



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMAS PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON  
IMPLEMENTACIÓN DE *LEAN CONSTRUCTION* Y CONSIDERACIONES POR COVID-19**

**PRESENTADO POR:**

**11641218 ALEXIS RENÉ ÁVILA DÍAZ**

**11641155 ALISON MAIRETH CARDONA AGUILAR**

**ASESORES TEMÁTICOS:**

**ING. JUAN CARLOS REYES ZÚNIGA**

**ING. RAFAEL LEONARDO MEDINA ENRÍQUEZ**

**ASESORA METODOLÓGICA: ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ**

**CAMPUS TEGUCIGALPA; OCTUBRE, 2020.**

Dedicamos este trabajo a las familias Ávila Díaz y Cardona Aguilar por brindarnos como padres, madres y hermanos su apoyo invaluable e incondicional a lo largo del camino que nos ha traído hasta este punto tan importante en nuestras vidas. Así mismo, agradecemos a nuestras parejas, familiares y amigos por su valiosa compañía en nuestra trayectoria universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

A Unitec, querida academia donde llevamos a cabo nuestro aprendizaje para convertirnos en futuros profesionales de la Ingeniería Civil, dotándonos de herramientas y conocimientos de alto nivel tecnológico. De igual forma, agradecemos a los ingenieros Karla Uclés, Juan Reyes y Rafael Medina; por su asesoramiento tanto metodológico como temático necesario para el desarrollo de esta investigación. Finalmente, agradecemos a las empresas constructoras que colaboraron brindando, como parte del estudio de campo, información imprescindible para realizar esta investigación.

*“Si queremos alcanzar resultados nunca alcanzados deberemos emplear métodos nunca utilizados”*

*Francis Bacon*

## RESUMEN EJECUTIVO

El sector construcción se ha situado tradicionalmente como uno de los actores de la economía que requiere mayor intervención en el manejo de los costos y tiempos de los proyectos, de donde nace la necesidad de calcular presupuestos y construir cronogramas de forma eficaz y eficiente, considerando las limitaciones de tiempo que caracterizan la preparación de las ofertas. Como efecto de la pandemia provocada por el COVID-19, además de causar pérdidas monetarias, ha generado incrementos en los tiempos de los procesos que requieren cotizaciones y negociaciones, necesarios para la etapa de presupuestos y cronogramas.

En 1992 que Lauri Koskela introduce la Filosofía Lean en la industria de la construcción tras observar los beneficios que aportaba en la gestión de este tipo de proyectos, denominándola Lean Construction.

Como medida estratégica para abordar la problemática descrita, tras identificar las oportunidades de mejora para el cálculo de presupuestos y construcción de cronogramas, se ha considerado implementar los principios de la filosofía Lean Construction, con consideraciones especiales por la presencia del COVID-19 en Honduras, para lo que se han realizado investigaciones de campo que han arrojado que el tiempo promedio para el cálculo de presupuestos en condiciones normales es de veintidós (22) días, sin embargo, ha sufrido un incremento de diez (10) días a partir de la situación de pandemia. Igualmente, el tiempo promedio para la construcción de cronogramas en condiciones normales es de once (11) días, pero ha sufrido un incremento de un (1) día, bajo las mismas circunstancias. Adicionalmente, los equipos de trabajo dedicados a definir presupuestos y cronogramas han sufrido la reducción de al menos un (1) integrante.

Para la investigación se han identificado once (11) oportunidades de mejora para el cálculo de presupuestos y siete (7) para la construcción de cronogramas, variables que se han considerado para el plan de implementación de Lean Construction, funcionando como un puente entre la situación actual y futura, donde la similitud demostrada a través del resultado del análisis de correspondencia fue de 33.6% y 27.5%, respectivamente; por lo que se ha concluido que existe un amplio margen de oportunidad para lograr cambios representativos.

Palabras clave: Eficaz, eficiente, filosofía, ofertas y oportunidad.

## **ABSTRACT**

*The construction sector has traditionally positioned itself as one of the actors in the economy that requires greater intervention in the management of project's cost and time, from which arises the need to calculate budgets and build schedules effectively and efficiently, considering the time constraints that characterize the preparation of bids. As an effect of the pandemic caused by COVID-19, in addition to causing monetary losses, it has generated increases in the times of processes that require quotes and negotiations, necessary for the budget and schedule stage.*

*In 1992, Lauri Koskela introduced the Lean Philosophy in the construction industry after observing the benefits it brought in managing this type of projects, under the name of "Lean Construction".*

*As a strategic measure to address the problem described, after identifying the opportunities for improvement for the calculation of budgets and construction of schedules, it has been considered to implement the principles of the Lean Construction philosophy, with special considerations due to the presence of COVID-19 in Honduras, for which field investigations have been carried out that have shown that the average time for calculating budgets under normal conditions is twenty-two (22) days, however it has suffered an increase of ten (10) days from the situation of pandemic. Likewise, the average time for the construction of schedules under normal conditions is eleven (11) days, but it has suffered an increase of one (1) day, under the same circumstances. Additionally, the work teams dedicated to defining budgets and schedules have suffered a reduction of at least one (1) member.*

*For the research, eleven (11) opportunities for improvement have been identified for the calculation of budgets and seven (7) for the construction of schedules, variables that have been considered for the Lean Construction implementation plan, functioning as a bridge between the current and future situation, where the similarity demonstrated through the result of the correspondence analysis was 33.6% and 27.5%, respectively; Therefore, it has been concluded that there is a wide margin of opportunity to achieve representative changes.*

*Keywords: Bids, effective, efficient, philosophy and opportunity.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del problema .....	3
	2.1 Precedentes del problema.....	3
	2.2 Definición del problema .....	3
	2.3 Justificación .....	4
	2.4 Preguntas de investigación .....	5
	2.5 Objetivos.....	5
	2.5.1 Objetivo General.....	5
	2.5.2 Objetivos Específicos .....	5
III.	Marco Teórico.....	7
	3.1 Gestión de proyectos.....	7
	3.1.1 Definición de proyecto de construcción.....	7
	3.1.2 Características de un Proyecto.....	8
	3.1.3 Fases de un proyecto de construcción.....	10
	3.1.4 Costos y tiempos de un proyecto.....	11
	3.1.5 Productividad y variabilidad en proyectos de construcción.....	16
	3.2 Metodología Tradicional de un Proyecto de construcción.....	19
	3.2.1 Metodología Tradicional de Proyectos.....	19
	3.2.2 Herramientas para la gestión de costo y tiempo.....	20
	3.2.3 Planificación, Control y Monitoreo de un proyecto .....	25
	3.3 Metodología de un Proyecto con la Filosofía Lean Construction.....	27
	3.3.1 Definición de Lean Construction .....	27
	3.3.2 Origen de Lean Construction.....	28
	3.3.3 Herramientas de Lean Construction para la gestión de costo y tiempo.....	29
	3.3.4 Planificación, Control y Monitoreo de un proyecto .....	34
	3.3.5 Obstáculos de la Implementación de Lean Construction.....	36
	3.3.6 Ventajas y Desventajas de Lean Construction.....	36
	3.3.7 Aplicación en Proyectos de Construcción.....	37

3.4 Seguridad en proyectos.....	41
3.4.1 Medidas de seguridad.....	42
3.4.2 Bioseguridad.....	42
3.4.3 Medidas de Bioseguridad en proyectos Durante la Pandemia por COVID-19.....	44
IV. Metodología.....	46
4.1 Enfoque.....	46
4.2 Variables de investigación.....	46
4.2.1 Variables dependientes.....	46
4.2.2 Variables independientes.....	47
4.3 Técnicas e instrumentos aplicados.....	48
4.3.1 Entrevistas.....	48
4.3.2 Microsoft Excel.....	48
4.3.3 PMBOK y Lean Construction.....	48
4.4 Población y Muestra.....	48
4.5 Metodología de estudio.....	50
V. Resultados y análisis.....	51
5.1 Resultados de la entrevista.....	51
5.1.1 Datos cualitativos.....	51
5.1.2 Datos cuantitativos.....	54
5.2 Análisis de efectos de la pandemia por Coronavirus Covid-19.....	57
5.2.1 Impacto en Tiempo de Actividades y Personal Involucrado.....	57
5.2.2 Efectos en la ejecución de proyectos.....	60
5.3 Análisis de cadena de actividades.....	61
5.3.1 Cadena de actividades para la elaboración del presupuesto.....	61
5.3.2 Cadena de actividades para la Elaboración del Cronograma.....	72
5.4 Plan de implementación de estrategias basadas en Lean Construction.....	79
5.4.1 Plan de mejoras en la cadena de actividades para la elaboración de presupuestos.....	79
5.4.2 Plan de mejoras en la cadena de actividades para la elaboración de Cronogramas.....	81
VI. Conclusiones.....	83

VII. Recomendaciones.....	86
7.1 Recomendaciones en función de los objetivos específicos .....	86
7.2 Recomendaciones Complementarias .....	86
Bibliografía.....	88

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1-Contexto de iniciación de un proyecto .....	7
Ilustración 2-Secuencia de fases genéricas de un proyecto.....	10
Ilustración 3-Interacción entre las fases de un proyecto .....	11
Ilustración 4-Determinar el presupuesto .....	12
Ilustración 5-Diagrama de flujo de datos de determinar el presupuesto .....	13
Ilustración 6-Componentes del presupuesto del proyecto .....	14
Ilustración 7-Gráfico de proceso de desarrollo de cronograma.....	14
Ilustración 8-Diagrama de interacción para la obtención de un cronograma .....	16
Ilustración 9-Matriz de relación entre la eficiencia, efectividad y productividad .....	17
Ilustración 10-Ciclo de mejoramiento de la productividad .....	18
Ilustración 11-Relaciones lógicas del MDP .....	24
Ilustración 12-Grupo de procesos de planificación de costos y cronogramas.....	26
Ilustración 13-Proceso de monitoreo y control de costos y cronograma.....	26
Ilustración 14-Estados de planificación de la metodología tradicional.....	30
Ilustración 15-Estados de planificación Lean Construction .....	30
Ilustración 16-Descripción de procesos Pull Planning .....	31
Ilustración 17-Ejemplo Value Stream Mapping.....	32
Ilustración 18-Etapas Value Stream Mapping.....	34

Ilustración 19-Construcción edificio Zero Kömmerling.....	38
Ilustración 20-Modelación edificio Zero Kömmerling .....	38
Ilustración 21-Hospital Exempla Saint Joseph en Denver, Colorado (USA).....	40
Ilustración 22-Sistemas prefabricados de tubería (multi-trade rack corridos) .....	40
Ilustración 23-Edificio Gonsi Sócrates.....	41
Ilustración 24-Símbolo de riesgo biológico.....	43
Ilustración 25-Implementación de medidas de bioseguridad en la construcción .....	44
Ilustración 26. Proceso de selección de la muestra de estudio.....	50
Ilustración 27-Gráfico sobre conocimiento de la filosofía Lean Construction.....	53
Ilustración 28- Histograma de frecuencia de respuesta del personal involucrado.....	56
Ilustración 29-Duración de actividades para la elaboración de presupuestos tiempo normal vs tiempo durante pandemia.....	58
Ilustración 30-Duración de actividades para la elaboración de cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia.....	58
Ilustración 31-Duración de elaboración de presupuesto y cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia .....	59
Ilustración 32-Personal involucrado en la elaboración de presupuesto y cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia.....	59
Ilustración 33- Porcentajes de incremento por consideraciones de bioseguridad.....	60
Ilustración 34-Causas típicas de retrasos en ejecución .....	60
Ilustración 35-Causas de retrasos en ejecución debido a la pandemia .....	61
Ilustración 36-Mapa de flujo de valor de la situación actual de elaboración de presupuestos.....	63
Ilustración 37-Programas utilizados para la elaboración de presupuestos.....	65
Ilustración 38-Mapa de flujo de valor de la situación futura de elaboración de presupuestos ....	66

Ilustración 39-Mapa de flujo de valor de la situación actual de actividades de cálculo del presupuesto (ruta crítica) .....	68
Ilustración 40-Mapa de flujo de valor de la situación futura de actividades de cálculo del presupuesto (ruta crítica) .....	70
Ilustración 41-Mapa de flujo de valor de la situación actual de elaboración de cronogramas.....	73
Ilustración 42-Programas utilizados para elaboración de cronogramas .....	75
Ilustración 43-Mapa de flujo de valor de la situación futura de elaboración de cronogramas.....	76
Ilustración 44-Mapa de flujo de valor de la situación actual de actividades de construcción del cronograma (ruta crítica).....	77
Ilustración 45-Mapa de flujo de valor de la situación futura de actividades de construcción del cronograma (ruta crítica).....	78

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1-Matriz de impacto de herramientas en áreas y etapas .....	20
Tabla 2-Herramientas para estimación de costos según el PMI.....	21
Tabla 3-Herramientas cálculo del presupuesto según el PMI.....	22
Tabla 4-Herramientas para estimación de duración de actividades según el PMI.....	24
Tabla 5-Herramientas para construir el cronograma según el PMI.....	25
Tabla 6-Categorías de desperdicios en proyectos de construcción.....	27
Tabla 7-Principios de la filosofía Lean Construction.....	28
Tabla 8-Simbología para elaboración de mapa de flujo de valor .....	32
Tabla 9-Ventajas de la aplicación de la filosofía Lean Construction .....	37
Tabla 10-Desventajas de la aplicación de la filosofía Lean Construction .....	37
Tabla 11-Relación entre variables de investigación.....	47

Tabla 12-Actividades involucradas en la elaboración de cronogramas.....	52
Tabla 13-Actividades involucradas en la elaboración de presupuestos .....	52
Tabla 14-Software para la elaboración de presupuestos y cronogramas .....	52
Tabla 15-Resumen de tiempos de actividades para la elaboración de presupuestos.....	54
Tabla 16-Resumen de tiempos de actividades para la elaboración de cronogramas.....	55
Tabla 17-Personal involucrado .....	56
Tabla 18-Porcentaje de incremento por pandemia en presupuesto y cronograma .....	57
Tabla 19-Tabla para diagrama de precedencia .....	62
Tabla 20-Falla identificada y principio Lean Construction en MFV situación actual para elaboración de presupuesto .....	64
Tabla 21-Falla identificada y principio Lean Construction en MFV situación actual para actividades destacadas de la elaboración de presupuesto.....	69
Tabla 22-Porcentaje de correspondencia con flujograma Lean Construction (Presupuesto).....	71
Tabla 23-Tabla para diagrama de precedencia (Cronograma).....	72
Tabla 24-Falla identificada y principio Lean Construction en MFV situación actual para elaboración de cronograma.....	74
Tabla 25-Porcentaje de correspondencia con flujograma Lean Construction (Cronograma) .....	79

## **ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1-Tamaño de la Muestra.....	49
Ecuación 2-Media probabilística .....	54

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1-Entrevista de la investigación.....	92
Anexo 2-Tiempo cálculo de cantidades de obra .....	94

Anexo 3-Tiempo cotizaciones.....	94
Anexo 4-Tiempo cotización y negociación con subcontratistas.....	95
Anexo 5-Tiempo de adquisición de insumos de bioseguridad.....	95
Anexo 6-Tiempo análisis de datos mediante software (Presupuesto).....	96
Anexo 7-Tiempo de cálculo de estimaciones de duración de actividades.....	96
Anexo 8-Tiempo para secuenciar actividades.....	97
Anexo 9-Tiempo análisis de datos mediante software (Cronograma).....	97
Anexo 10-Matriz de respuestas estandarizadas para cadena de actividades de elaboración de presupuestos.....	98
Anexo 11-Matriz de respuestas estandarizadas para cadena de actividades de elaboración de cronograma.....	100
Anexo 12-Matriz de recurrencia de actividad-posición para elaboración de presupuestos.....	101
Anexo 13-Matriz de recurrencia de actividad-posición para elaboración de cronograma.....	102
Anexo 14-Matriz de correspondencia entre flujograma optimizado y situación actual por empresa (Presupuesto).....	103
Anexo 15-Matriz de correspondencia entre flujograma optimizado y situación actual por empresa (Cronograma).....	104
Anexo 20-Flujograma de elaboración de presupuesto basado en Lean Construction según modelo de situación futura.....	105
Anexo 21.Flujograma de elaboración de cronograma basado en Lean Construction según modelo de situación futura.....	105

## **LISTA DE SIGLAS**

CHICO Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción

IPD	Integrated Project Delivery
LC	Lean Construction
LCI	Lean Construction Institute
LPDS	Lean Project Delivery System
LPS	Last Planner System
MFV	Mapa de Flujo de Valor
PAC	Porcentaje de Actividad Completada
SUP	Sistema del Último Planificador
VMS	Value Stream Mapping

## **GLOSARIO**

Filosofía Lean: es una filosofía basada en el sistema de producción de Toyota Motors que, mediante la eliminación de desperdicios o actividades que no agregan valor, permite alcanzar resultados inmediatos en la productividad.

Lean Construction Institute: es una organización cuya misión es transformar la industria de construcción y diseño a través del pensamiento, herramientas y técnicas Lean.

Lean Construction: es una filosofía orientada hacia la gestión de proyectos de construcción, la cual tiene como objetivo principal eliminar o reducir las actividades que no le generan valor al proyecto y optimizar las actividades que si le dan valor al proyecto.

Pull Planning: herramienta *lean* donde se comprende un cronograma más detallado.

Sistema del Último Planificador (SUP): herramienta *lean* cuyo objetivo principal es desarrollar un sistema de planificación y control para mejorar la variabilidad en un proyecto de construcción y disminuir la incertidumbre en cada una de las actividades del proyecto.

Target Costing: herramienta *lean* dedicada a comprender las necesidades y generar valor para el cliente por medio de los flujos de valor en la eliminación de desperdicios e incremento de la productividad.

Value Stream Mapping (VSM): herramienta *lean* que consta en la elaboración de un mapa donde se ilustra el proceso de principio a fin, incluyendo las actividades e información específica. Representa la situación actual del proceso e identifica sus fallas con lo que posteriormente se construye una situación futura con mejoras aplicadas.

## I. INTRODUCCIÓN

Una adecuada gestión de presupuestos y cronogramas repercute indirectamente en los costos y tiempos de los proyectos de construcción, variables que junto con el alcance conforman la triple restricción de los proyectos y definen la calidad. Adicionalmente, existen variables como la satisfacción del cliente, para lo que es importante optimizar la construcción de cronogramas y presupuestos, de manera que se logre elaborar una oferta en el menor tiempo y con la mayor precisión.

Tanto los contratistas como las empresas constructoras acceden a los proyectos de construcción a través de licitaciones y negociaciones con los dueños de los proyectos, por lo que el tiempo disponible para determinar el costo final para una oferta es generalmente limitado por la necesidad del cliente. Asimismo, la definición de los tiempos de los proyectos, como una de las variables de mayor importancia, requiere eficiencia en cuanto a los recursos disponibles para definirlos. De tal manera, el éxito en una licitación o una negociación directa puede depender no solo de desarrollar los presupuestos y cronogramas eficientemente, sino eficazmente.

Debido a la pandemia provocada por el coronavirus COVID-19 las medidas de bioseguridad se han convertido en una exigencia para preservar la vida de los hondureños, lo que ha impactado en los presupuestos y cronogramas de los proyectos, no solo en cuanto al costo que implica incluir medidas de bioseguridad, sino en cuanto al tiempo requerido para elaborar una oferta. Adicionalmente, los tiempos de las actividades de los proyectos deben considerar el efecto que provocan estas medidas, tanto en trabajos de campo como de gabinete, lo que incluye la elaboración de cronogramas.

Esto hace un llamado a que nuevas herramientas y metodologías sean aplicadas. Un ejemplo que ha tenido éxito en otros países en los que se ha aplicado, es la filosofía de gestión de proyectos *Lean Construction* (LC).

Por ende, como medida estratégica para abordar lo anterior desde este estudio se generará un plan de mejora en la cadena de actividades para la elaboración de presupuestos y cronogramas mediante la filosofía LC, considerando los efectos en materia de bioseguridad. Los principios de

*Lean Construction* se han caracterizado por definir las actividades en función del valor que generan a los proyectos, para lo que propone eliminar o reducir las actividades que no agreguen valor y optimizar aquellas que sí, a través de herramientas propias de la filosofía, como *value stream mapping* y *pull planning*.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA**

Debido a que la gestión de proyectos en Honduras se ha desarrollado bajo un enfoque tradicional, la elaboración de presupuestos y cronogramas ha seguido el mismo esquema, que no necesariamente se apega a una metodología eficiente. Como resultado, dadas las limitaciones de tiempo que caracterizan la etapa de definición de presupuestos y cronogramas, existe el riesgo de que no reflejen el análisis profundo de todas las variables involucradas, poniendo en riesgo tanto a los dueños de proyectos, como a los contratistas y empresas constructoras, al generar incrementos en los costos o pérdidas, respectivamente, que surgen como consecuencia de imprecisiones en la etapa de presupuestos y cronogramas. La gestión de presupuestos y cronogramas se caracteriza por ser una de las que genera mayor presión sobre los responsables, debido a la necesidad de elaborar estos productos en plazos restringidos, tanto para participar en procesos de licitación como para elaborar ofertas para procesos de contratación o negociación directa.

Actualmente, dado que Honduras se encuentra afectada por los efectos generados por la pandemia provocada por el coronavirus COVID-19, es imperativo considerar esta variable dentro de la etapa de presupuestos y cronogramas de proyectos, dadas las restricciones de circulación y concentración de personas en la industria y comercios ligados al sector construcción. Esto viene a afectar todavía más el hecho de que según estadísticas de la CHICO, a diario se pierden aproximadamente 55 millones de lempiras, lo que vuelve aún más necesaria la implementación de la filosofía *Lean Construction* en la etapa de presupuestos y cronogramas de proyectos durante la crisis y post crisis del COVID-19.

### **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Pons (2014) identificó como principal consecuencia de una gestión tradicional de proyectos las pérdidas y la ejecución de obra fuera de plazos, situación que caracteriza la industria de la construcción hondureña, en donde gestionar de forma tradicional el presupuesto y cronograma

de un proyecto pone en riesgo el estimar con precisión los costos y tiempos del proyecto, considerando la restricción de los plazos establecidos por los dueños de los proyectos, ya sean estatales o del sector privado, para la recepción de las ofertas para licitaciones y procesos de contratación directa. Probablemente esta sea una de las causas de los incrementos en los costos o pérdidas en los proyectos, según sea el caso, de alrededor de US\$2 millones diariamente, según Mekler (2020), a lo que se deben adicionar las pérdidas provocadas por efectos de la pandemia, que suman más de US\$200 millones a la fecha, según Silvio Larios, director ejecutivo de la CHICO.

### **2.3 JUSTIFICACIÓN**

Nuevas herramientas, metodologías y roles están influyendo en la cultura empresarial de la construcción. La industria se encuentra en las primeras etapas de una transformación acelerada, generalizada y positiva por lo que es muy importante que se comprenda por qué se necesita un cambio de sistema productivo en la construcción (Pons Achell, 2014). Es necesario contar con una ágil gestión de presupuestos y cronogramas que permita garantizar una elaboración eficiente y eficaz de estos productos, lo que hace la diferencia al momento de participar en procesos de licitación o contratación directa.

