo representa un alto costo al inicio del proceso con grandes beneficios al reducir las pérdidas y el uso de los seguros para transferir el riesgo a terceros.
- Los beneficios serán mayores, no solo en la ejecución de las obras, sino que se puede aplicar prácticamente a cualquier proyecto dentro de la empresa.

El uso de los diferentes sistemas de calidad (Lean Construction, Just InTime, SixSigma, PMBOK, Benchmarking, etc.) ha tenido resultados favorables en varios países en donde se ha implementado un sistema de mejora de productividad, por lo cual el Modelo para la Eficiencia y Reducción de Pérdidas generará mejores rendimientos en las diferentes fases de la ejecución de proyectos, con el apoyo de otras herramientas como los seguros en donde las incertidumbres transfieren el riesgo a los terceros

No debemos de perder de vista que también somos una Industria y que es cierto que cada producto es único y tiene condiciones diferentes de especificaciones, así como sus condicionantes, sin embargo, los procesos constructivos tienen una secuencia lógica y perfectamente identificada, es ahí en donde debemos implementar el Modelo propuesto, que aunque esta secuencia puede tener algunas variaciones siempre se podrá mejorar y hacer más eficiente.

## Referencias

- Alarcón Cárdenas, L. F., Rodríguez Fernández, A., & Pellicer Armiñana, E. (febrero de 2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*(3518), 35-44.
- Alarcón, C. L. (1997). Herramientas para Reducir las Pérdidas en Proyectos de Construcción. *Revista de ingeniería, Pontificia Universidad de Chile, 15*, 37-45.
- Alarcón, C. L. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: A new management focus: lean construction. *Revista de Obras Públicas,, 45-52*.
- Arantes, A. F. (2015). *Is the construction industry aware of supply chain management? The Portuguese contractors' perspective. Supply Chain Management: . An International Journal Vol. 20 Iss 4, 404 - 414*.
- Ballard, G. (s.f.). Lookahead Planning: The missing link in production control. (B. University of California, Ed.) *Informe Técnico, No.97-3*.
- Ballard, G., & Howell, G. (1997). Shielding Production: An Essential Step in Production Control. (T. R. 97-1, Ed.) *Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering*.
- Bañegil, T. M. (1993). *El sistema JIT y laflexibilidad de la producción*. Pirámide, S.A.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Caracas, Venezuela: Shalom.
- Beltran Razura, A. (2011). *Costos y Presupuestos*. Tepic, Nayarit: Instituto Tecnológico de Tepic.
- Betancourt. (2017). *Productividad: Definición, medición y diferencia con eficacia y eficiencia*. de Ingenio Empresa: [www.ingenioempresa.com/productividad](http://www.ingenioempresa.com/productividad).
- Boxwell Robert, J. (1995.). *Benchmarking para competir con ventajas (1ª edición en español)*. Colombia: MacGraw Hill.
- Brace, I. (2011). *“Diseño de Cuestionarios”*. México: Grupo Editorial Patria, 320 p.
- Camp, R. (mayo de 1997). Como medirse con los mejores. *Excelencia Club Gestión de Calidad*, 16-18.
- DIMEI, D. d. (2007-2008). *Departamento de Ingeniería Industrial DIMEI*. Obtenido de DIMEI : [http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/carrera\\_historia\\_nakajima.html](http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/carrera_historia_nakajima.html)
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. (s.f.). Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Edward J., H. (2003.). *Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Editorial Norma, Pág. vi-8.
- Eseverri, A. E. (18 de 05 de 2020). *Espacio BIM*. Obtenido de Espacio BIM: <https://www.espaciobim.com/pmi>
- Evans James, L. W. (2008). *Administración y control de la calidad*. . México : 7a. edición. Ed. Cengage Learning Editores, .