Adicionalmente, el costo y tiempo han conformado por mucho tiempo la triple restricción de los proyectos de construcción en donde la gestión de presupuestos y cronogramas podría reflejar un impacto, así sea indirectamente. En el artículo de *"Proyectos, gestión y éxito. Una revisión de la literatura."* se expone la dicotomía que existe al evaluar el éxito de un proyecto, el cual puede ser medido desde el producto final para la satisfacción del cliente o desde la gestión del mismo. Evaluando el éxito de un proyecto desde su gestión, largamente ha sido considerado como la capacidad de ajustarse a las restricciones, donde "El triángulo de hierro o la triple restricción radica en respetar y completar el proyecto a tiempo, dentro del presupuesto y dentro del alcance establecido" (Rincón & Jaramillo, 2017).

Según estimaciones de Osmín Bautista, dirigente de la CHICO, la inversión privada en el rubro de la construcción se reducirá en aproximadamente 3,500 millones de lempiras durante el presente año debido a los efectos del coronavirus COVID-19, lo que representa aproximadamente 150,000 empleos temporales.

Considerando los plazos establecidos por los dueños de los proyectos para la recepción de las ofertas de licitación o contratación directa, como evidente necesidad para optimizar tanto el recurso humano como el tiempo para la elaboración de presupuestos y cronogramas, es necesaria la aplicación de la filosofía *Lean Construction* para cumplir en tiempo y forma en función del alcance de los proyectos y los plazos de entrega de las ofertas, lo que recientemente involucra consideraciones especiales debido a la pandemia provocada por el coronavirus COVID-19.

## **2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Cuáles son las actividades involucradas en la elaboración de presupuestos y cronogramas?
2. ¿Qué efectos han tenido las consideraciones de bioseguridad en la etapa de elaboración de presupuestos y cronogramas?
3. ¿Qué condiciones son necesarias para la aplicación de la filosofía *Lean Construction* dentro de la cadena de actividades de elaboración de presupuestos y cronogramas, considerando las restricciones de bioseguridad?
4. ¿De qué manera se puede mejorar la cadena de actividades involucrada en la elaboración de presupuestos y cronogramas en condiciones normales y con consideraciones por los efectos de la pandemia provocada por el COVID-19?

## **2.5 OBJETIVOS**

### 2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar oportunidades de mejora en los procesos para la elaboración de presupuestos y cronogramas mediante la aplicación de la filosofía *Lean Construction*, implementando consideraciones especiales por efectos del coronavirus COVID-19 en los proyectos de construcción.

### 2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir las actividades involucradas en la elaboración de presupuestos y cronogramas para proyectos de construcción.

2. Identificar dentro de la etapa de presupuestos y cronogramas el efecto de las consideraciones de bioseguridad relacionadas con el COVID-19.
3. Identificar dentro de la cadena de actividades, considerando circunstancias normales y restricciones de las medidas de bioseguridad, las condiciones que permiten la implementación de la filosofía *Lean Construction*.
4. Establecer un plan de mejora en la cadena de actividades mediante la implementación de la filosofía *Lean Construction* en condiciones normales y con consideraciones especiales por efectos de la pandemia.

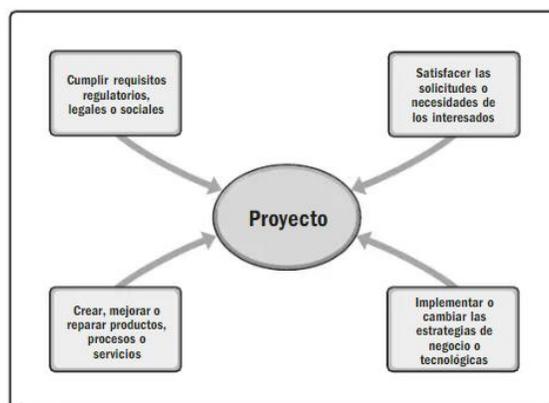
### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 GESTIÓN DE PROYECTOS

El concepto de gestión de proyectos tiene por idea fundamental “administrar todos los recursos necesarios para realizar planificaciones las cuales gestionen un resultado determinado” (Estrada Reyes, 2015). Así mismo, Estrada afirma que la gestión de proyectos es demasiado importante dentro del desarrollo sostenible y constante de las sociedades donde los proyectos realizados sin ningún tipo de gestión son los que se traducen en pérdidas.

##### 3.1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Previo a definir que es un proyecto, se deben conocer ciertos conceptos relacionados propensos a confundirse. Plan, programa, proyecto y actividad conforman distintos niveles de concreción. Un plan se refiere a algo general cuya finalidad es trazar un curso y probable desarrollo de una idea, un programa concreta lo planteado en el plan delimitándolo en un tiempo específico y define un conjunto organizado de objetivos mientras que el proyecto define una serie de actividades que permitan alcanzar los objetivos planteados. Particularmente, Estrada R. Juan (2015) expone que según el Project Management Institute (PMI) los proyectos son un conjunto de actividades enfocadas hacia el logro de un objetivo específico y de carácter temporal. Se puede observar de forma gráfica el contexto de un proyecto (Ilustración 1).



**Ilustración 1-Contexto de iniciación de un proyecto**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

El libro de gestión de proyectos define a un proyecto como “Un desafío temporal que se enfrenta para crear un único producto o servicio. Todo proyecto tiene un resultado deseado, una fecha límite y un presupuesto limitado” (Lledó & Rivarola, 2007). De tal forma, se entiende por proyecto a un conjunto organizado de actividades en tiempo y costo con el fin de alcanzar un objetivo específico.

Un proyecto se desarrolla como la búsqueda de una solución inteligente que satisfaga una necesidad humana, según el libro de evaluación de proyectos (Baca Urbina, 2006). Por ende, un proyecto de construcción se entiende como todo aquel proyecto que propone una solución para satisfacer una necesidad humana mediante la creación o el mantenimiento de una obra de construcción civil.

Los proyectos de construcción civil satisfacen las necesidades de uno o más individuos al proveerlos con obras de infraestructura de transporte, portuaria y naviera, urbana, hídrica, turística o edilicia. Cada uno de estos proyectos cuenta con características específicas por lo que su fracaso o éxito depende de una serie de variables y el manejo de cada una de ellas.

### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO

Debido a la variedad de tipo de proyectos que existen, cada uno cuenta con características específicas según sea su naturaleza. No obstante, hay rasgos principales que se pueden observar en cualquier tipo de proyectos. Dentro de estos se incluye el desarrollo en base a objetivos y metas, su curso a través de diferentes etapas, el involucramiento de actores con distintos roles y responsabilidades y la presencia de un grado de incertidumbre.

En el año 2019, Jorge Sarmiento, Daniel Garzón y Óscar Gutiérrez en su libro de formulación y evaluación de proyectos de ingeniería identifican como las características típicas en los proyectos de construcción las siguientes:

- La presencia de un objetivo claro, es decir, la razón del porqué se ejecuta.
- La obtención de un entregable que es único y diferente a otros.
- Se encuentra delimitado en el tiempo por lo que tiene un principio y un fin.
- Cuenta con recursos limitados para el logro de su objetivo.

Lo que en esencia resalta la persecución de un objetivo central, unicidad de proyectos, delimitación en un marco de tiempo y la disponibilidad limitada de recursos.

De manera consistente en el libro de ingeniería de proyectos, se identifican como características fundamentales del proyecto la discontinuidad y la unicidad, pero también considera la complejidad, elaboración gradual, integralidad, el sentido multidisciplinario, dinamismo y evolución, irreversibilidad y el riesgo involucrado. (González, Alba, & Ordieres, 2014).

Según las definiciones de González, Alba y Ordieres las características fundamentales del proyecto son:

*Discontinuo.* Su duración se encuentra limitada a un principio y un final.

*Unicidad.* Da resultados únicos pues a pesar de construir varios edificios de oficinas, cada uno cuenta con diferente ubicación, propietario, diseño, contratista, etc.

*Elaboración gradual.* Se va desarrollando en pasos y va aumentando gradualmente.

*Complejidad.* Esto se debe a la magnitud y la variabilidad de los costos y tiempo que se involucran en el proyecto.

*Integralidad.* Para su realización es necesario cubrir todas las etapas desde la concepción de la idea hasta su transformación en una realidad.

*Multidisciplinario.* Al ser complejo e integral se genera la necesidad de un equipo con especialización en las distintas etapas que debe cursar el proyecto.

*Dinamismo y evolución.* Se cursa una situación de inestabilidad permanente debido a los frecuentes cambios producidos por la finalización de una fase y el inicio de otra, la incorporación de nuevos recursos o el cumplimiento de tareas.

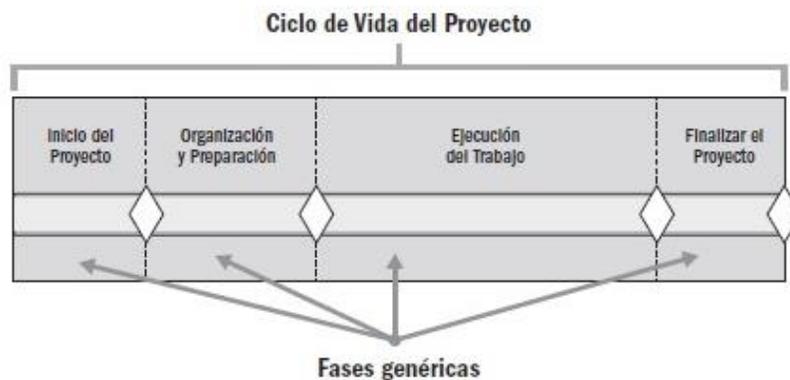
*Irreversibilidad.* Por el deber de progreso, en el proyecto, se toman decisiones que se consideran irreversibles, no por el hecho que no se puedan deshacer sino porque hacerlo implica consideraciones monetarias y de tiempo.

*Riesgo.* Está sometido a fuertes influencias externas que representan riesgos económicos o de otra naturaleza.

### 3.1.3 FASES DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

En la gestión de proyectos se debe tener en cuenta el ciclo de vida de un proyecto, desde su concepción hasta su finalización. Normalmente, según Lledó & Rivarola (2007) se establecen distintas fases dentro de un proyecto con el objetivo de aplicar diferentes procesos y metodologías, a cada una de las fases, para realizar una gestión del proyecto más eficiente.

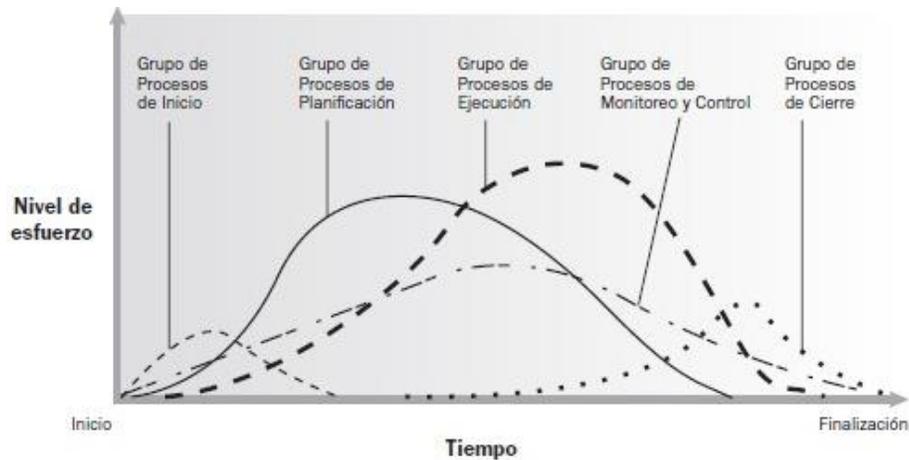
Lledó (2007) establece que las cinco fases básicas de cada proyecto son: inicio, planificación, ejecución, control y cierre, mientras que el PMI (2017) identifica cuatro fases genéricas (ver Ilustración 2) que son: inicio, organización y preparación, ejecución del trabajo y finalización del proyecto.



**Ilustración 2-Secuencia de fases genéricas de un proyecto**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

Cabe destacar que una gestión de proyectos eficiente se puede determinar con el manejo de recursos, control de las variables y la aplicación de herramientas o técnicas en las diferentes fases. Las herramientas o técnicas que se implementen deben ser necesarias y aplicables en cada fase, por eso es necesario observar la posible interacción entre las diferentes fases de un proyecto como se enseña en el gráfico de la Ilustración 3. Lledó & Rivarola (2007), afirman que cada proyecto es distinto de otro y puede llegar a tener una interacción diferente entre las fases del proyecto



**Ilustración 3-Interacción entre las fases de un proyecto**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

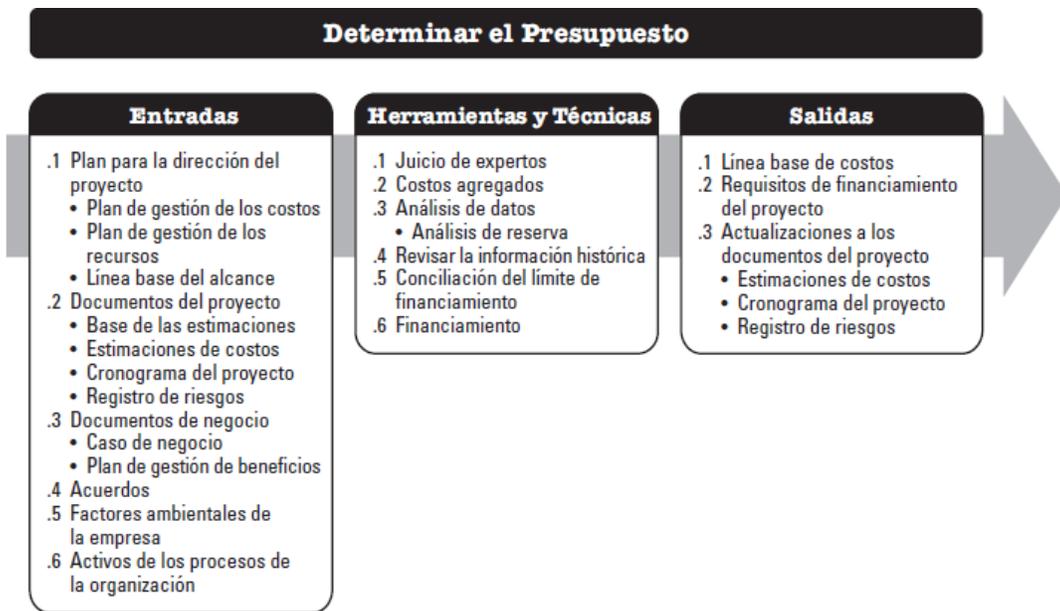
### 3.1.4 COSTOS Y TIEMPOS DE UN PROYECTO

Los proyectos analizan tres variables básicas, que limitan su gestión, en las cuales se encuentran costo, tiempo y alcance. Este conjunto de variables, en la gestión de proyectos, son denominadas como la restricción triple.

#### 3.1.4.1 Presupuestos

“La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado” (Project Management Institute, 2017, pág. 231). De acuerdo con el PMI, uno de los procesos necesarios en la gestión de los costos es la elaboración del presupuesto, el cual se establece como un proceso en el que se suman los costos de las actividades que se realizarán en el proyecto con el objetivo de lograr una base fija de los costos.

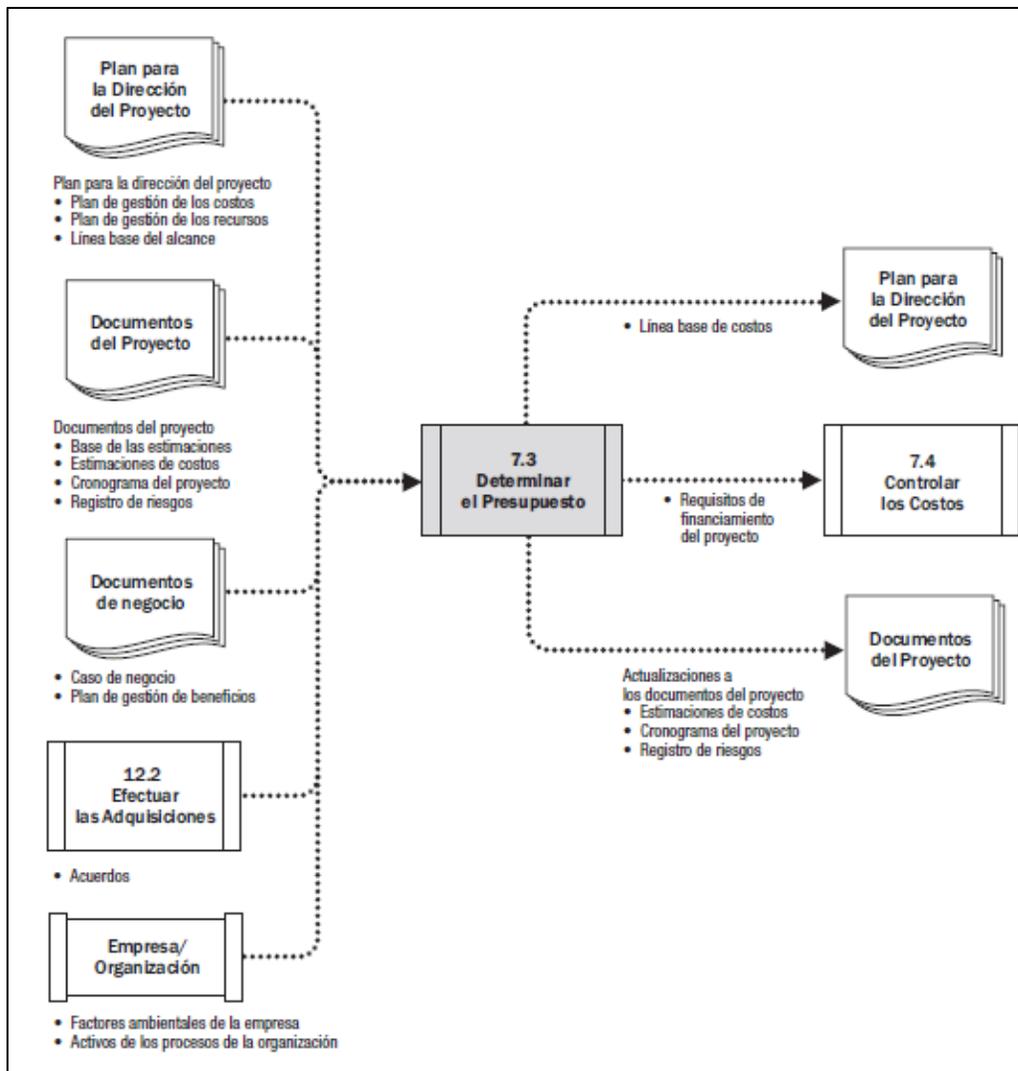
La elaboración de un presupuesto es importante para fijar una base del costo total de un proyecto, el cual puede llegar a ser un indicador del nivel de éxito del proyecto en términos de costos. La elaboración de presupuestos es un proceso (Ilustración 4) que requiere de la gestión del mismo para garantizar un cierto porcentaje de cumplimiento.



**Ilustración 4-Determinar el presupuesto**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

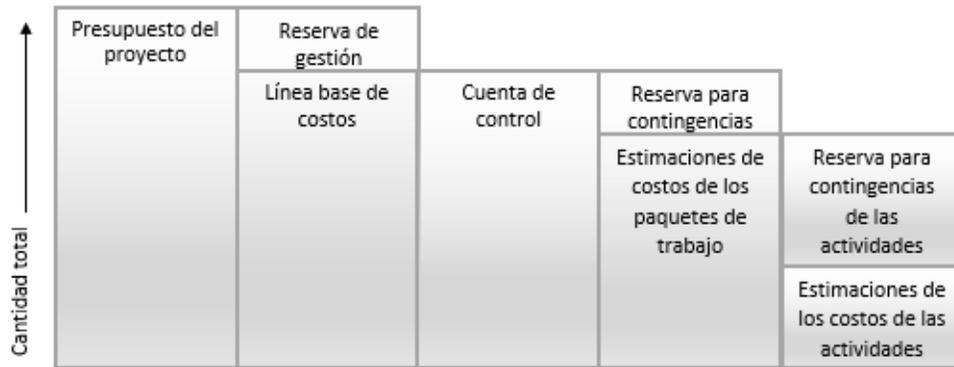
Un presupuesto, como todo proceso, posee un diagrama de flujo en el cual se representan todos los antecedentes y los procedentes que se generan una vez se haya elaborado el proceso. La Ilustración 5 representa este diagrama, de acuerdo con el Project Management Institute.



**Ilustración 5-Diagrama de flujo de datos de determinar el presupuesto**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

“La línea base de costos es la versión aprobada del presupuesto del proyecto con fases de tiempo, excluida cualquier reserva de gestión, la cual sólo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios” (Project Management Institute, 2017, pág. 249). Es importante destacar que la línea de base de costos tiene como uno de sus objetivos comparar los resultados reales con los establecidos en la elaboración del presupuesto. La Ilustración 6 muestra los componentes que se destacan en un presupuesto y su línea base de costos, además de su contraste con respecto a la cantidad total de un proyecto.

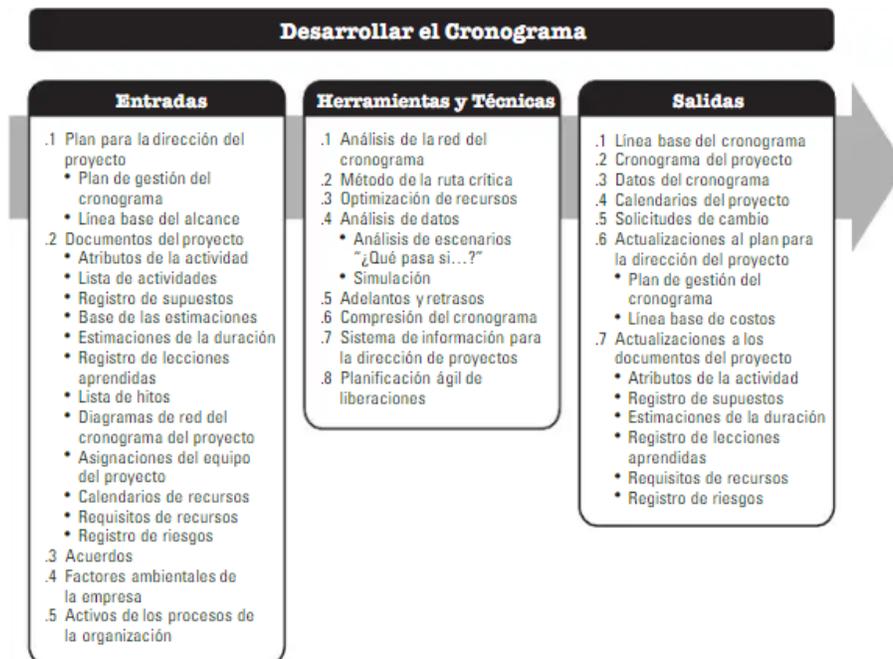


**Ilustración 6-Componentes del presupuesto del proyecto**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

### 3.1.4.2 Cronogramas

La programación del proyecto brinda un plan detallado de las actividades que se ejecutan y el tiempo en que se llevan a cabo, es por ello que su gestión comprende todos los procesos para administrar la finalización del proyecto en el tiempo estipulado. Dentro de los procesos involucrados se encuentra definir las actividades del proyecto, secuenciarlas, estimar su duración y finalmente desarrollar el cronograma (proceso en Ilustración 7).



**Ilustración 7-Gráfico de proceso de desarrollo de cronograma**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

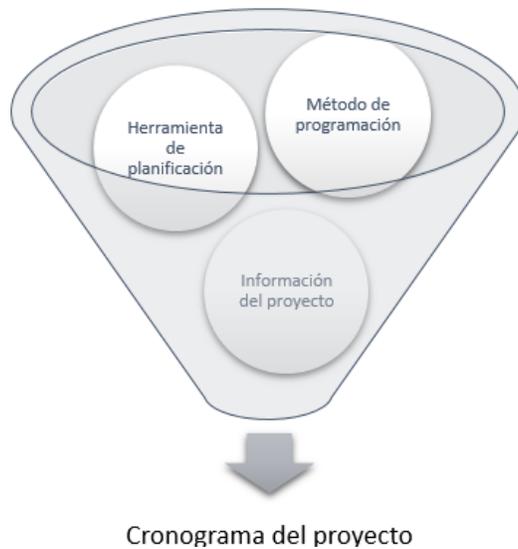
Según el PMI (2017) el proceso de definir las actividades consta de identificar y documentar acciones específicas, necesarias para el avance del proyecto. Luego de ejecutar este proceso los resultados que se obtienen son la lista de actividades, los atributos de cada actividad, la lista de hitos y solicitudes de cambio.

Al momento de generar las actividades es importante que el director del proyecto tenga claro que además de esto, se debe elaborar una secuencia y comunicarla al predecesor para que tenga conocimiento de la programación y pueda respetarla (Aceves Salmón, 2018). De manera consistente, el PMI (2017) define a secuenciar las actividades como el proceso que consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto de lo cual se obtiene la definición de la secuencia lógica de trabajo. Esto ayuda a tener en cuenta las restricciones del proyecto y permite obtener una mayor eficiencia.

En la estimación del tiempo de un proyecto se debe considerar lo que se necesita hacer y el tiempo que supondría hacerlo, esto se determina por la complejidad, tamaño y nivel de incertidumbre que presente el proyecto. Por los factores considerados es que las estimaciones del tiempo siempre son aproximadas y es importante que una persona con suficiente experiencia las haga para tener un menor margen de error. (Aceves Salmón, 2018)

Pablo Aceves (2018) indica que lo primero que se debe de hacer para estimar la duración del proyecto es conocer la duración de cada una de las actividades de principio a fin, o sea el tiempo transcurrido el cual considera tiempos de espera. De igual forma menciona que es ventajoso que el líder del proyecto recurra a los ejecutores de las actividades para realizar las estimaciones ya que ellos son los verdaderos expertos en campo, el involucrar a los responsables de área permite que se genere un mayor compromiso y esto fortalece el proyecto.

Finalmente, se obtiene el cronograma de un proyecto como resultado de haber considerado las actividades, duraciones, recursos, dependencia y restricciones para crear un modelo de programación para la ejecución, monitoreo y control del proyecto en una herramienta de planificación (Ilustración 8) (Project Management Institute, 2017).



### **Ilustración 8-Diagrama de interacción para la obtención de un cronograma**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

#### 3.1.5 PRODUCTIVIDAD Y VARIABILIDAD EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La productividad se puede describir como la relación que existe entre una producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla, por lo que una mayor productividad se evidencia como una mayor producción utilizando la misma cantidad de recurso, según Abner Guzmán (2014).

Como otro concepto de productividad que cita Guzmán A. (2014), es el citado por Botero y Álvarez (2004), donde se define como una medición de la eficiencia con que se administran los recursos de un proyecto con un estándar de calidad, dentro de un plazo establecido.

Botero y Álvarez (2004) mencionan que hablar de productividad implica eficiencia y efectividad porque una cantidad de obra producida no tiene sentido si presenta problemas de calidad. Ellos observan la relación entre la eficiencia, efectividad y productividad por medio de una matriz (Ilustración 9).

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <i>ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</i>	Alto OBTENCIÓN DE LAS METAS
INEFFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFFECTIVO	Bajo

### Ilustración 9-Matriz de relación entre la eficiencia, efectividad y productividad

Fuente: (Botero & Álvarez, 2004)

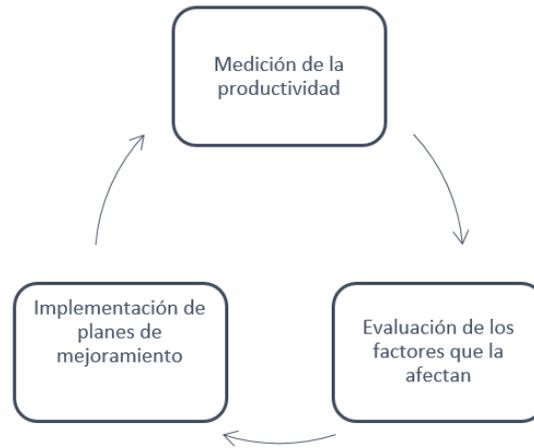
La construcción es un sistema productivo que se caracteriza por la obtención de un producto deseado mediante la transformación de insumos y recursos, donde los principales son materiales, maquinarias y mano de obra. En base a estos recursos considerados, se puede hablar de diferentes clases de productividad en la construcción. La productividad en los materiales se puede ver mediante la cantidad de desperdicios que genere, en la mano de obra se observa en el ritmo de trabajo y en la maquinaria mediante los tiempos muertos que evite. (Botero & Álvarez, 2004)

Botero y Álvarez (2004) identifican factores que inciden de forma negativa en la productividad de los proyectos de construcción, dentro de los cuales se encuentran: falta de especificaciones en el diseño, errores en los diseños, modificaciones a los diseño durante la ejecución del proyecto, falta de supervisión de los trabajadores, constante rotación de trabajadores, bajas condiciones de seguridad industrial que conducen a altas tasas de accidentes, clima y condiciones adversas en la obra, falta de materiales requeridos, falta de suministro de equipos y herramientas y mano de obra poco calificada.

Por otro lado, dentro de los factores que inciden de forma positiva en la productividad de la obra en proyectos de construcción identifican los siguientes: alta motivación al personal de la obra, buena supervisión del proyecto, uso de procedimientos aprobados y buena planificación.

Tomando en cuenta estos factores es que Botero y Álvarez (2004) recomiendan seguir el ciclo de mejoramiento de la productividad que consiste en tres distintas etapas. La primera es la medición de la productividad mediante toma de datos, su procesamiento y análisis estadístico. La segunda es la evaluación de la productividad que consta de utilizar los datos obtenidos para diagnosticar

la situación de la obra e identificar problemas. La tercera y última trata de la implementación de planes de mejoramiento en donde se formulan estrategias y acciones de mejoramiento sujetas a seguimiento continuo para evaluar su eficacia. De tal manera el ciclo de mejoramiento se observa en la Ilustración 10.



**Ilustración 10-Ciclo de mejoramiento de la productividad**

Fuente: (Botero & Álvarez, 2004)

Existe un enfoque para la gestión de proyectos de construcción que se basa en la filosofía *Lean Construction* la cual tiene dentro de sus objetivos principales la productividad. Según Lauri Koskela (1992) esta filosofía establece que el proceso productivo está compuesto por una cadena de actividades de conversiones y flujos. En esta cadena son denominadas conversiones todas las actividades de transformación que agregan valor tras convertir los materiales en productos tomando en cuenta los requerimientos del cliente, mientras que las actividades de flujo (pérdidas) son todas aquellas que no agregan valor pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos. (Botero & Álvarez, 2004)

En el caso de proyectos de construcción la variabilidad se define como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos. Se presenta en todos los proyectos donde su nivel de aparición depende de la complejidad, velocidad de progreso, ubicación y magnitud de los mismos. Como medida de prevención se predicen imprevistos, ya que no hacerlo los incrementaría significativamente generando un mayor impacto en los proyectos; sin embargo, es casi imposible determinarlos en su totalidad al ser eventos aleatorios. (Guzmán Tejada, 2014)

Con la cantidad de actividades involucradas en un proyecto, la variabilidad se incrementa. En un proceso, la confiabilidad de una actividad predecesora es del 95% mientras que, en un proyecto de construcción, la confiabilidad en una actividad predecesora baja hasta un 8% por el número de actividades involucradas. Siguiendo el objetivo principal de la filosofía *Lean Construction*, minimizar desperdicios, el correcto manejo de la variabilidad resulta un aspecto fundamental ya que esta es la principal fuente de los desperdicios. (Guzmán Tejada, 2014)

### *3.1.5.1 Desperdicio por mano de obra mal empleada*

“En las pequeñas empresas, la mano de obra es uno de los factores más importantes que influyen en la productividad. La productividad aumenta cuando los empleados son competentes, trabajan con ahínco y realizan su trabajo de forma eficaz” (IMESUN, 2016, pág. 10). La mano de obra es considerada como uno de los factores que más influyen en la productividad de la parte interna de un proyecto. Lograr una buena gestión del talento y el recurso de la mano de obra puede influir directamente, dentro de las variables, en un proyecto.

En un proyecto entre menos desperdicios se encuentren mayor será la productividad y se puede determinar un grado de eficiencia.

## **3.2 METODOLOGÍA TRADICIONAL DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**

Se puede definir, según La Real Academia Española (2014), a una metodología como un conjunto de métodos, herramientas o técnicas que se implementan en una investigación científica. En este caso podemos definir a una metodología, dentro del rubro de la gestión de proyectos, como un conjunto de métodos, herramientas y técnicas que permiten sistematizar las fases y procesos que se desarrollan en un proyecto.

### **3.2.1 METODOLOGÍA TRADICIONAL DE PROYECTOS**

Según el PMI (2017), donde se expone lo que es considerada una metodología tradicional de gestión de proyectos de acuerdo a distintos autores, se define a un proyecto como una meta realizada en un tiempo específico con el objetivo de crear un producto, servicio o resultado único.

El PMI establece que un proyecto se lleva a cabo por medio del cumplimiento de entregables o actividades asociadas al proyecto.

“Una de las grandes dificultades que deben afrontar los gerentes de proyectos de construcción es la falta de integración entre las metodologías, filosofías, herramientas e instrumentos de gestión que se han desarrollado a lo largo de la historia” (Project Management Institute, 2017, pág. 4).

### 3.2.2 HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE COSTO Y TIEMPO

“Las herramientas de gestión facilitan el análisis de datos y/o la toma de decisiones y/o el transporte de la información entre los procesos, a través de instrumentos tangibles o intangibles utilizados por la gerencia y su equipo” (Pinzón & Remolina, 2017)

El estudio realizado en 2017 por Pinzón y Molina identifica y analiza herramientas principales de la gestión en base a la metodología propuesta por el PMI. Ellos afirman que “En el PMBOK se pueden identificar un total de 113 herramientas para gerenciar las diferentes etapas y áreas de un proyecto”. Dentro del estudio se incluyó el juicio de expertos, reuniones, técnicas analíticas, análisis de reservas, auditorías, inspección, software de gestión de proyectos, técnicas de negociación y métodos de comunicación; cada herramienta con un código de identificación del 1 al 9 respectivamente. Mismas que fueron seleccionadas en base a encuestas aplicadas a profesionales en el área de gerencia como las herramientas de mayor impacto en la gestión de proyectos.

Luego de analizar los datos obtenidos mediante la encuesta, ubican las nueve herramientas, definidas como las mínimas necesarias para gestionar el proyecto de forma adecuada, en una matriz (Tabla 1) según su implicación en base a las 11 áreas del PMBOK y las 5 etapas de un proyecto.

**Tabla 1-Matriz de impacto de herramientas en áreas y etapas**

Primeras 9 herramientas					
ÁREAS	Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y control	Cierre
Integración	1	1	1,2	1,2,3	-
Alcance	-	1,2	-	6	-

ÁREAS	Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y control	Cierre
Tiempo	-	1,2,3,4	-	7	-
Costo	-	1,2,3,4	-	4	-
Calidad	-	2	5	6	-
Recursos humanos	-	1,2	8	-	-
Comunicación	-	2	9	1,2	-
Riesgos	-	1,2	-	2,4,5	-
Adquisiciones	-	1,2	1	5	-
Interesados	1,2	1,2	9	1,2	-

Fuente: (Pinzón & Remolina, 2017)

Además de las 9 herramientas previamente mencionadas, Bataller Alfons (2016) identifica al diagrama de Gantt y al diagrama PERT.

Dentro de las características del diagrama de Gantt se considera que cada barra representa una tarea del proyecto donde el eje horizontal identifica el tiempo mientras que el vertical se escribe una relación de tareas. El hecho que ilustre claramente el encabalgamiento entre las tareas planificadas representa una ventaja importante de esta herramienta.

El diagrama PERT (*Project evaluation and review technique*) evidencia la interdependencia entre las tareas del proyecto cuando se realiza su planificación, por ende, se reconoce como su principal característica la fácil visualización de la ruta crítica. Se entiende por ruta crítica a la concatenación de actividades que si sufren un retraso implica directamente un retraso del proyecto.

### 3.2.2.1 Herramientas para la gestión del costo según PMI 2017

Para estimar los costos las herramientas y técnicas que sugiere el PMI (2017), además del juicio de expertos, toma de decisiones y uso de sistemas de información son los descritos en la Tabla 2.

**Tabla 2-Herramientas para estimación de costos según el PMI**

Herramienta	Descripción
Estimación análoga	Técnica utilizada para estimar la duración o costo de una actividad mediante datos históricos de referencias similares.
Estimación paramétrica	Técnica que utiliza un algoritmo para estimar duración o costo de una actividad en base a datos históricos y parámetros del proyecto.
Estimaciones ascendentes	Técnica en la cual se descomponen una actividad en detalles, se estima el costo de cada detalle y luego se suman para obtener la cantidad total.

<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>
Estimación basada en tres valores	Calcula el costo esperado de una actividad como el promedio de tres costos; el costo probable, el optimista y el pesimista.
Análisis de datos	Incluye el análisis de alternativas donde considera los distintos niveles de capacidad, el análisis de reserva donde se considera una reserva en la estimación del costo por si se llega a presentar una contingencia y el costo de la calidad donde se evalúan reducciones de costo a corto plazo.

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

Para determinar el presupuesto, el PMI (2017) sugiere el juicio de expertos conjunto a cinco herramientas y técnicas expuestas en la Tabla 3.

**Tabla 3-Herramientas cálculo del presupuesto según el PMI**

<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>
Costos agregados	(Agregación de costos) suma los costos por paquetes de trabajo hasta llegar a los niveles superiores de componentes.
Análisis de datos	Análisis de reserva que contempla cantidades específicas del presupuesto disponibles para cubrir un trabajo no previsto.
Revisar la información histórica	Técnica donde se revisan proyectos con características similares para poder predecir de manera aproximada el costo total.
Conciliación del límite de financiamiento	Técnica en la cual el gasto de los fondos es consistente con los límites de financiamiento.
Financiamiento	Método mediante el cual se obtendrán los fondos para llevar a cabo el proyecto.

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

### *3.2.2.2 Herramientas para la gestión del cronograma según PMI 2017*

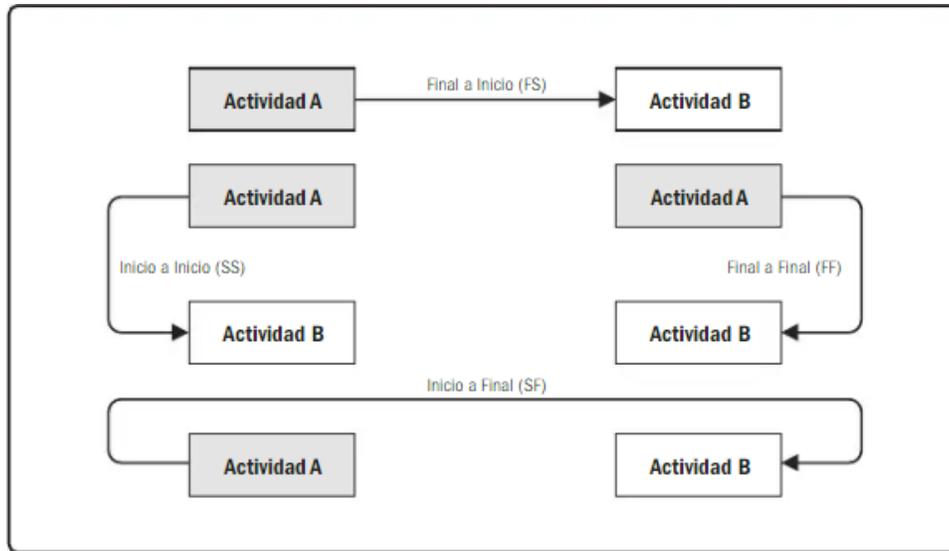
Para definir las actividades del cronograma el PMI (2017) sugiere 4 herramientas y técnicas principales que son el juicio de expertos, descomposición, planificación gradual y reuniones. Por juicio de expertos se refiere a considerar la pericia de un individuo en el tema. La descomposición se refiere a una técnica que consiste en dividir y subdividir el alcance y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables en donde las actividades reflejan el esfuerzo necesario para completar un paquete de trabajo, aquí entre mayor participación de los miembros del equipo exista, mejores serán los resultados. La planificación gradual es una técnica de planificación iterativa en donde el grado de detalle de planificación del trabajo depende de su ubicación en el ciclo de vida del proyecto, en otras palabras, se va planificando a mayor detalle a medida la realización del trabajo se aproxime. Finalmente, las reuniones se pueden ejecutar en

distintas modalidades y su propósito es definir las actividades necesarias para completar el trabajo.

Para secuenciar las actividades las cuatro herramientas y técnicas principales según el PMI (2017) son el método de diagramación por precedencia, la determinación e integración de las dependencias, la definición de adelantos y retrasos y el uso de sistemas de información para la dirección de proyectos.

El *método de diagramación por precedencia (PDM)* se utiliza para construir un modelo en donde se representan las actividades mediante nodos y se vinculan gráficamente entre sí por medio de una o más relaciones lógicas indicando la secuencia en que se deberían ejecutar. Se debe tener claro que una actividad sucesora es una que ocurre de manera lógica después de otra en el cronograma, existen 4 tipos de relaciones lógicas que son (ver Ilustración 11):

- Final a Inicio (FS): una actividad sucesora no puede dar inicio hasta que no concluya una actividad predecesora.
- Final a Final (FF): una actividad sucesora finalizar hasta que haya concluido una predecesora.
- Inicio a Inicio (SS): una actividad sucesora no puede dar inicio hasta que haya iniciado una actividad predecesora.
- Inicio a Final (SF): una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya iniciado una actividad predecesora.



**Ilustración 11-Relaciones lógicas del MDP**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

Para estimar la duración de las actividades las herramientas y técnicas que sugiere el PMI (2017), además del juicio de expertos, estimación análoga, estimación paramétrica, toma de decisiones y reuniones; son los expuestos en la Tabla 4.

**Tabla 4-Herramientas para estimación de duración de actividades según el PMI**

Herramienta	Descripción
Estimaciones ascendentes	Técnica en la cual se descomponen una actividad en detalles, se estima el tiempo de cada detalle y luego se suman para obtener la cantidad total.
Estimación basada en tres valores	Técnica donde se calcula la duración esperada de una actividad como el promedio de tres tiempos; el tiempo probable, el optimista y el pesimista.
Análisis de datos	Análisis de alternativas donde considera los distintos niveles de capacidad y análisis de reserva donde se considera una holgura en la estimación del tiempo por si se llega a presentar una contingencia.

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

Las herramientas y técnicas que sugiere el PMI (2017) para el desarrollo del cronograma son: adelantos y retrasos, sistemas de información para la dirección de proyectos y planificación ágil de liberaciones; además de los expuestos en la Tabla 5.

**Tabla 5-Herramientas para construir el cronograma según el PMI**

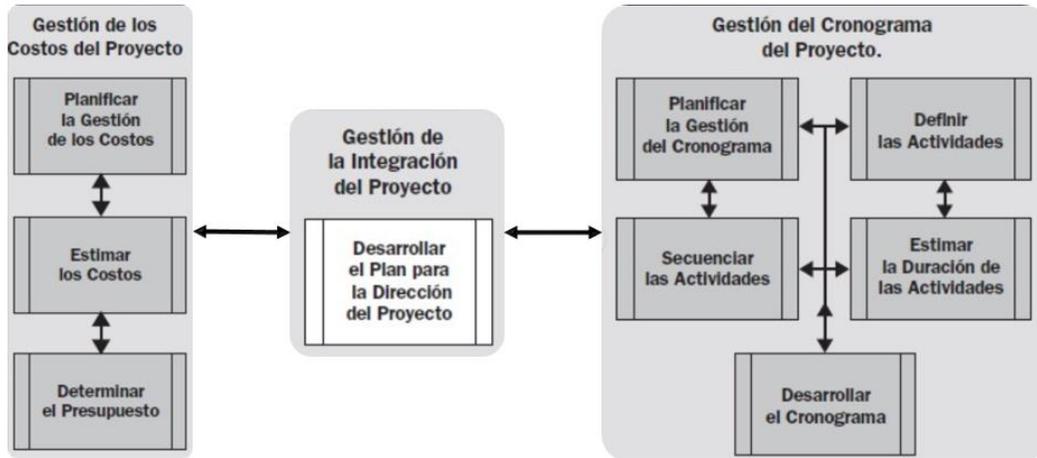
<b>Herramienta</b>	<b>Descripción</b>
Análisis de la red del cronograma	Genera el modelo de programación del proyecto y evalúa la suma de reservas al cronograma para evitar retraso y revisar si la ruta crítica presenta actividades de alto riesgo.
Método de la ruta crítica	Estima la duración mínima del proyecto, calcula las fechas de inicio y fin de las actividades, pero no tiene en cuenta las limitaciones de recursos que existen.
Optimización de recursos	Busca ajustar las fechas de inicio y finalización de las actividades por consideraciones de los recursos, para ello utiliza 2 técnicas que son la nivelación de recurso y la estabilización de recursos.
Análisis de datos	Analiza escenarios que podrían afectar positiva o negativamente al proyecto y realiza simulaciones de los efectos que podrían causar los riesgos del proyecto.
Compresión del cronograma	Acelera o acorta la duración del cronograma con técnicas como la intensificación donde ejecuta las actividades más rápido mediante cierta adición de recursos y la ejecución rápida donde ejecutan actividades en paralelo que solían ser secuenciales.

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

### 3.2.3 PLANIFICACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN PROYECTO

“Para una planificación efectiva es necesario definir con claridad el problema que se quiere resolver, hacer participar en la elaboración del plan a los responsables de implementar las tareas del proyecto y utilizar la estructura de desglose del trabajo” (Lledó & Rivarola, 2007, pág. 14).