- F. Javier Murillo Torrecilla, J. (2017). *Cuestionarios y Escalas de actitudes*. Obtenido de [http://www.uam.es/personal\\_pdi/stmaria/jmurillo/Metodos/Materiales/Apuntes%20Cuestionario.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Metodos/Materiales/Apuntes%20Cuestionario.pdf)
- Formularios de Google*. (s.f.). Obtenido de [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf4vtprTU4V5I3-So8clvChql4m0Cz7s-cJ8-jTUPiBaxLkCw/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf4vtprTU4V5I3-So8clvChql4m0Cz7s-cJ8-jTUPiBaxLkCw/viewform?usp=sf_link)
- Galtung, J. (1966). *Teoría y Métodos de la Investigación Social*. Columbia University Press, N.Y.
- Gobierno, F. (2012). *REGLAMENTO DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Gobierno, F. (Última reforma publicada DOF 13-01-2016). *LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México : Tercera edición. Ed. Mc Graw Hill. .
- Gutiérrez, P. H. (México (2010)). *Calidad total y productividad*. (Tercera edición. ed.). Mc Graw Hill.
- Hay, E. J. (2003). *Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Editorial Norma.
- Institute, P. M. (s.f.). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®) -- Quinta edición*.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new philosophy to Construction*. Stanford Univeristy: CIFE.
- Koskela, L. (2000). *"An exploration towards a production theory and its application to construction"*. Tesis Doctoral. Technical Research Centre of Finland, Espoo., Finland: Finland.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the*. McGraw-Hill.
- Marcos Pascual, F. ( 1998.). *"El benchmarking como metodología de gestión de recursos de T.I.C."*. Jornadas sobre Tecnologías de la Información para la Modernización de las Administraciones Públicas, Vol. 10,.
- Montaner, M. Á. (2011). *Tecnología y sociedad. Seis sigmas; un enfoque radical para la mejora de los procesos de negocios*.
- Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, R.,. (2004). *Las claves Practicas de Seis Sigma*. Madrid: McGraw Hill.
- PMI, P. M. (2013). *GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS* (Vol. Quinta Edición). Pensilvania 19073-3299, Newtown Square,, EE.UU.: PMI Publications.
- Pons Achel, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Porrás Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1), 32-53.
- PwC, M. (2013). *"Tendencias en proyectos de construcción en México"*. *PricewaterhouseCoopers México*. Obtenido de [http://www.pwc.com/es\\_MX/mx/industrias/proyectos-capital/archivo/2013-12-correcting\\_course.pdf](http://www.pwc.com/es_MX/mx/industrias/proyectos-capital/archivo/2013-12-correcting_course.pdf)



- Quijano Valdez, J. (2012). *Análisis de procesos y administración de los productos arquitectónicos*. Universidad Nacional Autónoma de México: UNAM, Facultad de Arquitectura.
- Quijano Valdez, J. (s.f.). *Análisis de procesos y administración de los productos arquitectónicos. Tomo III*. Universidad Nacional Autónoma de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sampieri, R. H. (1997). *Metodología de la investigación*. MCGRAW-HILL .
- Sánchez, A. I. (s.f.). *La estrategia de Benchmarking como facilitadora de la toma de decisiones*. Madrid.
- Sánchez-Arias, L. F.-P. (2010). El cuerpo de conocimientos del Project Management Institute-PMBOK® Guide, y las especificidades de la gestión de proyectos: Una revisión crítica. *Scielo*, Innovar, 20(37), 89-100. Retrieved May 23, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-50512010000200008&lng=en&tling=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512010000200008&lng=en&tling=es).
- Serpell, A., & Sarmiento, A. (1999). Implementación de un Sistema de Costos de Calidad en Proyectos de Construcción. *Revista Ingeniería de Construcción, N°20*, 54-62.
- Shingo, S. (1984). *Study of TOYOTA Production System*. Tokyo: Japan Management Association.
- SUAREZ SALAZAR, C. (2002). *COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION* (Tercera ed.). MÉXICO: LIMUSA.
- Toca Fernandez, A. (2013). La evolución de la construcción y sus materiales. *Revista Obras*, vie 18 octubre 2013 02:32 PM.
- Yepes, V., & Pellicer, E. (2012). *Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción*. . Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. .