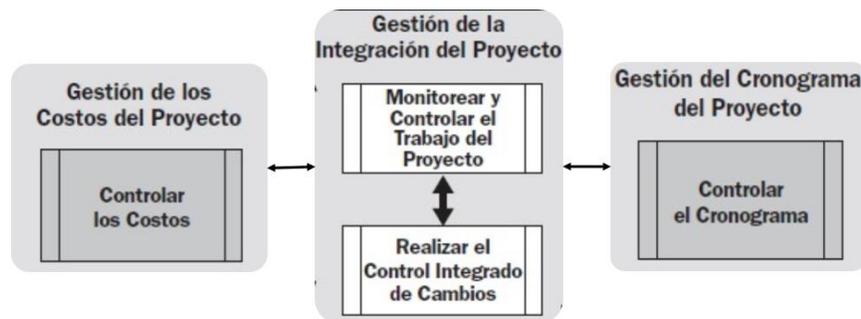
Según el PMI (2017), la planificación establece los procesos para definir el alcance total y los objetivos del proyecto. Los encargados de la planificación de un proyecto deben desarrollar componentes para la dirección del proyecto de acuerdo al plan. Cabe destacar, la planificación de un proyecto puede ser variable en el tiempo, debido a que este puede sufrir cambios significativos que lleven a la reconsideración de los procesos de planificación. En la Ilustración 12 se presentan los grupos de procesos de planificación de costos y cronograma del proyecto.



**Ilustración 12-Grupo de procesos de planificación de costos y cronogramas**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

Los Procesos de Monitoreo y Control en costos y cronogramas (Ilustración 13) tienen por finalidad hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto en cuanto a costos y tiempo, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. Monitorear es recolectar datos de desempeño del proyecto, producir medidas de desempeño e informar y difundir la información sobre el desempeño. Controlar es comparar el desempeño real con el desempeño planificado, analizar las variaciones, evaluar las tendencias para realizar mejoras en los procesos, evaluar las alternativas posibles y recomendar las acciones correctivas apropiadas según sea necesario. (Project Management Institute, 2017)



**Ilustración 13-Proceso de monitoreo y control de costos y cronograma**

Fuente: (Project Management Institute, 2017)

### 3.3 METODOLOGÍA DE UN PROYECTO CON LA FILOSOFÍA *LEAN CONSTRUCTION*

*Lean* se define como una filosofía con un enfoque que hace hincapié en la eliminación de residuos y la mejora continua para agilizar las operaciones. *Lean* se centra en ofrecer una mayor calidad, reducir los tiempos de ciclos y reducir los costos.

#### 3.3.1 DEFINICIÓN DE *LEAN CONSTRUCTION*

Según Porras Díaz... et. al. (2014) *Lean Construction* (LC) es una filosofía orientada hacia la gestión de proyectos de construcción, la cual tiene como objetivo principal eliminar o reducir las actividades que no le generan valor al proyecto y optimizar las actividades que si le dan valor al proyecto. *Lean Construction* establece reducir los excesos y volver más eficiente a un proyecto con la implementación de herramientas que se puedan aplicar en las diferentes fases de un proyecto de construcción. Los desperdicios según Porras Díaz, son todo aquello que no le generan un valor agregado y que es la causa de que una actividad se considere como improductiva o ineficiente, en la Tabla 6 se clasifican los residuos con mayor presencia en proyectos de construcción.

**Tabla 6-Categorías de desperdicios en proyectos de construcción**

<b>Desperdicios en la construcción</b>
Defectos
Demoras
Excesos de procesado
Exceso de producción
Inventarios excesivos
Transporte innecesario
Movimiento no útil de personas

Fuente: (Porras Díaz, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014)

Estas categorías de residuos con la aplicación de las metodologías tradicionales, de gestión de proyectos, no se logran tomar en cuenta en su totalidad según la siguiente afirmación, "El concepto de producción actual es erróneo al considerarla como un proceso de solo transformación en donde entran materiales y se obtienen unidades productivas, olvidando optimizar los flujos que esos materiales tienen que seguir para lograr obtener el producto" (Porras Díaz... et. al..., 2014). Cabe destacar que Porras Díaz establece, en comparación a la metodología tradicional, que el concepto de *Lean Construction* es ver la gestión de un proyecto como la

transformación de insumos, el flujo de los recursos y la generación de valor desde la reducción de los desperdicios hasta la optimización de las actividades.

### 3.3.2 ORIGEN DE *LEAN CONSTRUCTION*

El concepto de pensamiento *Lean* se creó en un ambiente de producción manufacturera cuando se propone la filosofía de producción *Lean* en el ensamblaje de automóviles por la compañía Toyota Motors a principios de 1960. Las ideas involucradas en un sistema de producción *Lean* incluyen la mejora continua, trabajo en equipo, eliminación de desperdicios, uso eficiente de recursos y una cadena de valor cooperativa (Green, 2000); exponen Low y Teo (2005). Ellos condensan los 11 principios (ver Tabla 7) de pensamiento *Lean* propuestos por Koskela (1992).

**Tabla 7-Principios de la filosofía *Lean Construction***

N°	Principio <i>Lean Construction</i>
1.	Reducir las actividades que no agreguen valor señaladas como aquellas que consumen espacio, tiempo y recursos, pero no contribuyen a cumplir la solicitud del cliente.
2.	Incrementar el valor ganado mediante el logro de una mayor satisfacción del cliente.
3.	Reducir la variabilidad porque un producto bien definido es mejor para el cliente y también reduce la cantidad de actividades que no agreguen valor.
4.	Reducir los ciclos de tiempo.
5.	Reducir el número de pasos a los necesarios para obtener un proceso simplificado.
6.	Incrementar la flexibilidad del resultado.
7.	Incrementar los procesos de transparencia.
8.	Concentrar el control en la compleción de los procesos.
9.	Introducir mejoras continuas al proceso.
10.	Balancear la mejora en el flujo con la mejora en la transformación.
11.	Tomar referencias para la mejora interna creando un nicho con fortalezas y lo mejor de las prácticas externas, benchmarking.

Fuente: (Low & Teo, 2005)

Fue Lauri Koskela quien introdujo esta filosofía en el sector de la construcción mediante su trabajo de "Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción", según Porrás Díaz... et. al. (2014).

En 1997 se funda el *Lean Construction Institute* (LCI) con el fin de reunir ingenieros con el propósito de innovación en el rubro de la construcción y profundizar en los estudios de esta nueva

metodología. El LCI fundado por Glenn Ballard y Greg Howell fue “una forma de desarrollar y difundir nuevos conocimientos sobre la gestión del trabajo en proyectos” (Lean Construction Institute, 2020).

En la actualidad empresas de Estados Unidos, Europa y Latinoamérica han optado por implementar una cultura *Lean Construction* con evidencia de mejores resultados que los basados en una metodología de gestión tradicional. “En los llamados países nórdicos y de cultura anglosajona el interés por *Lean Construction* viene desde sus inicios, y en América Latina hay un enorme interés por la aplicación de LC, que se aprecia de manera notable en países como Chile, Brasil o Perú” (Pons Achell, 2014). Particularmente Estados Unidos ha reportado una gran satisfacción con los resultados que conlleva la implementación de prácticas de LC. Dentro de los beneficios experimentados, según un reporte de McGraw Hill Construction en 2013, se encuentra una mejor calidad en la construcción, mayor satisfacción del cliente, mayor productividad y mejoras en la seguridad laboral.

### 3.3.3 HERRAMIENTAS DE *LEAN CONSTRUCTION* PARA LA GESTIÓN DE COSTO Y TIEMPO

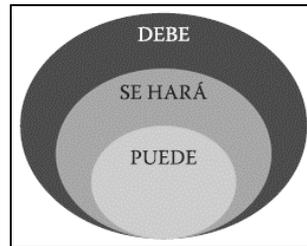
*Lean Construction* es una filosofía que se basa en disminuir las actividades que no generan valor y optimizar las que sí, con la implementación de herramientas en las diferentes áreas de la gestión de un proyecto basadas en la filosofía. Según Porras Díaz... et. al. (2014), establecer qué herramientas son necesarias en un proyecto, es una de las partes fundamentales de la aplicación de *Lean Construction* en la gestión de un proyecto. Existe una gran variedad de herramientas basadas en la filosofía, en la que se destacan las siguientes:

- Sistema del Último Planificador (SUP).
- Value Stream Mapping (VSM).
- Pull Planning.
- Target Costing.

#### 3.3.3.1 *Sistema del Último Planificador (SUP)*

Se establece la existencia de tres estados teóricos para la planificación de un proyecto de construcción los cuales son: lo que se debe hacer, lo que se hará y lo que se puede hacer. Porras

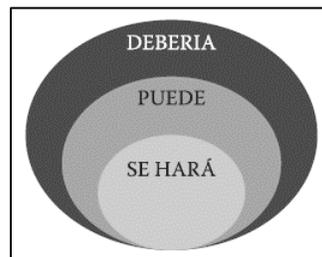
Díaz (2014), confirma que una de las fallas de la metodología tradicional es la secuencia en la que se analizan los estados (ver Ilustración 14).



**Ilustración 14-Estados de planificación de la metodología tradicional**

Fuente: (Porras Díaz, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014)

Según Pons & Rubio (2019), el sistema del último planificador separa los estados teóricos y los reestructura con el objetivo de una mejor comunicación entre los involucrados para mejorar la variabilidad y reducir la incertidumbre. Básicamente esta herramienta, basada en la filosofía *Lean Construction*, establece que el último planificador tenga la responsabilidad de saber lo que en realidad se “puede” realizar. Así se establece el sistema de planificación con la metodología *Lean Construction* como se debe, se puede y se hará (ver Ilustración 15).



**Ilustración 15-Estados de planificación *Lean Construction***

Fuente: (Porras Díaz, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014)

### 3.3.3.2 *Pull Planning*

Pull Planning (planificación por fases) es una herramienta de *Lean Construction* utilizada para el desarrollo y planteamiento, de manera más detallada, de un cronograma a diferencia del desarrollado por una metodología tradicional. “En la programación por fases se analiza los

trabajos a realizarse para cumplir con el hito, las interacciones entre los distintos especialistas involucrados en la fase y los entregables de cada responsable” (Guzmán Tejada, 2014, pág. 38).

Guzmán Tejada (2014) define lo siguiente:

La planificación de la fase se realiza bajo técnicas *pull* (realizar solo el trabajo que sea necesario para una actividad sucesora), para esto se inicia la planificación desde la fecha de entrega hacia atrás, logrando así realizar solo el trabajo que será necesario para trabajos inmediatamente siguientes, con esto se logra enfocarse en los trabajos que agregan valor y reducir la sobreproducción (uno de los 7 tipos de desperdicios) que genera inventario de trabajo ejecutable.

La herramienta, establecida por el LCI, se aplica como un cronograma más detallado, en el que se obtienen las actividades necesarias o precedentes para que se cumplan las restricciones necesarias para seguir con la siguiente actividad. *Pull Planning* debe detallar todos los aspectos de una actividad como el tiempo, involucrados, responsable y requerimientos para ejecutar la actividad. En la Ilustración 16 se definen los procesos de la herramienta.



**Ilustración 16-Descripción de procesos *Pull Planning***

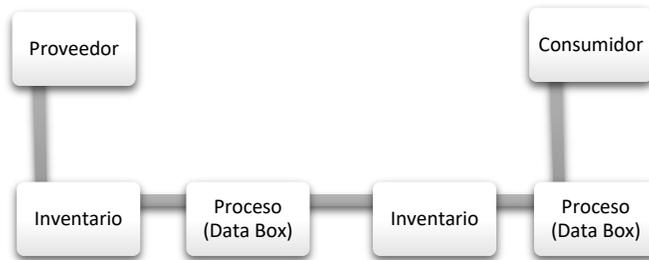
Fuente: (Guzmán Tejada, 2014)

### 3.3.3.3 *Value Stream Mapping*

El *Value Stream Mapping* (VSM) es una herramienta, basada en la filosofía LC, que se enfoca en obtener actividades optimizadas. Esta herramienta consiste en la creación y elaboración de mapas que representan los procedimientos y flujos necesarios para completar una actividad. Aplicando la filosofía LC, esta herramienta ayuda a la obtención de problemas dentro de un mapa de valor en el cual se logran interpretar los flujos y procesos necesarios para una actividad en la cual se debe determinar y contrastar lo que genera valor a la actividad y lo que no.

El concepto de flujo de valor se refiere a todas las acciones (tanto de valor agregado y sin valor agregado) actualmente requeridas para llevar un producto a su consumidor final, que incluye el flujo desde la producción de materia prima hasta que el producto está en manos del cliente. Esta herramienta no solo se centra en el flujo de materiales, sino también en el flujo de información circulando por el sistema de producción. (Frias Veloz, 2018, pág. 38)

El VSM es una herramienta que permite la visualización del flujo en una mayor escala, en las que se pueden implementar mejoras a esos procesos que no generan valor alguno dentro de la producción o de la actividad. Cabe destacar que el flujo o procedimiento para llevar a cabo una actividad se analiza como línea secuencial en la que se dispone de diferentes procesos y no como una serie de distintos procesos que no dependen el uno del otro (Ilustración 17).



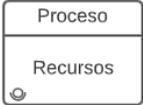
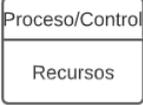
**Ilustración 17-Ejemplo Value Stream Mapping**

Fuente: (Frias Veloz, 2018)

Un Mapa de Flujo de Valor (MFV) utiliza un enfoque sistemático donde se abarcan todas las actividades necesarias (desde la etapa de inicio hasta la etapa final) para la elaboración de un producto o proyecto, mostrando cada paso del proceso y destacando cualquier inefectividad identificada en la corriente de valor. Un VSM se compone de distintos elementos o símbolos, dentro de los cuales se destacan los resumidos en la Tabla 8.

**Tabla 8-Simbología para elaboración de mapa de flujo de valor**

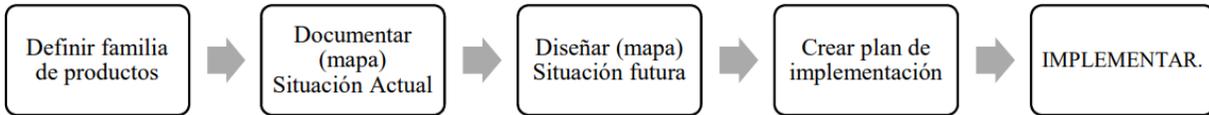
Símbolo	Nombre	Descripción
	Fuentes externas.	Sirve para representar un proveedor, cliente o departamentos externos. Típicamente representa un proveedor al inicio y un cliente al final del proceso.

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
	Caja de proceso de producción.	Indica una actividad o un paso en la producción. Indica los recursos involucrados ya sea humano o de tiempo.
	Caja de control.	Es similar a la caja de proceso de producción sin incluir el símbolo del operador y sirve para indicar procesos de control.
	Caja de información adicional.	Se utiliza para incluir información relevante del proceso como la descripción del mismo.
	Operador.	Expresa que se involucran operadores, se debe especificar la cantidad.
	Inventario.	Sirve para indicar inventario almacenado entre procesos donde se anota cantidad y tiempo. También se utiliza para señalar tiempos de espera.
	Buffer o inventario de seguridad.	Sirve para indicar inventario o almacenamientos de seguridad.
	Kaizen Burbuja de mejora.	Indica necesidades de mejora en el proceso en base a fallas identificadas.
	Flecha de empuje (PUSH).	Se utiliza para indicar que el material de producción se mueve por empuje.
	Hacia el cliente.	Se utiliza para indicar entrega de producto o material al cliente.
	Mensaje electrónico	Indica el flujo de información electrónica.
	Mensaje manual	Indica el flujo de información manual.

Fuente: (Frias Veloz, 2018)

Esta herramienta puede traer varios beneficios hacia la gestión de un proyecto, sin embargo, es importante conocer la información y procesos necesarios para que un producto o servicio pase del proveedor al cliente. "La herramienta MFV [VSM] es un método útil que simplemente transfiere

la información de la corriente de valor en un formato visual fácil de usar. Pero todavía tiene algunas limitaciones sobre todo cuando se trata de aplicarlo a otro campo” (Frias Veloz, 2018, pág. 41). La Ilustración 18 presenta las principales etapas para elaborar el VSM.



**Ilustración 18-Etapas Value Stream Mapping**

Fuente: (Frias Veloz, 2018)

La primera etapa de definir una familia de productos es básicamente enfocarse en un grupo de productos que pasen por procesos similares. La siguiente etapa de documentación de situación actual es donde se representa en un mapa de flujo de valor las condiciones base en donde se encuentra el proceso analizado. En la tercera etapa se dibuja en un MFV de la situación futura a la cual, de acuerdo con el análisis previo, se desea llegar bajo los principios de la filosofía LC. Como cuarta etapa se debe crear un plan de implementación, donde se establecen pasos a seguir para pasar de la situación actual a la futura. Por último, se debe implementar el plan en el proceso analizado, donde se espera la optimización de un proceso.

Frias Veloz (2018), establece que el Mapa de Flujo de Valor es una herramienta esencial debido a que tiene beneficios como visualizar más el flujo, ayuda a identificar las causas fuente de generación de los desperdicios en el flujo, proporciona un lenguaje común para hablar de procesos de fabricación, toma decisiones sobre el flujo aparente, forma la base de un plan de implementación y muestra el vínculo entre el flujo de información y el flujo del material. Donde destaca que ninguna herramienta *Lean* cumple con todos los beneficios previamente mencionados.

#### 3.3.4 PLANIFICACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN PROYECTO

En base a la filosofía *Lean Construction* cuyo propósito se centra en eliminar o reducir los desperdicios e incrementar el valor del proyecto, la planificación, el control y seguimiento representan fases que se desarrollan como un eje transversal del proyecto. Para conseguir esto, la filosofía *Lean Construction* brinda un set de herramientas optimizadas.

Para planificar proyectos bajo una filosofía *Lean* una de las principales herramientas involucradas es la planificación por fases (*Pull Planning*), esta herramienta es utilizada para desarrollar una programación del trabajo más detallada que a nivel de cronograma ya que analiza los trabajos a realizarse para cumplir el hito, las interacciones entre los distintos especialistas involucrados en la fase y los entregables de cada responsable. (Guzmán Tejada, 2014)

El último planificador se desarrolla como una herramienta que propone un nuevo sistema de planificación y control. Botero y Álvarez (2004) en su publicación de "Lean Construction como estrategia de mejoramiento" mencionan que:

El sistema último planificador se presenta de modo que ejemplifique el control como causante de que los eventos se ajusten a un plan (...) una aplicación apropiada del *sistema de control* de la producción es mostrada para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo, la cual promete sustanciales beneficios en reducción del costo y duración de los proyectos (pg. 55).

Ellos también señalan que las mediciones que realiza el sistema último planificador son mediante el Porcentaje de Actividad Completada (PAC) aplicado a sus 3 etapas de planificación.

Otras herramientas aplicadas en el control son el *Last Planner Delivery System* (LPDS) e *Integrated Project Delivery* (IPD) que según Pons Achell (2014) son términos diferentes que se han utilizado indistintamente en el marco de LC. Se definen como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto donde el aprendizaje, control y estructuración del trabajo ocurren a lo largo de todo el proyecto.

Si se observa a gran escala, todas las herramientas de *Lean Construction* están interconectadas y persiguen la planeación y monitoreo constante de un proyecto en todas sus fases.

Abner Guzmán en su tesis sobre "Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos" (2014) afirma que:

El *Last planner system* [un sistema de planificación y control de proyectos] es una herramienta de la filosofía *Lean Construction* que se ubica dentro del LPDS en la fase de control de la producción y engloba otras herramientas de control de producción como la planificación

maestra, planificación por fases, *lookahead*, plan semanal, porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento.

En la filosofía *Lean Construction* el monitoreo del proyecto mediante indicadores de medición como ser variaciones de costo y plazos, eficiencia de la mano de obra, tiempo invertido en reproceso, tiempo de ciclo en compras y pedidos urgentes; es de suma importancia ya que permite la constante evaluación del proyecto. (Ribón, 2011)

### 3.3.5 OBSTÁCULOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE *LEAN CONSTRUCTION*

Según Frias Veloz (2018), la gestión de proyectos en el sector construcción pone a disposición una gran cantidad de recursos para la etapa de planificación y en la elaboración de presupuestos y cronogramas, donde existe una gran diferencia en la gestión de proyectos tradicional y la filosofía LC. Frias Veloz destaca que la implementación de *Lean Construction* posee como principal limitante el cambio de cultura, debido a que si los involucrados perciben que se puede generar algún inconveniente es posible que opten por no implementar la filosofía.

Frias Veloz (2018) confirma que la implementación de la filosofía *Lean Construction* normalmente omite los procesos de cambio organizacional que se presentan. Frias Veloz también establece la necesidad de compromiso y dedicación en todos los involucrados para implementar adecuadamente la filosofía, donde la comunicación entre los involucrados conjuntos a la comprensión de *Lean Construction* juegan un papel importante en garantizar el éxito de la implementación.

### 3.3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE *LEAN CONSTRUCTION*

Pons Achell (2014) expone los beneficios que aporta la implementación de *Lean Construction* en base a los resultados brindados en el informe sobre el estado de *Lean* en la Construcción en EE. UU y el reporte generado por McGraw Hill Construction sobre la aplicación de *Lean Construction* en proyectos de edificación (ver Tabla 9).

**Tabla 9-Ventajas de la aplicación de la filosofía *Lean Construction***

<b>Ventajas de la filosofía LC</b>
Incremento en el cumplimiento del presupuesto.
Reducción en el número de órdenes de cambio.
Rendimiento más alto de entregas a tiempo.
Reducción en el número de accidentes.
Reducción en el número de demandas y reclamaciones.
Aumento en la entrega de valor al cliente.
Mayor grado de colaboración.
Mayor calidad en la construcción.
Mayor productividad.
Mayor gestión del riesgo.

Fuente: (Pons Achell, 2014)

Sin embargo, existen barreras para la implementación de *Lean*, mismas que el reporte de McGraw Hill define como los principales desafíos para quienes la practican. Por lo tanto, como toda filosofía de gestión de proyectos cuenta con ventajas y desventajas (Tabla 10).

**Tabla 10-Desventajas de la aplicación de la filosofía *Lean Construction***

<b>Desventajas de la filosofía LC</b>
Falta de conocimiento de la filosofía Lean.
Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto.
Resistencia al cambio por parte de algunos actores involucrados.
Falta de normas o estándares.
Arriesgar la rentabilidad durante la transición hacia Lean.

Fuente: (McGraw Hill Construction, 2013)

### 3.3.7 APLICACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Sisternes García (2020) expuso lo siguiente:

La filosofía *Lean* es aplicable en cualquier proyecto, independientemente de su tamaño. Es más, los tres intervinientes aconsejaron comenzar con proyectos "alcanzables" para ir poco a poco evolucionando en la práctica. Así minimizas los gastos y riesgos que conlleva siempre cualquier cambio de actitud.

### 3.3.7.1 PROYECTO EDIFICIO ZERO KÖMMERLING

Según Sisternes García (2020) , se está desarrollando en Madrid un proyecto para la nueva sede central de Profine Iberia donde destaca el proyecto en referencia a su diseño (ver Ilustración 20), el cual se encuentra en su fase de ejecución (ver Ilustración 19) y fue concebido con la aplicación de la filosofía LC. Cabe destacar que el proyecto inicio un 07 de noviembre de 2019 y fue afectado por la pandemia provocada por COVID-19 por lo que debió prolongar su fase de ejecución. El proyecto retomó sus actividades de ejecución un 10 de julio, de 2020.



**Ilustración 19- Construcción edificio Zero Kömmerling**

Fuente: (Consuegra, 2020)



**Ilustración 20- Modelación edificio Zero Kömmerling**

Fuente: (Consuegra, 2020)

Se destaca la participación de Juan Felipe Pons, considerado experto en la filosofía LC, como capacitador y moderador en la planificación del proyecto enfocado a la implementación de

herramientas, basadas en *Lean Construction* especialmente Sistema del Ultimo Planificador y *Pull Planning*.

### 3.3.7.2 Proyecto de Exempla Saint Joseph Replacement Hospital

Según el reporte brindado por McGraw Hill Construction (2013) un caso que expone la implementación de herramientas *Lean Construction* es la construcción del Exempla Saint Joseph Replacement Hospital en Denver, Colorado. La peculiaridad de este proyecto es la limitación del tiempo pues comprendía la construcción de una facilidad de 831,000 ft<sup>2</sup> en 30 meses, o sea 5 meses menos que los estimados en un proyecto tradicional. Para poder alcanzar esta meta, el equipo tenía clara la necesidad de incluir elementos prefabricados. A pesar de que el proyecto utiliza métodos tradicionales de contratación, se implementaron en buena manera los conceptos bajo los cuales funciona el IPD. Dado que, para la fecha del estudio, el hospital no había concluido su construcción, no se cuenta con resultados finales; sin embargo, los avances hasta el momento indicaban que el proyecto iba un mes adelantado en cuanto a cronograma. Aparte de los beneficios experimentados en los tiempos, el contratista Bill Gregor reconoce una mejora en la seguridad. En junio de 2014 la constructora Mortenson completó la construcción de 831,000 pies cuadrados de hospital (Ilustración 21) alcanzando el objetivo de una reducción considerable en los tiempos del proyecto mediante la aplicación de técnicas *Lean*. Los elementos prefabricados incluyeron 166 sistemas de tubería (Ilustración 22), 376 paredes frontales, 440 baños estandarizados y 346 paneles exteriores.



**Ilustración 21-Hospital Exempla Saint Joseph en Denver, Colorado (USA)**

Fuente: (Mortenson Compañía, 2020)



**Ilustración 22-Sistemas prefabricados de tubería (multi-trade rack corridos)**

Fuente: (McGraw Hill Construction, 2013)

### *3.3.7.2 Proyecto de Gonsi Sócrates*

Este proyecto nace de la iniciativa y codesarrollo de la Inmobiliaria Gonsi y del Grupo Construcia, se destaca por ser el primer edificio diseñado bajo la metodología *Lean2cradle* que propone Construcia la cual consta de aplicar la metodología *Lean* en la gestión de proyectos mientras se

construye con materiales eco amigables. El proyecto inició en 2018 y la aplicación de la metodología lean se involucró durante la planificación (Construcúa, 2019).

El objetivo de este proyecto es crear un edificio sostenible que responde a las necesidades de las empresas de la nueva revolución centrando la atención en el bienestar de las personas y de la sociedad, respetando el medio ambiente. La construcción se finalizó en noviembre 2019 dándole una duración al proyecto de 14 meses que consta de una superficie de 8,000 m<sup>2</sup>. Dentro de los espacios que componen este edificio se encuentran zonas que favorecen el trabajo colaborativo, zonas de descanso, zonas privadas, áreas verdes en cubiertas y terrazas exteriores con espacios compartimentales (ver Ilustración 23).



**Ilustración 23-Edificio Gonsi Socrátes.**

Fuente: (Sisternes García, 2020)

### **3.4 SEGURIDAD EN PROYECTOS**

De acuerdo con Rubio Romero (2005), la seguridad laboral es un conjunto de técnicas, las cuales no poseen un carácter médico, que tienen como objetivo identificar las actividades que pueden llegar a generar un mayor riesgo en el trabajo donde se debe evaluar y corregir para evitar daños hacia la salud, o al menos minimizarlos.

### 3.4.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

En un proyecto de construcción siempre se deben de tener las medidas de seguridad necesarias para garantizar la salud de los involucrados, en especial los trabajadores de campo. Según Rubio Romero (2005), en un proyecto de construcción siempre existe un grado de riesgo en las diferentes actividades que se ejecuten durante el proyecto. Las medidas de seguridad se deben aplicar debido a que el riesgo se puede convertir en una situación de peligro, en la que un factor desencadenante coincide en tiempo y espacio para provocar lo que luego conocemos como accidente.

Una vez que se entiende el riesgo en cada una de las actividades que se puede generar en un proyecto, se pueden implementar técnicas para la prevención de los accidentes en un proyecto de construcción. Las técnicas según Rubio Romero (2005), pueden ser de carácter analítico o de carácter operativo.

### 3.4.2 BIOSEGURIDAD

En el 2010, Heredia Álvarez define la bioseguridad como un conjunto de medidas preventivas cuyo propósito es mantener el control de factores de riesgos laborales para prevenir el impacto nocivo causado por agentes biológicos, físicos y/o químicos según el ministerio de protección social. Un riesgo biológico es aquel que se deriva de la exposición o manipulación de agentes patógenos. Por ello, resalta el uso internacional de las normas universales de bioseguridad donde identifica como las principales la universalidad, el uso de barreras y medidas de eliminación de material contaminado.

En base a las precauciones universales se cimientan principios esenciales para la bioseguridad, entre los cuales se incluyen:

- Lavado de las manos. Este debe ser consistente y obligatorio luego de entrar en contacto con cualquier fluido y secreción corporal mediante el uso agua y jabón.
- Elementos de protección de barrera. Como por ejemplo guantes, máscara para protección ocular o pantallas faciales, tapabocas y ropa protectora.

- Manejo de objetos corto-punzantes. Se debe manejar con precaución agujas, bisturíes o instrumentos que puedan causar un accidente y su desecho es diferente al común.

De la mano del término bioseguridad viene el concepto de riesgo biológico el cual esencialmente se refiere a la presencia de un organismo que representa una amenaza para la salud humana. Por este motivo se coloca el símbolo de riesgo biológico de la Ilustración 24 en ambientes contaminados como medida de advertencia.



**Ilustración 24-Símbolo de riesgo biológico**

Fuente: (Álvarez, 2010)

#### *3.4.2.1 Contaminación por insumos de bioseguridad*

Es muy pronto para evaluar el impacto que el Coronavirus ha tenido en la generación de residuos plásticos en el 2020, sin embargo, ya se comienza a evidenciar que desechos como guantes, frascos de desinfectantes y mascarillas están contaminando parques, aceras, carreteras, islas y playas (Apostolou, 2020).

Ethel Eljarrat (2020), investigadora Científica del Departamento de Química Ambiental, Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA – CSIC), ha observado un incremento en la producción y consumo de plásticos debido a la pandemia. Además de los residuos expedidos por el sector salud, también se encuentran los expedidos por otros sectores que han tenido que implementar medidas de bioseguridad para continuar con sus labores (ver Ilustración 25).



### **Ilustración 25-Implementación de medidas de bioseguridad en la construcción**

Fuente: (EUROPA PRESS. PAMPLONA, 2020)

#### **3.4.3 MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD EN PROYECTOS DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19**

El Gobierno de la republica de Honduras por medio de la secretaría de trabajo y seguridad social (2020), quien a su vez recibió apoyo de la Unión Europea, formuló un protocolo de bioseguridad por motivo de la pandemia por el coronavirus COVID-19 para los proyectos de construcción con el fin de establecer condiciones de salud y seguridad bajo las que deben desarrollarse las actividades y labores en los proyectos de construcción, sin omitir las reglamentaciones adicionales establecidas para cada actividad económica y profesión en particular.

El protocolo divide las medidas en dos grandes grupos, medidas de protección y medidas de mitigación y contingencia. Ambos grupos ya contemplan las medidas generales para todas las actividades económicas que son:

- Distanciamiento o aislamiento de personas.
- Normas de etiqueta respiratoria.
- Lavado de manos.
- Limpieza y desinfección de objetos y superficies.
- Manipulación y uso de Equipo de Protección Personal (EPP).
- Funcionamiento de sistema de seguridad y salud.
- Vigilancia en salud o epidemiológica.

Las medidas de protección contemplan 4 enfoques principales que son: medidas generales en obras, medidas generales para los trabajadores, medidas para clasificación y uso de espacios comunes y las medidas de limpieza y desinfección.

Las medidas generales en obra se orientan al control, en términos de bioseguridad, para el ingreso al proyecto, durante la actividad laboral y a la salida del proyecto. Las medidas generales para los trabajadores comprenden actividades de identificación de riesgo individual por trabajador y reforzamiento de las medidas de prevención al personal identificado como vulnerable. Las medidas para clasificación y uso de espacios comunes comprenden todas las indicaciones de prevención como ser abastecimiento de insumos de bioseguridad y respeto del distanciamiento, entre otras; con especificaciones por área de cuidado de la salud, comedores, baños y vestidores, descarga de materiales, almacenamiento de materiales, oficina en obra y campamentos con instalaciones temporales. Finalmente, las medidas de limpieza y desinfección especifican horarios de limpieza y frecuencia, tanto de espacios de trabajo como de equipos y herramientas.

Las medidas de contención y mitigación contemplan 2 enfoques principales que son los mecanismos de respuesta ante un caso y las medidas generales de mitigación y crisis. Los mecanismos de respuesta frente a un caso indican las acciones a tomar frente a los distintos actores del proyecto; o sea la persona contagiada, la obra, los contactos en la obra y las áreas de trabajo. Mientras que, las medidas generales de mitigación son aquellas que entran en vigencia cuando se presentan múltiples casos sospechosos y se debe analizar la posibilidad de paro del proyecto.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 ENFOQUE**

La investigación se desarrollará mediante un enfoque mixto, involucrando análisis cualitativos y cuantitativos para definir los procesos necesarios para la elaboración de presupuestos y cronogramas para proyectos de construcción. El análisis cualitativo se concentrará en la identificación y definición de las actividades mientras que el análisis cuantitativo se concentrará en la recopilación de información y cuantificación de los tiempos necesarios para el desarrollo de las actividades involucradas en la preparación de presupuestos y cronogramas, en condiciones normales y durante la pandemia por COVID-19. Cabe destacar que la investigación cuenta con mayor inclinación al enfoque cualitativo, sin embargo, no se puede omitir la presencia de un análisis cuantitativo lo que conlleva a que esta investigación sea considerada bajo un enfoque mixto.

### **4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Para llevar a cabo la investigación se definen a las variables dependientes como aquellas que pueden ser definidas en función de las variables independientes y que permiten visualizar el proyecto desde distintas perspectivas. Cabe destacar que la forma de medición de las variables dependientes es en función de su ruta crítica que involucra tanto tiempos como número de actividades.

#### **4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES**

- Proceso del cálculo del presupuesto bajo una filosofía tradicional.
- Proceso del cálculo del presupuesto bajo una filosofía Lean Construction.
- Proceso de la construcción del cronograma bajo una filosofía tradicional.
- Proceso de la construcción del cronograma una filosofía Lean Construction.

#### 4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes para el cálculo del presupuesto son:

- Programa utilizado para la elaboración del presupuesto (uso).
- Número de actividades involucradas (cantidad).
- Duración de las actividades involucradas (días).
- Precedencias de las actividades involucradas (orden).
- Número de personas involucradas (cantidad).
- Efecto en tiempos por consideraciones COVID-19 (tiempos).

Las variables independientes para la construcción del cronograma son:

- Programa utilizado para la elaboración del cronograma (uso).
- Número de actividades involucradas (cantidad).
- Duración de las actividades involucradas (días).
- Precedencias de las actividades involucradas (orden).
- Número de personas involucradas (cantidad).
- Efecto en tiempos por consideraciones COVID-19 (tiempos).

A continuación, se presenta una tabla resumen que refleja la relación entre las variables.

**Tabla 11-Relación entre variables de investigación**

Variable Dependiente	Variables Independientes
Proceso del cálculo del presupuesto bajo una filosofía tradicional	<ul style="list-style-type: none"><li>• Programa utilizado para la elaboración del producto.</li><li>• Número de actividades involucradas.</li><li>• Duración de las actividades involucradas.</li><li>• Precedencias de las actividades involucradas.</li><li>• Número de personas involucradas.</li><li>• Efecto en tiempos por consideraciones COVID-19.</li></ul>
Proceso del cálculo del presupuesto bajo una filosofía Lean Construction	
Proceso de la construcción del cronograma bajo una filosofía tradicional	
Proceso de la construcción del cronograma bajo una filosofía Lean Construction	

### **4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron técnicas de recopilación de información directa e instrumentos de análisis estadístico para el posterior análisis de los datos.

#### **4.3.1 ENTREVISTAS**

El instrumento utilizado para la recopilación de datos corresponde a una entrevista estructurada bajo un orden establecido de preguntas conducidas aplicadas a profesionales de empresas constructoras hondureñas (ver Anexo 1). La entrevista se llevó a cabo bajo modalidad virtual, mediante una videoconferencia, debido a las restricciones de movilidad establecidas dado la pandemia provocada por el coronavirus. En casos especiales donde no fue posible llevar a cabo una videoconferencia, se optó por realizar la entrevista vía llamada telefónica.

#### **4.3.2 MICROSOFT EXCEL**

Para realizar el análisis de los datos obtenidos se utiliza la herramienta estadística de Microsoft Excel, mediante la cual se generan tabulaciones y gráficos que reflejen las características de los datos recopilados.

#### **4.3.3 PMBOK Y *LEAN CONSTRUCTION***

Una vez recopilando y analizando los datos, en base a técnicas de gestión de presupuestos y cronogramas propuestas por la Guía del PMBOK, se evalúan los procesos de cálculo de presupuestos y construcción de cronogramas mediante la herramienta *Lean* Mapa de flujo de valor. Se procede a visualizar los procesos elaborados en base a una filosofía tradicional y las mejoras que se podrían implementar mediante los principios de la filosofía *Lean Construction* con lo que se propone un plan de mejora para la cadena de actividades en la elaboración de estos productos.

### **4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población analizada corresponde a un total de 23 empresas que ejecutan proyectos de infraestructura. Debido a las restricciones de circulación impuestas para evitar la propagación del

Coronavirus COVID-19, se aplicaron una serie de restricciones para identificar la población adecuada. Las restricciones consideradas fueron:

- Empresas afiliadas a la CHICO.
- Empresas que ejecuten proyectos de construcción.
- Empresas con las que se haya podido entablar comunicación vía correo electrónico o llamada telefónica.

El proceso de selección de la población consistió en obtener el listado de empresas afiliadas a la CHICO desde su sitio web oficial, mismo que se sometió a una depuración para obtener únicamente las empresas que ejecutan proyectos de infraestructura civil dentro y fuera de Tegucigalpa. Posteriormente, se realizó una búsqueda exhaustiva de la información de contacto de cada una de las empresas, para lo que se retuvo la dirección de correo electrónico y número telefónico, ya que por las restricciones de movilidad impuestas como medida de bioseguridad, no fue posible trasladarse de forma presencial a las oficinas. Una vez se terminó el proceso de recopilación de información se contactó con las empresas, donde únicamente un total de 23 empresas atendieron el llamado por correo electrónico o llamada telefónica.

Considerando un porcentaje de error de 10%, un porcentaje de confiabilidad de 90% y una proporción de éxito y fracaso de 75-25 respectivamente, se calcula la magnitud de la muestra en base a la siguiente formula.

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

### **Ecuación 1-Tamaño de la Muestra**

Fuente: (Pickers, 2015)

Donde:

n = Tamaño de la muestra

z = Nivel de confianza deseado

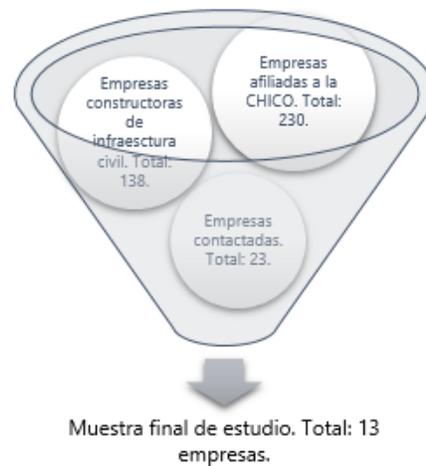
p = Proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q = Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)

d = Nivel de error dispuesto a cometer

N = Tamaño de la población

Siguiendo el resultado de la formula se obtuvo como tamaño de la muestra un mínimo de 10 empresas ejecutoras de proyectos de infraestructura, cantidad que fue superada ya que se entrevistaron a 13 empresas. El proceso de selección y obtención final de la muestra se resumen en la siguiente ilustración.



**Ilustración 26. Proceso de selección de la muestra de estudio**

#### **4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

Por medio de un enfoque de investigación mixto, tanto cualitativo como cuantitativo, se analizan las variables de investigación dependientes e independientes.

El proceso de recopilación de datos corresponde a la aplicación de una serie de entrevistas con preguntas conducidas a profesionales en la industria de la construcción en Honduras. En base a esto, se realizan tablas, gráficos y diagramas de flujo que permiten observar la cadena de actividades involucradas para la elaboración de presupuestos y cronogramas, la variación entre el tiempo en que se realizan debido a consideraciones especiales de bioseguridad y los retrasos más comunes en un proyecto de construcción.

Finalmente, se analiza la situación actual y futura mediante las técnicas expuestas en la Guía del PMBOK y la herramienta de *Lean Construction* Mapa de Flujo de Valor con lo que se propone un plan de mejora para la cadena de actividades en la elaboración de presupuestos y cronogramas utilizando como base los principios de la filosofía LC.

## **V. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

Como producto de las entrevistas aplicadas, se obtuvieron una serie de datos cuantitativos y cualitativos que tuvieron que ser sometidos a una depuración de información, previo a su análisis. Para llevar a cabo el análisis de los resultados se realizaron matrices de recurrencia, tablas para diagramación por precedencia, gráficos pasteles y gráficos de barras comparativas, además de la aplicación del método de análisis de la herramienta *Lean* Mapa de Flujo de Valor donde se condensa y demuestra la interacción de todos los resultados para la situación actual y de donde nace la propuesta optimizada de la situación futura.

### **5.1 RESULTADOS DE LA ENTREVISTA**

Los resultados arrojados por las entrevistas permitieron obtener datos cuantitativos y cualitativos de las variables involucradas en la elaboración de presupuestos y cronogramas.

#### **5.1.1 DATOS CUALITATIVOS**

Los resultados cualitativos corresponden a las respuestas sobre la cadena de actividades para la elaboración de presupuestos y cronogramas, el software (programa) utilizado, las causas de retrasos en los proyectos de construcción y el grado de conocimiento o aplicación de la filosofía Lean Construction.

Los resultados correspondientes a la cadena de actividades para la elaboración de presupuestos y cronogramas se colocaron en una matriz de respuesta siguiendo el orden secuencial indicado por cada empresa. Debido a la variedad de actividades señaladas y las distintas formas de referirse a ellas, se decidió estandarizar las respuestas de modo que cada actividad en específico recibiera la misma etiqueta para todas las empresas que la señalaran (Anexo 10 y Anexo 11). De este modo resultó más sencillo identificarlas, acumulando un total de 10 actividades para la elaboración de cronogramas (Tabla 12).

**Tabla 12-Actividades involucradas en la elaboración de cronogramas**

<b>Actividades identificadas</b>
Identificar y definir actividades
Analizar factores climatológicos
Analizar presencia de ruta crítica
Analizar insumos y rendimientos
Estimar duraciones de actividades
Considerar flujo de efectivo
Secuenciar actividades
Identificar días hábiles
Ingreso de datos a software
Revisar cronograma

A continuación, se presenta la lista de actividades involucradas en la elaboración de presupuestos donde se identificó un total de 13 actividades (Tabla 13).

**Tabla 13-Actividades involucradas en la elaboración de presupuestos**

<b>Actividades identificadas</b>
Revisar bases de licitación, especificaciones y planos
Definir responsables de actividades
Realizar visita de campo
Revisar permisos de construcción
Realizar consultas de proyecto
Revisar o identificar actividades
Revisar o calcular cantidades de obra
Identificar recursos
Definir rendimientos
Realizar cotizaciones
Cotizar y negociar con subcontratistas
Definir fichas de costos unitarios
Revisar el presupuesto

Referente a las herramientas digitales que las empresas utilizan para elaborar presupuestos y cronogramas, algunas indicaron que utilizaban más de un *software* (programa); sin embargo, se seleccionó únicamente un programa, siendo el más utilizado por cada empresa (Tabla 14).

**Tabla 14-Software para la elaboración de presupuestos y cronogramas**

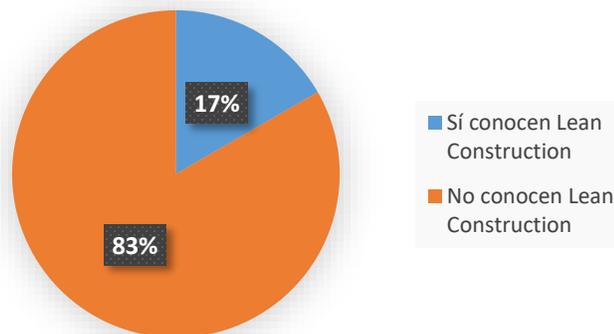
<b>Empresa N°</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Cronograma</b>
1	Excel	Microsoft Project

<b>Empresa N°</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Cronograma</b>
2	Opus	Microsoft Project
3	Quercusoft colombiano	Microsoft Project
4	FHIS	Excel
5	Opus	Microsoft Project
6	Excel	Microsoft Project
7	Excel	Diagrama de Gantt
8	Quark	Microsoft Project
9	Opus	Microsoft Project
10	Excel	Excel
11	Opus	Microsoft Project
12	Propio de la empresa	Microsoft Project
13	Opus	Microsoft Project

Los resultados de los retrasos en la ejecución de los proyectos, de las empresas entrevistadas, se dividen en retrasos de ejecución bajo condiciones típicas y retrasos bajo condiciones de pandemia. Debido a las diferentes formas de expresar las respuestas, se estandarizaron los resultados obtenidos y se analizaron los porcentajes de impacto como se detalla más adelante en la sección 5.2.2 Efectos en la ejecución de proyectos.

Como último dato cualitativo, se consultó si las empresas conocían o habían aplicado la filosofía de gestión de proyectos *Lean Construction* a lo que únicamente 17% indicaron conocerla (ver Ilustración 27); sin embargo, no la han aplicado hasta el momento.

**Conocimiento de la filosofía *Lean Construction***



**Ilustración 27-Gráfico sobre conocimiento de la filosofía *Lean Construction***

### 5.1.2 DATOS CUANTITATIVOS

Los datos cuantitativos corresponden a los resultados o valores numéricos que determinan los tiempos de las actividades involucradas en la elaboración de presupuestos y cronogramas.