## Glosario

**Agregar valor.** El valor agregado se utiliza para describir los casos en que una empresa toma un producto que puede ser considerado un producto homogéneo, con pocas diferencias (si lo hay) de la de un competidor, y lo ofrece a los clientes potenciales con una función o add-on que le da un mayor sentido de valor y por lo que el cliente si que está dispuesto a pagar.

**Benchmarking.** Es un proceso, técnica o herramienta mediante la cual se recopila información obteniendo nuevas ideas comparando todos los aspectos de la empresa propia con la de los competidores más fuertes, tomando como referencia sus métodos y estrategias y agregándoles mejoras.

**CMIC.** Cámara Mexicana de Industria de la Construcción

**Conversión.** Transformación de alguien o de algo en cierta cosa que antes no era.

**Questionario.** Documento formado por un conjunto de preguntas que deben estar redactadas de forma coherente, y organizadas, secuenciadas y estructuradas, de acuerdo con una determinada planificación, con el fin de que sus respuestas nos puedan ofrecer toda la información necesaria.

**DENUE.** Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, permite consultar datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de más de 5 millones de establecimientos a nivel nacional, por entidad federativa y municipio.

**DPMO.** Defectos por millón de oportunidades. Un defecto es todo aquel elemento del producto o servicio que cause una insatisfacción del cliente

**Eficiencia.** Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.

**Empowerment.** es un proceso en el que los líderes o jefes otorgan a sus empleados más responsabilidades para desempeñar de la mejor manera sus actividades, obteniendo los resultados deseados. Brindándoles su apoyo para un mejor control y realizar su trabajo de manera adecuada.

**ENEC.** Encuesta Nacional de Empresas Constructoras, tiene el propósito de captar información a nivel nacional y por entidad federativa,

**JIT.** Just InTime, Justo a tiempo, sistema que produce justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdicio de recursos. Es una metodología de organización en todo el sistema productivo desde el diseño del producto.

**Lean Construction.** Filosofía que se basa en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor), como las actividades de conversión (actividades que agregan valor) permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo, puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción.

**Mitigación del Riesgo.** Se define como las acciones tomadas con anticipación que aumentan la resiliencia para reducir o eliminar a largo plazo el impacto (pérdida de vida y propiedad) proveniente de peligros naturales y antropogénicos.

**Modelo.** Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo.

**PIB.** Producto interno bruto, es el valor total de los bienes y servicios finales producidos por un país, durante un tiempo definido.

**Planeación estratégica.** Es una herramienta de gestión que permite establecer el que hacer y el camino que deben recorrer las organizaciones para alcanzar las metas previstas, teniendo en cuenta los cambios y demandas.

**PMBOK.** Guía que brinda a las organizaciones un conjunto de procesos, modelos de administración, criterios y más aspectos favorables para la dirección de proyectos. Para ello, otorga una serie de herramientas que permiten identificar procesos generales y dar resultados óptimos.

**PMI.** Organización profesional sin ánimo de lucro para gestores de proyectos y gestores de programas.

**Proceso.** Es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado.

**Productividad.** Es la relación que existe entre los insumos y los productos de un sistema productivo, a menudo es conveniente medir esta relación como el cociente de la producción entre los insumos.

**PwC.** Price Waterhouse Coopers, ofrece servicios de Auditoría, Consultoría, Asesoramiento Impositivo y Legal y Outsourcing Services centrados en la industria, para generar confianza pública y crear valor para nuestros clientes y las partes interesadas.

**Retrabajo.** Se considera retrabajo a aquellos servicios que se encuentran fuera del proceso original de manufactura o fabricación de cada componente. También se consideran retrabajos a aquellos procesos que se realizan en duplicado debido a fallas de calidad, ensamble o empaque.