A la vez, se obtuvieron los resultados del personal involucrado en la elaboración de presupuestos y cronogramas y el porcentaje de incremento en estos productos debido a los efectos de la pandemia.

Los resultados de tiempos involucrados se obtuvieron mediante la aplicación de la Ecuación 2, en la cual se necesita establecer el tiempo pesimista, tiempo optimista y tiempo más probable. Cabe destacar que se descartaron los datos obtenidos que no eran representativos de la muestra y como tiempo más probable se utilizó la media estadística.

#### **Ecuación 2-Media probabilística**

$$t_e = \frac{t_p + 4 * t_{mp} + t_o}{6}$$

Fuente: (Salazar López, 2019)

Dónde:

T<sub>e</sub>= tiempo estimado

a= tiempo optimista

m= tiempo más probable

b= tiempo pesimista

Los resultados que corresponden a los tiempos de las actividades involucradas en la elaboración de un presupuesto se resumen en la Tabla 15, tras la aplicación del descarte de datos alejados de la muestra y la ecuación de la media probabilística (Apéndice B- Tablas de análisis de resultados Anexo 2 al Anexo 6).

**Tabla 15-Resumen de tiempos de actividades para la elaboración de presupuestos**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo normal (días)</b>	<b>Tiempo durante Pandemia (días)</b>
Cálculo de cantidad de obra	5.3	4.7*
Cotizaciones de materiales	5.0	4.7*

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo normal (días)</b>	<b>Tiempo durante Pandemia (días)</b>
Cotizaciones de prefabricados (acero y concreto)	10.2	13.0
Cotizaciones de equipo de construcción	2.2	2.8
Negociaciones con subcontratistas	4.2	5.2
Adquirir insumos de bioseguridad oficina central	N/A	4.5
Adquirir insumos de bioseguridad; trabajos de campo	N/A	5.7
Ingreso de datos a software	2.0	
* El tiempo para realizar cálculos de cantidades de obra durante la pandemia tiene una duración menor debido a un mayor enfoque en procesos de diseño y planificación por parte de los contratistas		
* El tiempo para cotización de materiales de construcción durante la pandemia tiene una duración menor ya que las ferreterías han agilizado sus procesos por la necesidad de por colocar sus productos.		

Los resultados que corresponden a los tiempos de las actividades involucradas en la elaboración de un cronograma se resumen en la Tabla 16, quienes también se obtuvieron mediante la aplicación de la Ecuación 2 y se realizó un descarte de los tiempos no representativos de la muestra (Anexo 7 al Anexo 9).

**Tabla 16-Resumen de tiempos de actividades para la elaboración de cronogramas**

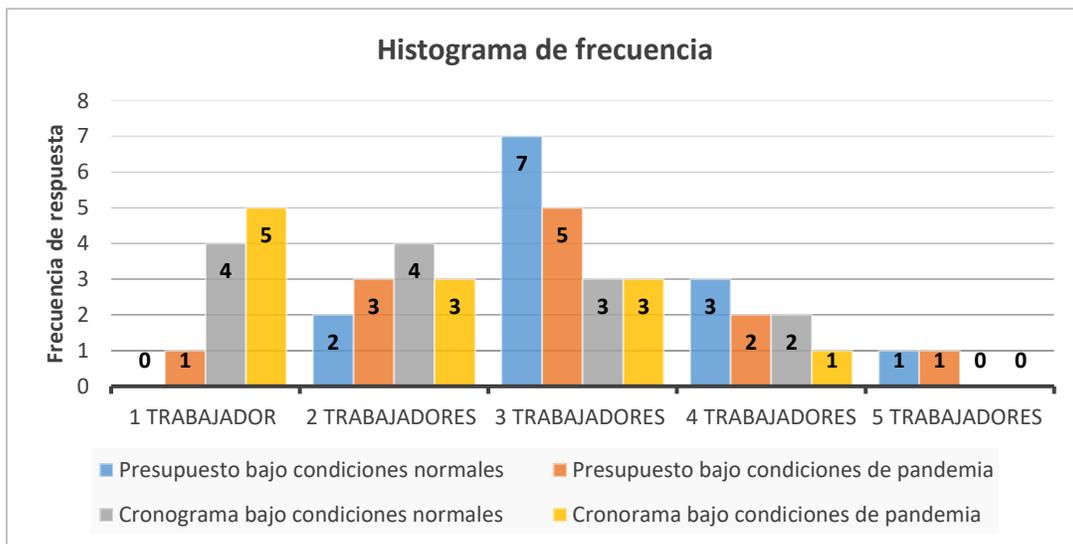
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo normal (días)</b>	<b>Tiempo durante Pandemia (días)</b>
Estimar duraciones de actividades	3.3	4.2
Secuenciar actividades	3.3	4.0
Ingreso de datos a software	2.8	

En cuanto al personal involucrado, los resultados de personal para la elaboración de presupuestos y cronogramas se presentan en la Tabla 17.

**Tabla 17-Personal involucrado**

Empresa N°	Presupuesto		Cronograma	
	Tiempo Normal (trabajador)	Tiempo durante Pandemia (trabajador)	Tiempo Normal (trabajador)	Tiempo durante Pandemia (trabajador)
1	3	3	1	1
2	2	2	2	2
3	5	5	1	1
4	3	3	3	3
5	3	1	1	1
6	3	2	2	1
7	3	SD	3	SD
8	4	4	4	4
9	2	2	1	1
10	3	3	2	2
11	3	3	2	2
12	4	4	3	3
13	4	3	4	3
MEDIA	4	3	3	2

Para reflejar gráficamente la distribución de los resultados obtenidos para el personal involucrado en la elaboración de presupuestos y cronogramas bajo condiciones normales y durante la pandemia se realizó un histograma de frecuencia el cual se presenta en la Ilustración 28.



**Ilustración 28- Histograma de frecuencia de respuesta del personal involucrado**

El incremento porcentual de los presupuestos y cronogramas debido a los efectos de la pandemia se detalla en la Tabla 18, donde los datos se obtuvieron mediante un promedio estadístico sin tomar en cuenta los datos alejados de la muestra.

**Tabla 18- Porcentaje de incremento por pandemia en presupuesto y cronograma**

<b>Empresa N°</b>	<b>Porcentaje de incremento en presupuesto (%)</b>	<b>Porcentaje de incremento en cronograma (%)</b>
1	5	35
2	5	35
3	4	35
4	2	-
5	3	30
6	9	25
7	SD	SD
8	5	-
9	2	18
10	-	-
11	-	30
12	10	-
13	5	27
<b>MEDIA</b>	<b>5</b>	<b>30</b>

## **5.2 ANÁLISIS DE EFECTOS DE LA PANDEMIA POR CORONAVIRUS COVID-19**

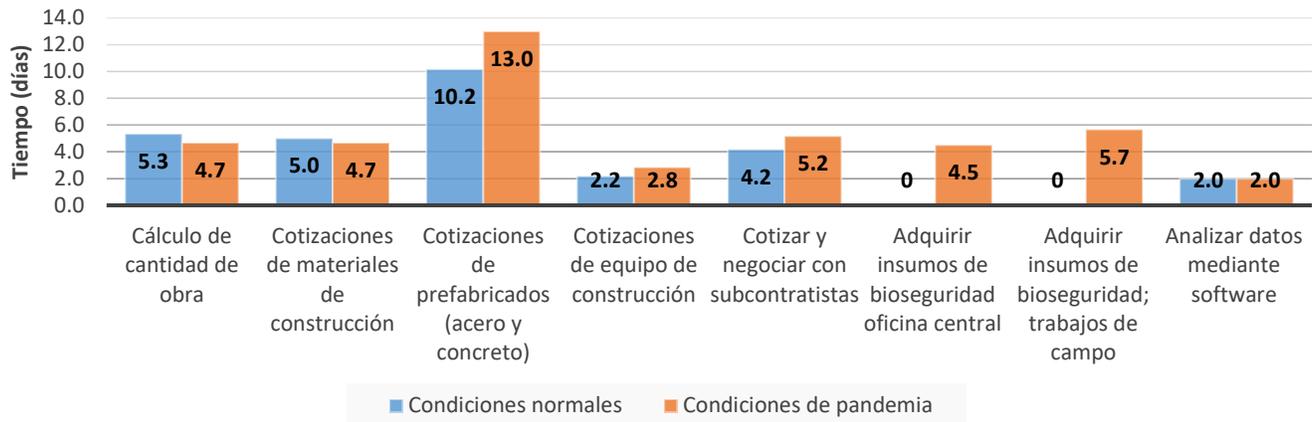
En base a los resultados obtenidos se logró percibir un claro incremento en los tiempos involucrados, así como consideraciones del personal involucrado, causas de retraso y un impacto en los costos y tiempos de los proyectos de construcción.

### **5.2.1 IMPACTO EN TIEMPO DE ACTIVIDADES Y PERSONAL INVOLUCRADO**

La Ilustración 29 representa la comparación del tiempo necesario para llevar a cabo actividades involucradas en la elaboración de un presupuesto, en tiempo normal y en tiempo durante pandemia. Las actividades que se presentan son: cálculo de cantidades de obra, cotizaciones de materiales de construcción, prefabricados y alquiler de equipo de construcción, negociar con subcontratistas, adquisiciones de insumos de bioseguridad (en oficina central y campo) y análisis de datos mediante software. Cabe destacar que el tiempo para realizar cálculos de cantidades de obra durante la pandemia tiene una duración menor debido a un mayor enfoque en procesos de diseño y planificación por parte de los contratistas, de igual forma el tiempo para cotización de

materiales de construcción durante la pandemia tiene una duración menor ya que las ferreterías han agilizado sus procesos por la necesidad de colocar sus productos.

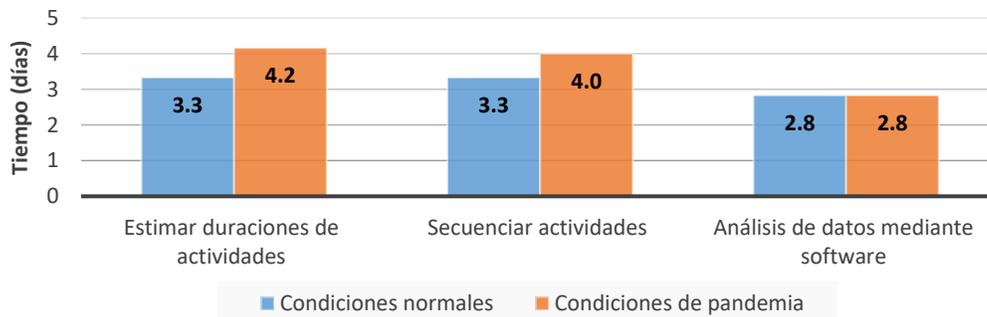
**Duración de actividades para la elaboración de presupuestos tiempo normal vs tiempo durante pandemia**



**Ilustración 29-Duración de actividades para la elaboración de presupuestos tiempo normal vs tiempo durante pandemia**

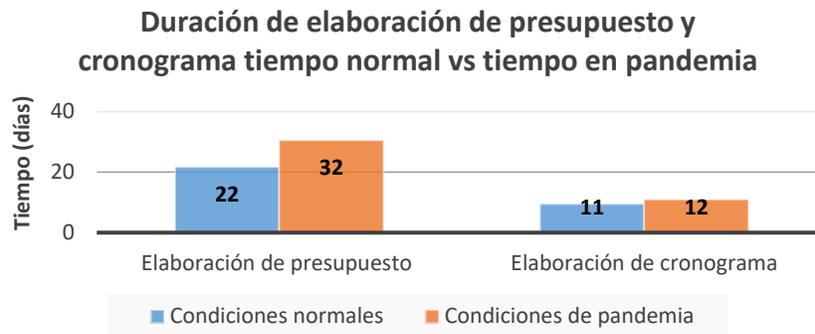
En cuanto a las actividades involucradas en la elaboración de cronogramas, se obtuvieron tiempos normales y durante pandemia para las siguientes: estimar duración de actividades, secuenciar las actividades y analizar datos mediante software. Se encuentra un incremento, en días, para algunas actividades bajo condiciones de pandemia como se demuestra en la Ilustración 30.

**Duración de actividades para la elaboración de cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia**



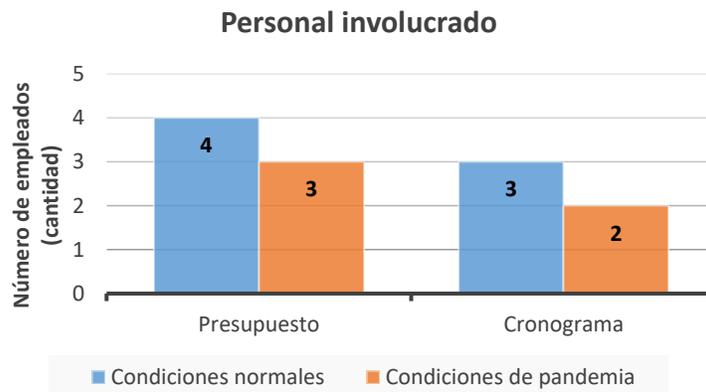
**Ilustración 30-Duración de actividades para la elaboración de cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia**

En la Ilustración 31 se presentan los tiempos completos para la elaboración de presupuesto y cronograma comparando los tiempos en estado normal y durante pandemia. Cabe destacar, que se tomó el mayor de los tiempos entre cada una de las cotizaciones y así como el mayor de los tiempos entre la adquisición de insumos de bioseguridad en el caso del tiempo durante pandemia. Los tiempos de duración de actividades utilizados fueron redondeados al entero mayor (tiempo máximo).



**Ilustración 31-Duración de elaboración de presupuesto y cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia**

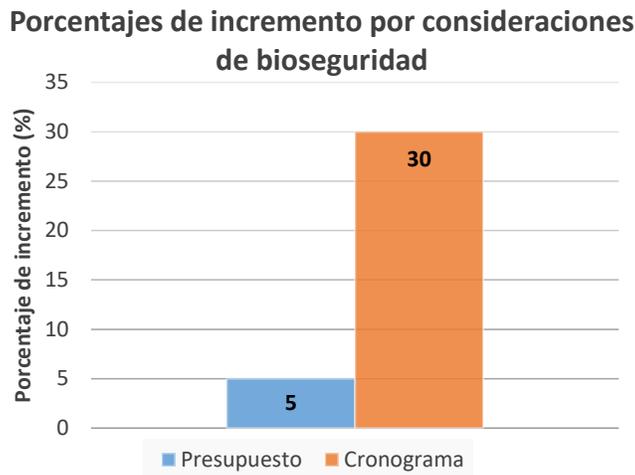
La variable del personal involucrado en la elaboración de presupuesto y cronograma se vio afectada por la pandemia provocada por el COVID-19, como se refleja en la Ilustración 32, el personal involucrado en el presupuesto se redujo en promedio de 4 a 3 trabajadores mientras que para elaborar el cronograma se redujo en promedio de 3 a 2 trabajadores.



**Ilustración 32-Personal involucrado en la elaboración de presupuesto y cronograma tiempo normal vs tiempo durante pandemia**

### 5.2.2 EFECTOS EN LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Además de los cambios directos en el proceso de elaboración de presupuestos y cronogramas, se identificaron porcentajes de incremento en el presupuesto y cronograma, siendo el último aún más notorio tal como lo indica la Ilustración 33.



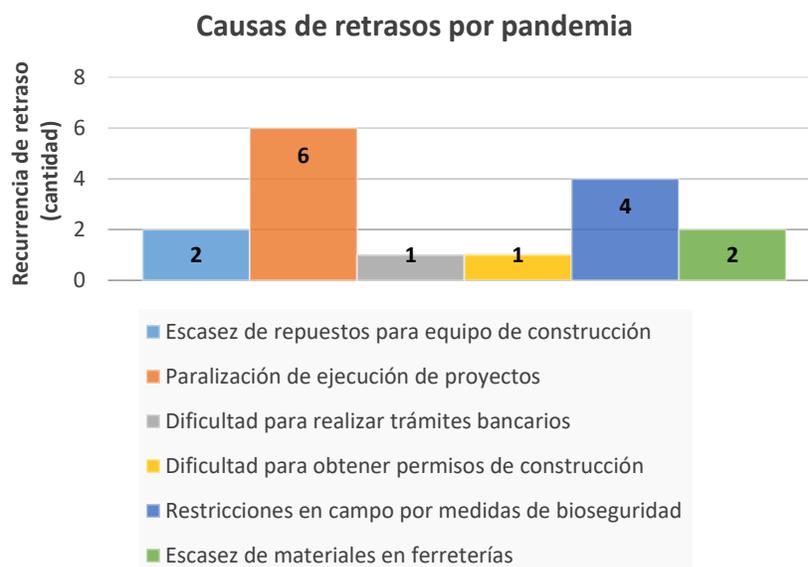
**Ilustración 33- Porcentajes de incremento por consideraciones de bioseguridad**

Además del incremento en el presupuesto y cronograma, se identificaron las causas típicas de retrasos de las cuales resaltan las lluvias inesperadas, el desembolso de estimaciones y las ordenes de cambio (ver Ilustración 34).



**Ilustración 34- Causas típicas de retrasos en ejecución**

Se suman nuevas causas de retrasos identificadas en la ejecución de proyectos de las cuales resalta la paralización de ejecución de proyectos y las restricciones en campo por medidas de bioseguridad como se observa en la Ilustración 35.



**Ilustración 35-Causas de retrasos en ejecución debido a la pandemia**

### 5.3 ANÁLISIS DE CADENA DE ACTIVIDADES

El análisis de la cadena de actividades se llevó a cabo mediante el mapa de flujo de valor el cual permitió visualizar la situación para la cadena de actividades involucrada en la elaboración de presupuestos y construcción de cronogramas.

#### 5.3.1 CADENA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO

Para analizar la cadena de actividades involucrada en la elaboración de presupuesto mediante MFV se elaboraron los mapas que permitieron visualizar el panorama de la situación actual y en función de ella proponer una serie de mejoras plasmadas en el mapa de la situación futura.

##### 5.3.1.1 Situación actual

Tras identificar las actividades involucradas en la elaboración de presupuestos y observar que la posición de cada actividad en la cadena de actividades variaba según la empresa, se optó por

elaborar una matriz de recurrencia actividad-posición (ver Anexo 12). Esto permitió visualizar una tendencia sobre la secuencia de las actividades y las principales actividades involucradas; sin embargo, el orden no estaba claramente definido por lo que se decidió recurrir a un análisis de diagramación por precedencia (técnica en base al PMBOK), lo que permitió definir con exactitud la secuencia de las actividades (ver Tabla 19).

**Tabla 19-Tabla para diagrama de precedencia**

<b>Código de actividad</b>	<b>Actividad</b>	<b>Predecesor</b>
A	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Hito de inicio
B	Definir responsables de actividades	A
C	Realizar visita de campo	B
D	Obtener permisos de construcción	C
E	Realizar consultas de proyecto	C
F	Revisar o identificar actividades	E
G	Revisar o calcular cantidades de obra	F
H	Identificar recursos	F
I	Definir rendimientos	H
J	Realizar cotizaciones	G, I
K	Cotizar y negociar con subcontratistas	J
L	Definir fichas de costos unitarios	J
M	Revisar el presupuesto	K, L

Posteriormente, en base a esta secuencia se elaboró el MFV de la situación actual (ver Ilustración 36) en el cual se ilustra de forma clara y detallada la cadena de actividades actual para la elaboración de un presupuesto y sus fallas. Se colocaron los tiempos, tomando el valor *máximo* de los resultados obtenidos (revisar Anexo 2 al Anexo 6), de las actividades de revisión o cálculo de cantidades de obra, realizar cotizaciones y proceso de negociación con subcontratistas; para condiciones normales y condiciones bajo pandemia. Considerando los efectos de la pandemia, se agregó el tiempo invertido en la adquisición de insumos de bioseguridad como parte del tiempo en el proceso de revisión del presupuesto ya que la mayoría de las empresas expresaron que esto formaba parte de un ajuste al presupuesto y no de cotizaciones típicas. Se identificaron las actividades de la ruta crítica, las cuales se analizaron a mayor detalle y se explican más adelante en la sección 5.3.1.3 Situación actual de actividades del cálculo de presupuestos.



Las fallas se identificaron en base a los principios de *Lean Construction* tanto en el flujo como en cada proceso con lo que se reflejó un total de ocho oportunidades de mejora. En la Tabla 20 se resumen las fallas identificadas conjunto al principio *Lean Construction* desde el cual se analizó.

**Tabla 20-Falla identificada y principio *Lean Construction* en MFV situación actual para elaboración de presupuesto**

<b>Falla identificada</b>	<b>Número de principio LC</b>
Es ineficiente que no existan roles o funciones definidas previo a la elaboración de un presupuesto	1 y 5
Se recomienda que el cliente cuente con los permisos de construcción, además que no es un proceso propio de la elaboración de presupuestos.	1 y 5
Consume mayor tiempo definir los recursos primero y después asignarles un rendimiento	5
Baja comunicación entre el ingeniero de presupuestos y el ingeniero residente quien conoce los rendimientos en obra	3 y 7
Las negociaciones con subcontratistas no dependen de las cotizaciones, por lo que realizar estas actividades de forma secuencial aumenta el tiempo de entrega	5
No se considera revisar el presupuesto conjunto al cronograma de trabajo	2 y 8
No se evidencia un proceso de análisis de datos mediante software que además de incluir la definición de fichas de costo directo podría facilitar el control del presupuesto	2 y 8
No se evidencia un proceso de aplicación de correcciones y entrega de oferta revisada	2 y 9

### 5.3.1.2 Situación futura

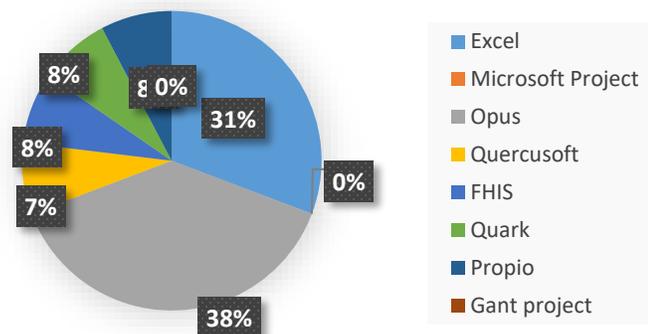
Luego de identificar la situación se abordó cada falla desde una perspectiva *Lean Construction* donde se proponen las mejoras para optimizar un proceso y con ello la cadena de actividades en un MFV de la situación futura. Dentro de las mejoras que se esperan alcanzar en la situación futura se encuentran:

- Reducción de actividades que no agreguen valor a la elaboración del presupuesto.
- Un incremento de valor tras la estandarización de ciertas actividades y la inclusión de otras que permitan la revisión del presupuesto.
- Reducción de la variabilidad entre las estimaciones del presupuesto con la realidad en campo.

- Simplificación del proceso tras unificar o reorganizar actividades.
- Una mayor transparencia de las actividades al aumentar la comunicación entre la etapa de planificación y ejecución.

Cabe destacar que una de las mejoras es la propuesta del uso de Opus como software para la elaboración de presupuesto ya que según resultados de la entrevista este es el programa más utilizado (ver Ilustración 37) gracias a los beneficios que otorga. Uno de los objetivos de *Lean Construction* es estandarizar los procesos y un punto de partida es el uso de un software en común.

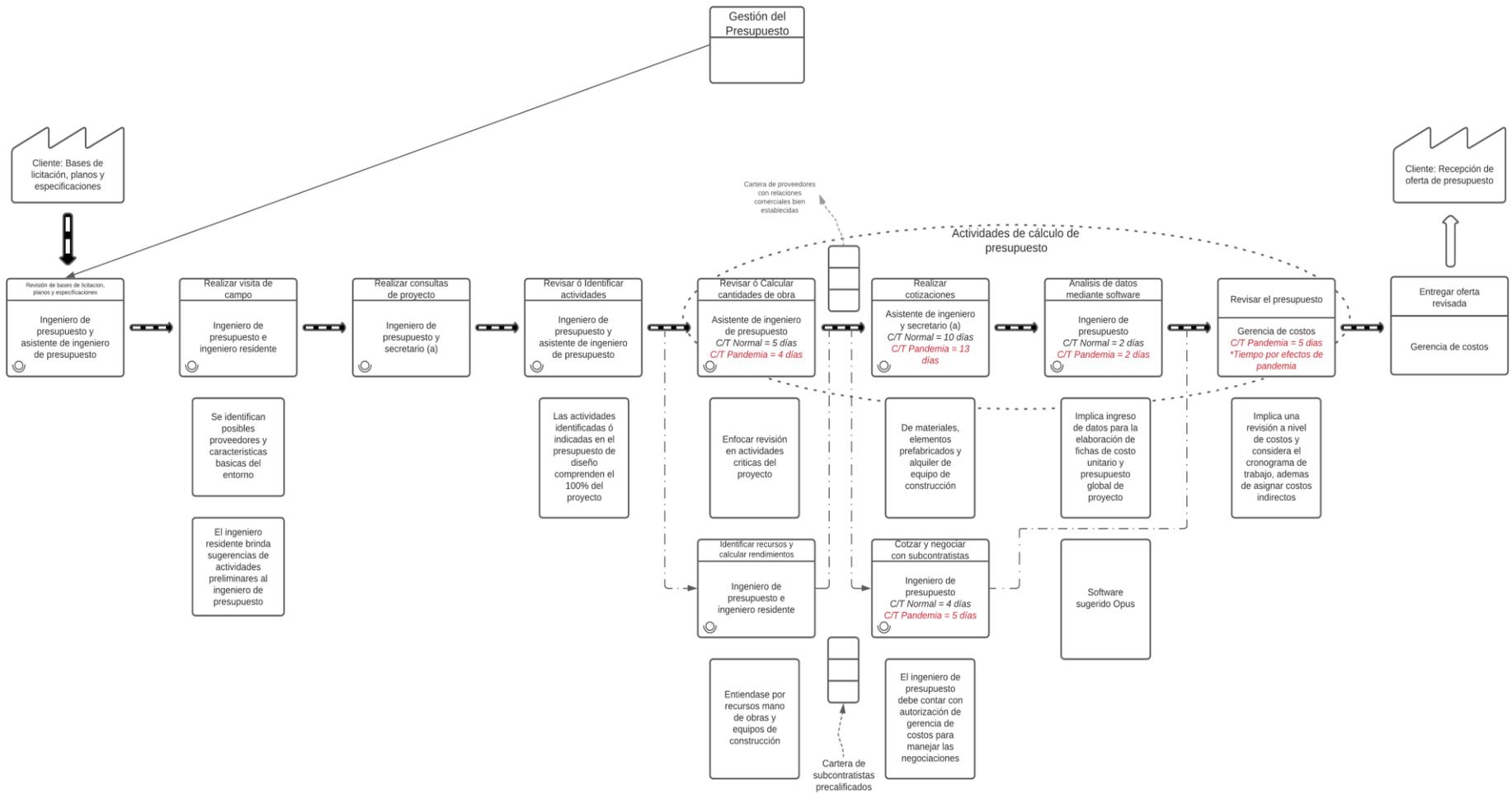
**Programas utilizados para elaboración de presupuestos**



**Ilustración 37-Programas utilizados para la elaboración de presupuestos**

En el MFV de la situación futura (ver Ilustración 38), a pesar de que no se han medido tiempos de las actividades con las mejoras sugeridas, se estima que estos se reducirán por lo que como primera aproximación se decidió colocar como el tiempo de las actividades el valor *mínimo* del resultado obtenido de tiempos (revisar Anexo 2 al Anexo 6).

Según lo expuesto en las entrevistas, un ingeniero de presupuesto es el principal responsable de las actividades técnicas y analíticas del producto, el asistente de ingeniero de presupuesto se dedica a labores técnicas complementarias, el ingeniero residente es responsable de actividades en campo, el secretario (a) se dedica a labores administrativas (ej. Enviar cotizaciones a proveedores) y gerencia de costos está conformada por el equipo directivo donde labora el gerente de costos quien hace correcciones y aprueba la oferta. De tal manera, se indicaron los responsables de modo que se optimice el uso del recurso humano.

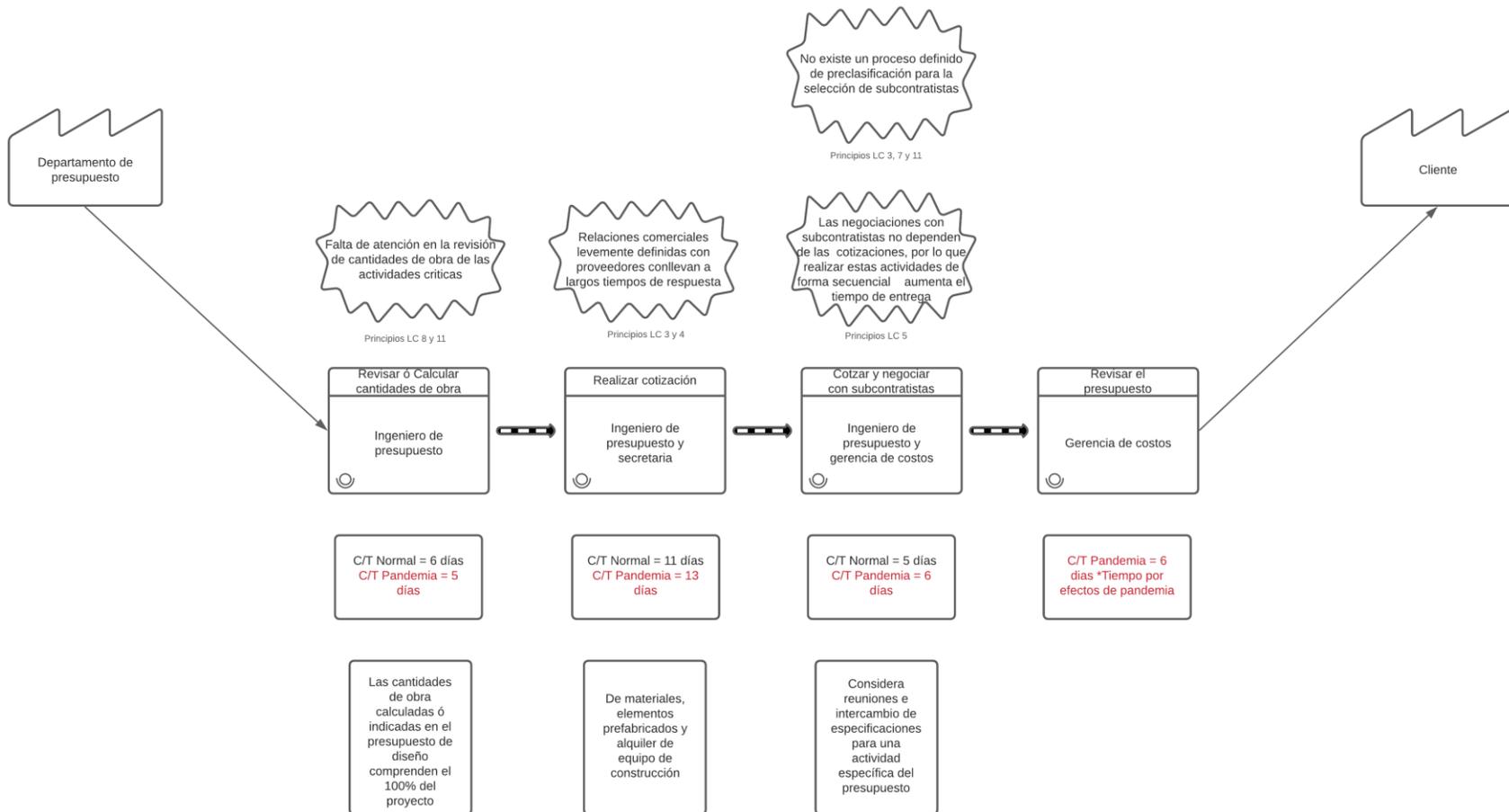


**Ilustración 38-Mapa de flujo de valor de la situación futura de elaboración de presupuestos**

### *5.3.1.3 Situación actual de actividades del cálculo de presupuestos*

Del análisis del MFV de la situación actual de elaboración de presupuestos, se identificaron las actividades que responden propiamente al cálculo de los mismos, en otras palabras, la ruta crítica. Las actividades consideradas son el cálculo de cantidades de obra, cotizaciones de materiales o equipo de construcción, procesos de negociaciones con subcontratistas y revisión del presupuesto, mismas a las que se destinó un análisis enfocado sobre el flujo de valor correspondiente.

Según lo expuesto en las entrevistas, la situación actual para estas actividades de cálculo del presupuesto ilustrada en el MFV de la Ilustración 39 identifica como responsable al ingeniero de presupuesto, como segunda involucrada a una secretaria en la actividad de cotizaciones y a la gerencia de costos para la actividad de cotización y negociación con subcontratistas; lo que evidencia una necesidad de mejora en el recurso humano involucrado en las negociaciones con subcontratistas. Los tiempos involucrados corresponden a los indicados previamente.



**Ilustración 39-Mapa de flujo de valor de la situación actual de actividades de cálculo del presupuesto (ruta crítica)**

Tras este análisis más enfocado se identificaron tres nuevas fallas además de una expuesta en el MFV general de la situación actual. Se acumularon un total de cuatro oportunidades de mejora las cuales se describen en la Tabla 21.

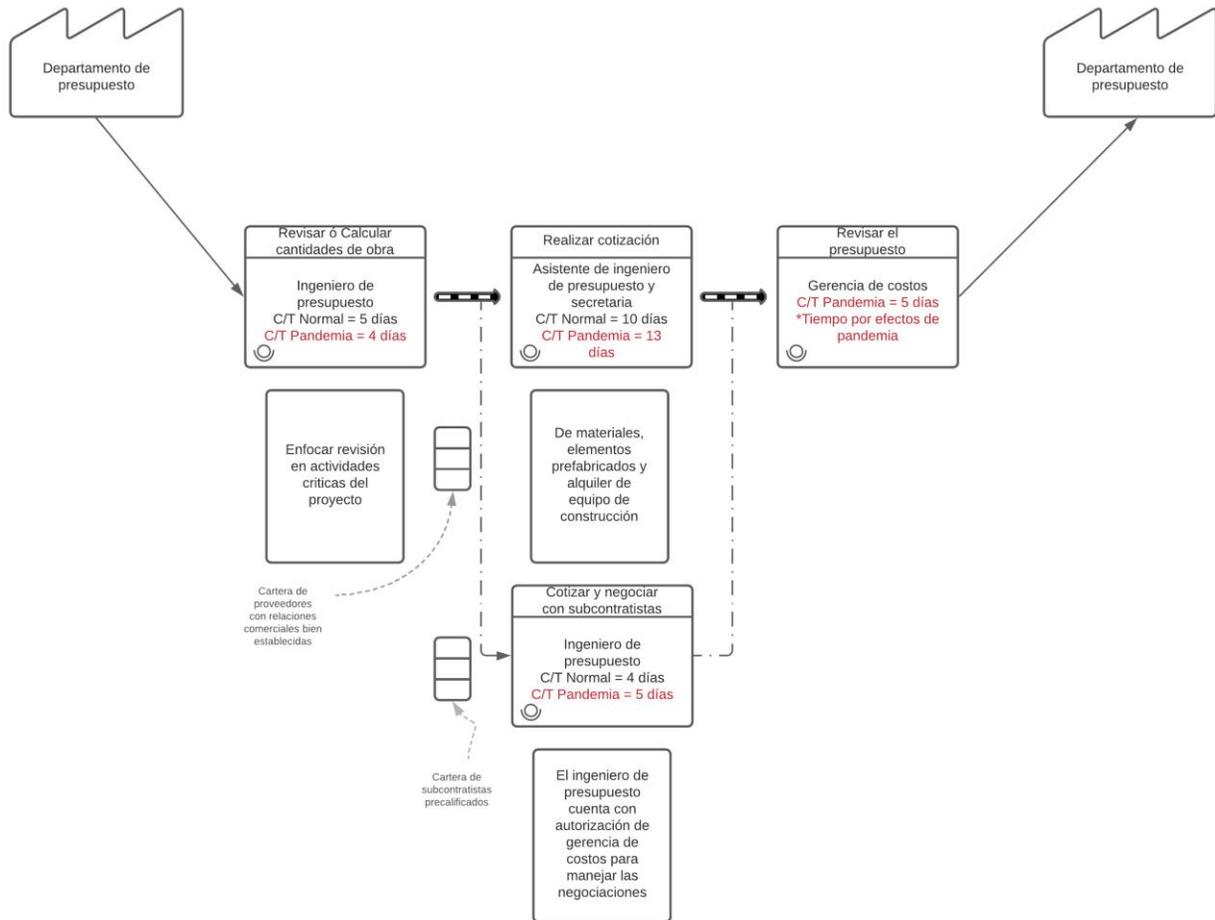
**Tabla 21-Falla identificada y principio *Lean Construction* en MFV situación actual para actividades destacadas de la elaboración de presupuesto**

<b>Falla identificada</b>	<b>Número de principio LC</b>
Falta de atención en la revisión de cantidades de obra de las actividades críticas	8 y 11
Relaciones comerciales levemente definidas con proveedores conllevan a largos tiempos de respuesta	3 y 4
Las negociaciones con subcontratistas no dependen de las cotizaciones, por lo que realizar estas actividades de forma secuencial aumenta el tiempo de entrega	5
No existe un proceso definido de preclasificación para la selección de subcontratistas	3, 7 y 11

#### *5.3.1.4 Situación futura de actividades del cálculo de presupuestos*

Las mejoras que se esperan obtener en la situación futura para las actividades del cálculo del presupuesto según lo ilustra su MFV (ver Ilustración 40) corresponden a:

- Reducir la variabilidad entre lo presupuestado con lo ejecutado en campo y la selección de subcontratistas lo que conlleva a un control enfocado en el proceso global.
- Simplificar y reducir el tiempo de elaboración de presupuestos tras reorganizar la cadena de actividades.
- Reducción de tiempos de espera para recibir respuesta de proveedores.
- Mejora tanto en el flujo de las actividades como en la actividad misma.
- Un incremento de mejoras basadas en las buenas prácticas observadas en otras áreas de la empresa o entre otros contratistas del rubro.
- Un uso optimizado del recurso humano.



**Ilustración 40-Mapa de flujo de valor de la situación futura de actividades de cálculo del presupuesto (ruta crítica)**

### 5.3.1.5 Comparación entre situación actual y situación propuesta según Lean Construction

Luego de haber analizado el estándar de la situación mediante el MFV actual y haber propuesto una situación con mejoras basadas en los principios de *Lean Construction* mediante el MFV futuro se decidió analizar el impacto que podría traer esta propuesta optimizada. Para ello se tomó el flujograma de actividades (Anexo 16) que resulta del MFV de la situación futura y se comparó contra la situación actual de cada empresa (Anexo 10).

La correspondencia, en orden, entre la actividad del flujograma propuesto y la indicada por cada empresa comenzó a ser nula a partir de la tercera actividad como consecuencia de la

reorganización de actividades en el flujograma propuesto. Con esto resultó poco significativo tomar la correspondencia en orden como un indicador objetivo y se optó por tomar únicamente la correspondencia entre actividades.

Se entiende por correspondencia entre actividades que la actividad propuesta en el flujograma basado en *Lean Construction* se ejecuta en el proceso indicado por la empresa independientemente su posición en el proceso. Tras haber realizado este análisis contra cada una de las empresas (revisar Anexo 14) se calculó el promedio de correspondencia que existía, resultando en 33.6% lo que se traduce a una similitud entre el flujograma propuesto y la realidad de las empresas de 33.6% (Tabla 22) donde resaltan actividades con correspondencia de 0% y 2%; siendo identificar recursos y calcular rendimiento, análisis de datos mediante software y entrega de oferta revisada las tres actividades de correspondencia 0% y negociar con subcontratistas la actividad de correspondencia de 2% (a pesar de ser una actividad ampliamente practicada, las empresas no la consideran dentro de sus actividades principales para realizar un presupuesto).

**Tabla 22- Porcentaje de correspondencia con flujograma *Lean Construction* (Presupuesto)**

<b>Empresa N°</b>	<b>Porcentaje de correspondencia con flujograma <i>Lean Construction</i> (%)</b>
1	27.3
2	36.4
3	18.2
4	36.4
5	45.5
6	45.5
7	45.5
8	27.3
9	18.2
10	36.4
11	36.4
12	18.2
13	45.5
Promedio	33.6

### 5.3.2 CADENA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA

Para analizar la cadena de actividades involucrada en la elaboración de cronograma mediante MFV se elaboraron los mapas que permitieron visualizar el panorama de la situación actual y en función de ella proponer una serie de mejoras plasmadas en el mapa de la situación futura.

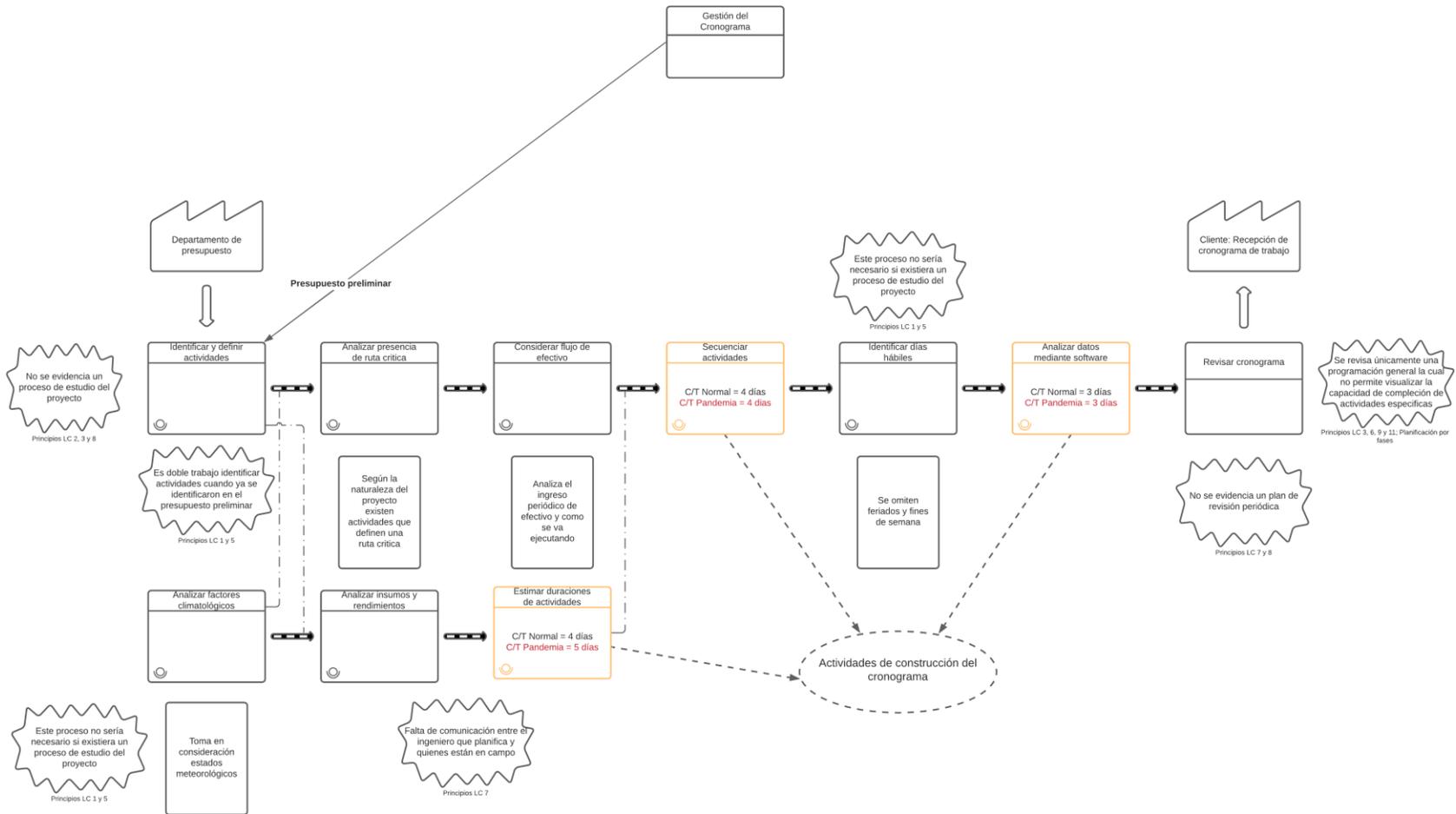
#### 5.3.2.1 Situación Actual

Una vez que se identificaron las actividades involucradas en la elaboración del cronograma, se determinó que varían las actividades y secuencias en la elaboración del cronograma de cada empresa, por lo tanto, se decidió elaborar una matriz de recurrencia actividad-posición (ver Anexo 13) para determinar la tendencia de las actividades involucradas en la elaboración del cronograma. La secuencia en la que las actividades se desarrollan se estableció mediante el análisis de diagramación por precedencia (ver Tabla 23).

**Tabla 23-Tabla para diagrama de precedencia (Cronograma)**

<b>Código de actividad</b>	<b>Actividad</b>	<b>Predecesor</b>
A	Identificar y definir actividades	Hito de inicio
B	Analizar factores climatológicos	Hito de inicio
C	Analizar presencia de ruta crítica	A
D	Analizar insumos y rendimientos	A, B
E	Estimar duraciones de actividades	D
F	Considerar flujo de efectivo	C
G	Secuenciar actividades	E, F
H	Identificar días hábiles	G
I	Ingreso de datos a software	H
J	Revisar cronograma	I

Una vez se determinó la secuencia lógica de las actividades, se procedió a elaborar un mapa de flujo de valor (MFV) del estado actual (ver Ilustración 41), en este MFV se ilustra detalladamente la cadena de actividades involucradas en la elaboración de un cronograma y se destacan las fallas del procedimiento. Se colocaron los tiempos (máximos), obtenidos en los resultados de la entrevista, para las actividades de estimar duración de actividades, secuenciar actividades y análisis de datos mediante software; en condiciones normales y durante pandemia.