**Riesgo.** La probabilidad de que un evento favorable o adverso ocurra dentro de un determinado tiempo.

## Tabla de ilustraciones

<i>Figura 1. Gráfica de clasificación de las empresas de la construcción en CDMX. Fuente: INEGI. <a href="http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx">http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx</a> agosto de 2018.</i>	39
<i>Figura 2. Relación entre variables Fuente: PMBOK Sexta edición. Cap.11 Gestión de los riesgos del proyecto. Pg. 395. Tomado para fines académicos.</i>	43
<i>Figura 3. Visión del proceso de conversión en las empresas de construcción. Fuente: Koskela Lauri, "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992. Tomado para fines académicos.</i>	44
<i>Figura 4. Tabla medición de la productividad. L. F. Alarcón 2009.</i>	46
<i>Figura 5. Relación de resultados referentes a la determinación del Concepto de Riesgo en la obra. Elaboración propia.</i>	99
<i>Figura 6. Relación de resultados referentes a la planeación, su percepción y aplicación en obra. Elaboración propia.</i>	100
<i>Figura 7. Relación de resultados referentes al cumplimiento de los que se especifica vs lo que se ejecuta en la obra, y como se relacionan con la información en el proyecto. Elaboración propia.</i>	100
<i>Figura 8. Relación de resultados sobre la aplicación de instrumentos o filosofías enfocadas a la eficiencia y reducción de pérdidas de recursos (de todo tipo). Elaboración propia.</i>	101
<i>Figura 9. Propuesta conceptual de división de los procesos de construcción en etapas para su estudio.</i>	65
<i>Figura 10. Propuesta esquema general de Modelo de eficiencia y reducción de perdidas. Elaboración propia.</i>	66
<i>Figura 11. Etapa INICIO los procesos y acciones a realizar, apoyados de instrumentos encargados a determinar los riesgos y su mitigación en los proyectos de construcción. Elaboración propia.</i>	68
<i>Figura 12. Restricciones comunes para la realización de una actividad. Fuente: Saloman, J.A., "Application of the New Production Philosophy to Construction", 2005.</i>	70
<i>Figura 13. Enfoque de los esfuerzos de desarrollo Lean Construction. Fuente: Alarcón Luis. F., "Lean Construction", 1997.</i>	71
<i>Figura 14. Tabla Comparación entre método convencional y nueva filosofía Lean. Fuente: Botero B., Luis F., Álvarez V Martha E., "Identificación de las Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción", Revista Universidad EAFIT, volumen 130, abril-junio 2003, Medellín Colombia.</i>	72
<i>Figura 15. Los siete desperdicios (Taiichi Ohno, 1998).</i>	75
<i>Figura 16. La producción Lean se pone en marcha en función de la demanda. Fuente Alarcón 2015, tomada con fines académicos.</i>	77
<i>Figura 17. Tiempos y Proceso de Ciclo de producción. Fuente Schmenner 1988, Hopp &amp; al. 1990. Con fines académicos.</i>	79
<i>Figura 18. Proceso de mejoramiento continuo en cualquier proceso productivo. Fuente Alarcón 2015, tomado con fines académicos.</i>	81
<i>Figura 19. Esquema Administración del Riesgo. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo. Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios.</i>	82
<i>Figura 20. Fuente: Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo. Tomada con fines académicos.</i>	83
<i>Figura 21. Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo.</i>	84
<i>Figura 22. Tesis Sistema de administración para la planeación de proyectos inmobiliarios. Mtra. Claudia V. Hernandez Paramo.</i>	85
<i>Figura 23. Etapa DESARROLLO los procesos y acciones a realizar, apoyados de instrumentos encargados a determinar la eficiencia en ejecución, eficiencia en los procesos, la supervisión e implementación de mejoras en los proyectos de construcción. Elaboración propia.</i>	87
<i>Figura 24. Escalas de calidad en la metodología SixSigma. Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, R., (2004). Las claves Practicas de Seis Sigma. Madrid: McGraw Hill.</i>	92

<i>Figura 25. Ciclo DMAIC, Bill Smith 1984.</i> .....	93
<i>Figura 26. Etapa DESARROLLO los procesos y acciones a realizar, apoyados de instrumentos encargados a determinar la eficiencia en ejecución, eficiencia en los procesos, la supervisión e implementación de mejoras en los proyectos de construcción. Elaboración propia.</i> .....	94
<i>Diagrama 1. Agregar valor a la producción, tomando en cuenta la satisfacción del cliente. Elaboración propia 2018.</i> .....	11
<i>Gráfica 1. Número de personas por puesto o posición. Elaboración propia.</i> .....	55
<i>Gráfica 2. Rangos de edad de las personas encuestadas. Elaboración propia</i> .....	56
<i>Gráfica 3. Profesión de personas encuestadas. Elaboración propia.</i> .....	56
<i>Gráfica 4. Porcentaje de personas según las áreas donde se desempeñan. Elaboración propia.</i> .....	56
<i>Gráfica 5. Porcentaje de encuestados y su participación en cantidad de proyectos por año. Elaboración propia.</i> .....	57
<i>Gráfica 6. Porcentaje de encuestados que basan sus actividades con forme a una programación de obra. Elaboración propia.</i> .....	57
<i>Gráfica 7. Porcentaje de encuestados que realizan planeación y programa de los proyectos a ejecutar. Elaboración propia.</i> .....	58
<i>Gráfica 8. Porcentajes de encuestados que consideran que si funciona llevar un programa de obra. Elaboración propia.</i> .....	58
<i>Gráfica 9. Porcentaje de encuestados que considera que sus obras terminan en tiempos estimados en programa. Elaboración propia.</i> .....	58
<i>Gráfica 10. Porcentaje de encuestados que reconoce lo que es un riesgo en la ejecución de los trabajos en obra. Elaboración propia.</i> .....	59
<i>Gráfica 11. Porcentajes de encuestados que indican contar con un plan de riesgo en sus obras y los que realizan labores de mitigación de riesgos. Elaboración propia.</i> .....	59
<i>Gráfica 12. Porcentajes de encuestados que consideran que los trabajos ejecutados en campo coinciden con las especificaciones del proyecto. Elaboración propia.</i> .....	60
<i>Gráfica 13. Porcentaje de encuestados que en su experiencia considera que los volúmenes de obra que se indican en catálogo de conceptos, coincide con lo ejecutado en campo. Elaboración propia.</i> .....	60
<i>Gráfica 14. Porcentajes de trabajos repetidos en obra según la experiencia de los encuestados.</i> .....	61
<i>Gráfica 15. Porcentajes de encuestados que consideran los atrasos en tiempos programados para la ejecución de los trabajos. Elaboración propia.</i> .....	61
<i>Gráfica 16. Factores que afectan los trabajos en obra propiciando retrasos al proyecto.</i> .....	61
<i>Gráfica 17. Porcentajes en que se afecta el presupuesto según encuestados. Elaboración propia.</i> .....	62
<i>Gráfica 18. Porcentaje de encuestados que conocen alguna herramienta para el control de pérdidas y desperdicios. Elaboración propia.</i> .....	62
<i>Gráfica 19. Porcentaje de encuestados que aplican herramientas de control de pérdidas y desperdicios en obra. Elaboración propia.</i> .....	63
<i>Gráfica 20. Porcentaje de encuestados que indican llevar registros o estimados de pérdidas y desperdicios. Elaboración propia.</i> .....	63
<i>Gráfica 21. Porcentaje de encuestados que realizan acciones para el control de pérdidas y desperdicios en obra. ...</i>	63
<i>Gráfica 22. Porcentaje de encuestados que consideran las etapas del proyecto en las que se deben tomar acciones para evitar pérdidas y desperdicios. Elaboración propia.</i> .....	64