**Ilustración 41-Mapa de flujo de valor de la situación actual de elaboración de cronogramas**

En base a los principios *Lean Construction* se identificaron las fallas en el flujo de las actividades para la elaboración de un cronograma según el MFV del estado actual. En la Tabla 24 se resumen las fallas identificadas con los principios *Lean Construction* correspondientes a su análisis.

**Tabla 24-Falla identificada y principio *Lean Construction* en MFV situación actual para elaboración de cronograma**

<b>Falla identificada</b>	<b>Número de principio LC</b>
No se evidencia un proceso de estudio del proyecto	2, 3 y 8
Es doble trabajo identificar actividades cuando ya se identificaron en el presupuesto preliminar	1 y 5
Analizar de factores climatológicos no sería necesario si existiera un proceso de estudio del proyecto	1 y 5
Falta de comunicación entre el ingeniero que planifica y quienes están en campo	7
Identificar días hábiles no sería necesario si existiera un proceso de estudio del proyecto	1 y 5
No se evidencia un plan de revisión periódica	7 y 8
Se revisa únicamente una programación general la cual no permite visualizar la capacidad de compleción de actividades específicas	3, 6, 9 y 11; Planificación por fases

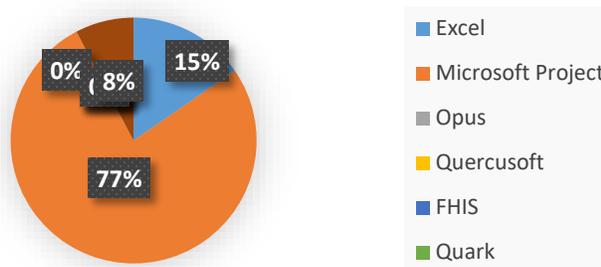
### 5.3.2.2 Situación Futura

Al elaborar el MFV de la situación actual donde se detallan las fallas del procedimiento en base a la filosofía LC, se proponen los cambios y las mejoras para optimizar la cadena de actividades en la elaboración de un cronograma. Estas mejoras se ilustran en el MFV de la situación futura (ver Ilustración 43) y se identifican como:

- Reducción de las actividades que no generan valor en la elaboración del cronograma.
- Se incrementa el valor eliminando la variabilidad de ciertas actividades con una mejor comunicación.
- Simplificación del proceso tras inclusión de un estudio general del proyecto.
- Se concentra el control de las actividades bajo una revisión periódica del cronograma.

Se propone el uso de Microsoft Project como software para la elaboración de cronogramas ya que según resultados de la entrevista este es el programa más utilizado (ver Ilustración 42) gracias a los beneficios que otorga, siguiendo el objetivo de *Lean Construction* de estandarizar los procesos.

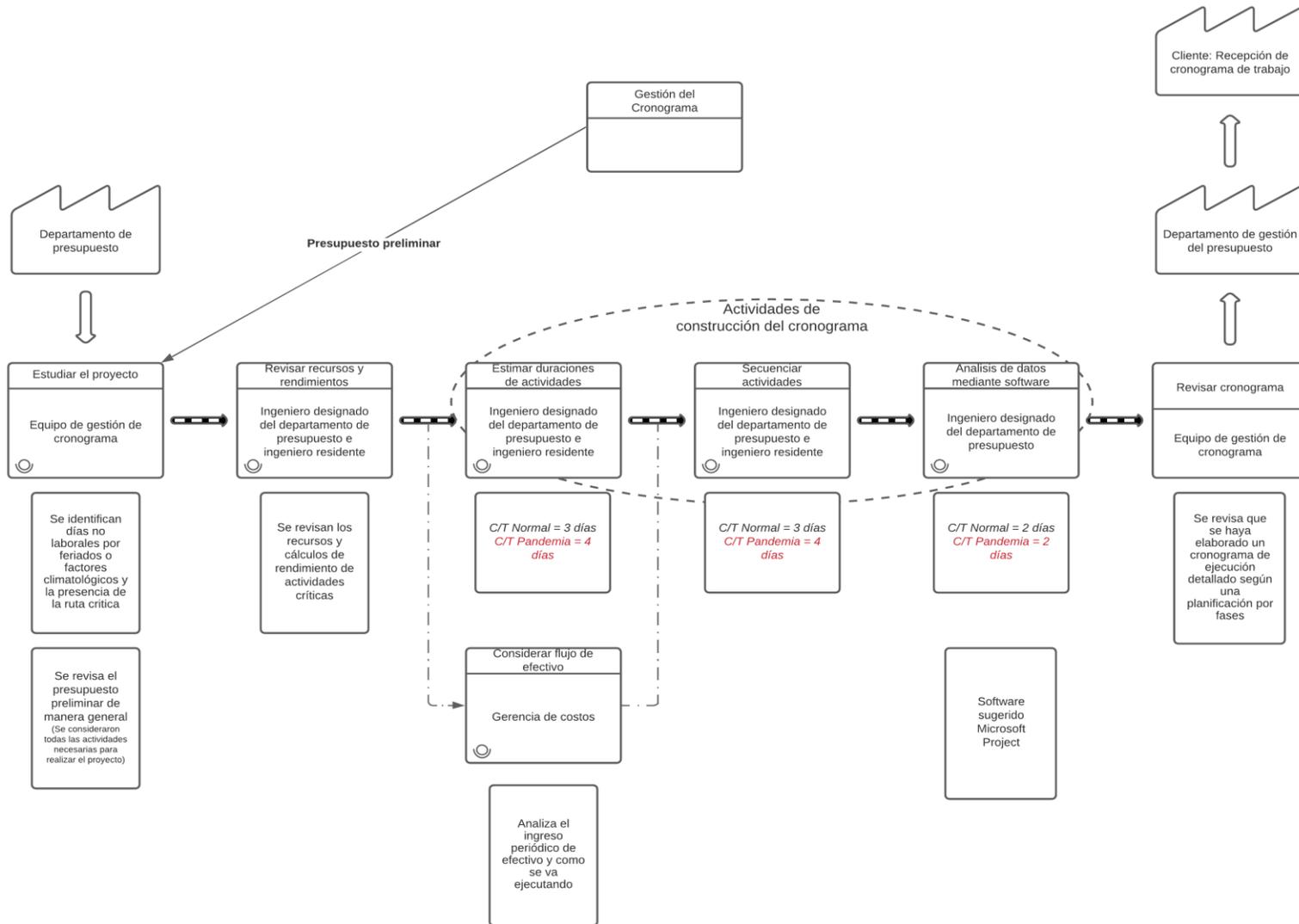
### Programas utilizados para elaboración de cronogramas



#### Ilustración 42-Programas utilizados para elaboración de cronogramas

En el MFV de la situación futura (ver Ilustración 43), a pesar de que no se han medido tiempos de las actividades con las mejoras sugeridas, se estima que estos se reducirán por lo que como primera aproximación se decidió colocar como el tiempo de las actividades el valor *mínimo* del resultado obtenido de tiempos (revisar Anexo 7 al Anexo 9). Asimismo, se indicaron los responsables de modo que se optimice el uso del recurso humano.

Según lo expuesto en las entrevistas el ingeniero residente es responsable de actividades en campo mientras que la gerencia de costos está conformada por el equipo directivo encargado de gestionar el área financiera. Para hacer un uso óptimo del recurso humano lo ideal es que un ingeniero del departamento de presupuestos se involucre en la gestión del cronograma como responsable de las actividades técnicas y analíticas del producto donde el equipo de gestión del cronograma se deberá componer de un responsable principal y un asistente de ingeniero dedicado a labores técnicas complementarias.

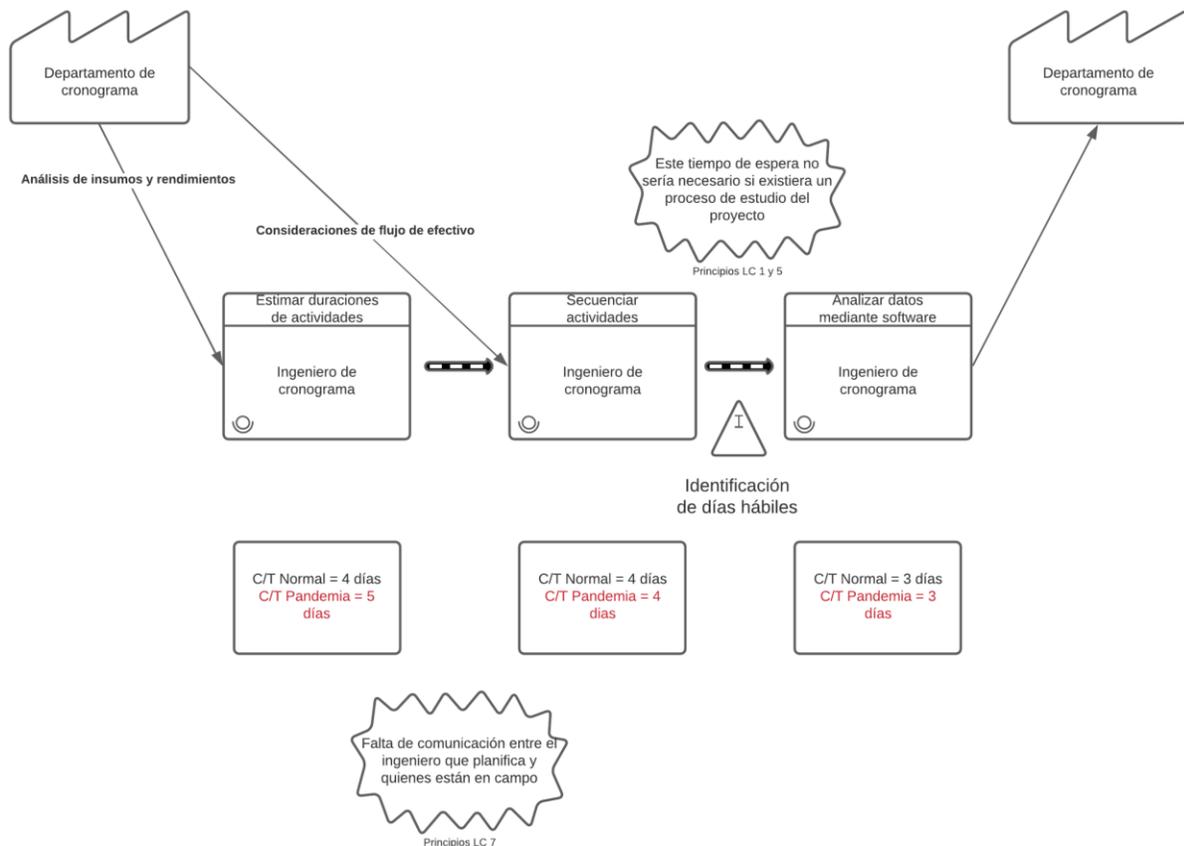


**Ilustración 43-Mapa de flujo de valor de la situación futura de elaboración de cronogramas**

### 5.3.2.3 Situación actual de actividades de construcción de cronogramas

Del análisis del MFV de la situación actual de elaboración de cronogramas, se identificaron las actividades que responden propiamente a la construcción de los mismos, en otras palabras, la ruta crítica. Las actividades consideradas son estimar duración de actividades, secuenciar actividades y análisis de datos mediante software, mismas a las que se destinó un mapa de flujo de valor condensado que permitiera visualizar su flujo de manera más enfocada.

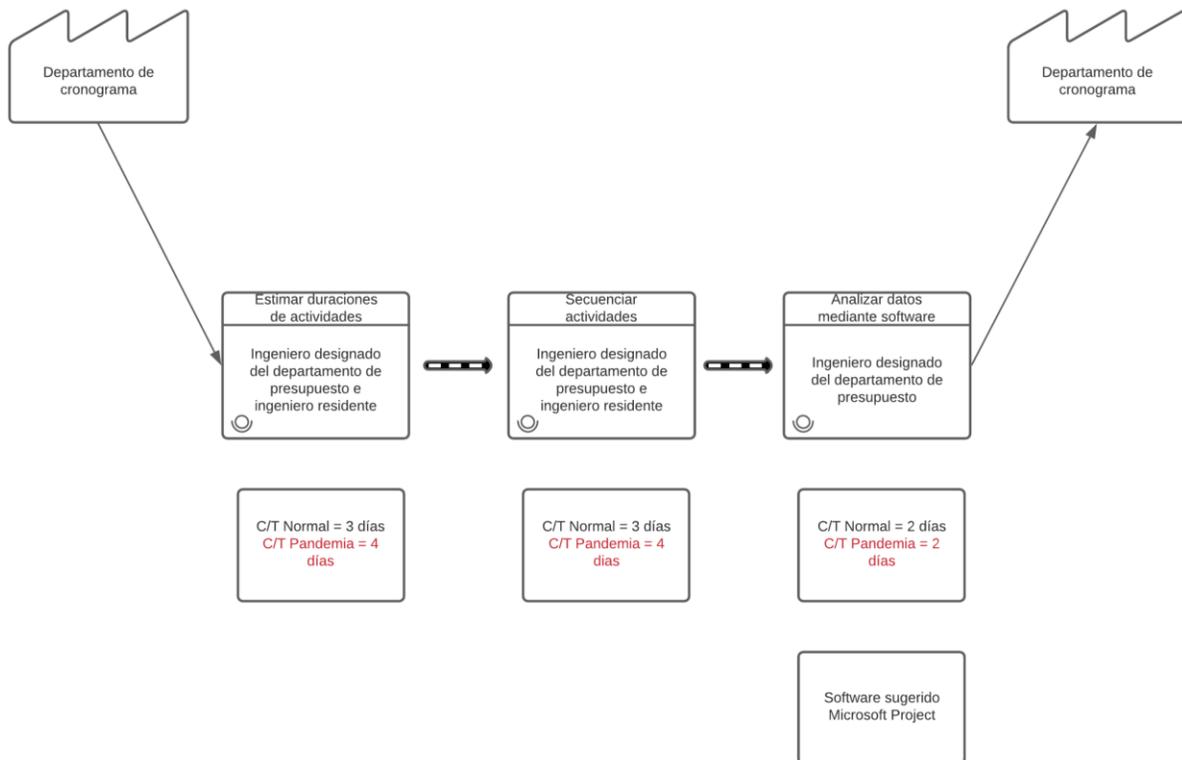
Según lo expuesto en las entrevistas, la situación actual para estas actividades de construcción de cronograma, ilustrada en el MFV de la Ilustración 44, identifica como único responsable al ingeniero de cronograma, lo que evidencia una necesidad de mejora en el recurso humano involucrado. Los tiempos involucrados corresponden a los indicados previamente.



**Ilustración 44-Mapa de flujo de valor de la situación actual de actividades de construcción del cronograma (ruta crítica)**

### 5.3.2.4 Situación futura de actividades de construcción de cronogramas

De la misma forma en que se presentó el condensado de las actividades de construcción de cronogramas para la situación actual, se presenta el condensado para la situación futura en la Ilustración 45. Se evidencia una mejora en la precedencia lógica de las actividades creada bajo un principio *pull*, la eliminación del tiempo de espera por la identificación de días hábiles y un involucramiento del recurso humano de manera que se fomente la comunicación de los actores intervinientes en las distintas etapas del proyecto.



**Ilustración 45-Mapa de flujo de valor de la situación futura de actividades de construcción del cronograma (ruta crítica)**

### 5.3.2.5 Comparación entre situación actual y situación propuesta según Lean Construction

El mapa de flujo de valor futuro nos permite analizar las actividades y secuencia de un modelo optimizado con los principios de la filosofía *Lean Construction* (ver Anexo 17). Este análisis (ver detalle en Anexo 15) presenta el porcentaje de correspondencia, que resulto de 27.5%, con el

flujograma *Lean Construction* de acuerdo a las actividades involucradas para elaborar un cronograma según cada una de las empresas entrevistadas (ver Tabla 25).

**Tabla 25-Porcentaje de correspondencia con flujograma *Lean Construction* (Cronograma)**

<b>Empresa N°</b>	<b>Porcentaje de correspondencia con flujograma <i>Lean Construction</i> (%)</b>
1	14.3
2	14.3
3	28.6
4	28.6
5	57.1
6	28.6
7	28.6
8	28.6
9	42.9
10	14.3
11	42.9
12	14.3
13	14.3
Promedio	27.5

#### **5.4 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS BASADAS EN *LEAN CONSTRUCTION***

Como medida estratégica para abordar las debilidades identificadas en la cadena de actividades para elaborar presupuestos y cronogramas, aplicando consideraciones especiales por el impacto generado sobre estos procesos debido a la pandemia provocada por el coronavirus COVID-19, se elaboró un plan de implementación de mejoras basadas en principios de la filosofía *Lean Construction*. Estos planes se formularon para orientar la transición de la situación actual a la futura, donde se propone una forma eficiente y eficaz para elaborar presupuestos y cronogramas.

##### **5.4.1 PLAN DE MEJORAS EN LA CADENA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS**

1. Capacitar el personal en la empresa sobre las técnicas y principios de la filosofía *Lean Construction* ya que únicamente un 17% indica conocerla, sin embargo, no la han practicado hasta la fecha. Como consideración especial para situación de pandemia, se deberá realizar

una capacitación sobre las medidas de bioseguridad tanto para trabajo de gabinete como de campo.

2. Estructurar el equipo involucrado en la elaboración del presupuesto mediante roles y funciones definidas. Usualmente el equipo está integrado por 4 personas, aunque durante la pandemia se deberá considerar distribuir el trabajo entre 3 personas.
3. Aumentar la interacción entre la planificación y la ejecución al fortalecer la comunicación entre el ingeniero de presupuesto y el ingeniero residente.
4. El ingeniero residente deberá entregar sugerencias al ingeniero de presupuesto sobre actividades preliminares identificadas en la visita de campo.
5. Eliminar la actividad de revisión de permisos de construcción ya que el cliente puede contar con ellos previamente y no es una actividad propia de la elaboración de un presupuesto.
6. Unificar las actividades de definición o identificación de recursos y definición de rendimientos a una actividad de identificación de recursos y cálculo de rendimientos en donde a medida se identifique el recurso, se calcule su rendimiento.
7. Realizar una reunión donde el ingeniero residente comparta con el ingeniero de presupuesto su juicio de experto mediante estimaciones de los recursos y rendimientos. Bajo situación de pandemia, se deberá considerar el rendimiento en base a las restricciones indicadas en el protocolo nacional de medidas de bioseguridad.
8. En el cálculo de cantidades de obra se deberá aplicar una revisión, en caso de contar previamente con las cantidades de obra, esta estará enfocada en las actividades críticas del proyecto. Bajo situación de pandemia esta actividad toma menor tiempo ya que las empresas están enfocadas en la etapa de planificación de proyectos.
9. Elaborar una cartera de proveedores (base de datos digital) con los que se deberá establecer una relación comercial constante para garantizar tiempos de respuesta definidos. Como consideración especial, se deberá destacar a proveedores que hayan agilizado sus procesos para laborar bajo situación de pandemia.
10. Iniciar las negociaciones con subcontratistas simultáneamente con el proceso de cotizaciones para optimizar tiempos.
11. Establecer un proceso de precalificación para empresas subcontratistas.

12. Elaborar una cartera de subcontratistas (base de datos digital) mediante un proceso de precalificación. Como consideración especial se deberán identificar los subcontratistas que se encuentren laborando bajo situación de pandemia.
13. Capacitar al personal en el uso de software para la elaboración de presupuestos.
14. Ingresar al software de costos los recursos, rendimientos y precios resultantes de las cotizaciones, así como cantidades de obra para generar costos directos y presupuesto. Se recomienda el software de Opus por ser el más utilizado.
15. Revisar el presupuesto (de costos directos) en función de los rendimientos contra los propuestos en el cronograma de trabajo para evitar variabilidad entre ambos productos. Bajo situación de pandemia se debe considerar el porcentaje de aumento de costos debido a la adquisición de insumos de bioseguridad.
16. Aplicar correcciones necesarias para entregar oferta revisada.

#### 5.4.2 PLAN DE MEJORAS EN LA CADENA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DE CRONOGRAMAS

1. Designar desde el departamento de elaboración del presupuesto al ingeniero encargado de elaborar el cronograma de trabajo. El equipo de gestión del cronograma usualmente se integra por 3 personas, pero dado los efectos de la pandemia el trabajo se debe distribuir entre 2 personas.
2. Capacitar al equipo de gestión de cronograma sobre las herramientas *Lean* con énfasis en la planificación por fases. Como consideración especial bajo situación de pandemia, se deberá incluir al equipo en la capacitación sobre las medidas de bioseguridad.
3. Estudiar el proyecto a partir del presupuesto preliminar además de analizar factores que influyan en las estimaciones de tiempo. Bajo situación de pandemia, el estudio debe analizar las nuevas causas de retraso como ser la paralización total de ejecución de proyectos y restricciones en campo por medidas de bioseguridad, entre otras.
4. Eliminar las actividades de analizar factores climatológicos, analizar presencia de ruta crítica e identificar días hábiles ya que esto se analiza en la etapa de estudio del proyecto.

5. Eliminar el proceso de identificación de actividades puesto que las actividades se encuentran previamente definidas en el presupuesto preliminar que actúa como documento de entrada en la gestión del cronograma.
6. Optimizar la actividad de análisis de recursos y rendimientos a revisión de recursos y rendimientos, donde los responsables sean el ingeniero designado del departamento de presupuesto y el ingeniero residente, ya que estos se identifican en el presupuesto preliminar. Bajo situación de pandemia, se debe tener claro que estos rendimientos se revisan considerando una baja producción, ya que no se cuenta con el 100% de la mano de obra por restricciones de bioseguridad.
7. Realizar una reunión donde el ingeniero residente comparta con el ingeniero designado del departamento de presupuesto su juicio de experto sobre la estimación de la duración de las actividades. Considerando los efectos de la pandemia, estas duraciones estimadas deberán contemplar un aumento, ya que se han proyectado incrementos en los tiempos de ejecución. Bajo situación de pandemia, debido a las consideraciones especiales y las restricciones de movilidad, esta actividad contempla un día más para poder completarse.
8. Realizar una reunión donde el ingeniero residente comparta con el ingeniero designado del departamento de presupuesto su juicio de experto sobre la secuencia lógica de las actividades.
9. Realizar simultáneamente las consideraciones del flujo de efectivo y las estimaciones de duración de las actividades ya que las ejecutan gerencia de costos y el equipo de cronograma, respectivamente. Dentro de los efectos de la pandemia, surge como retraso la dificultad de realizar trámites bancarios, por lo que se debe analizar el impacto que tendrá sobre el flujo de efectivo.
10. Realizar una reunión con todo el equipo de gestión del cronograma para asegurar el desarrollo de un plan de trabajo bien detallado que incluya un plan con estrategias de revisión periódica. Se debe seguir el protocolo nacional de bioseguridad para ejecutar estas reuniones.

## VI. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de los principios de la filosofía *Lean Construction* se han identificado once oportunidades de mejora en los procesos para la elaboración de presupuestos y siete para la elaboración de cronogramas. Las oportunidades de mejora identificadas se han orientado a optimizar los procesos de manera que como resultado se han eliminado actividades que no agregan valor y se ha reducido la variabilidad, simplificándolos e incrementando la transparencia con un enfoque en el control. La pandemia provocada por el coronavirus COVID-19 ha afectado el sector construcción, lo que consecuentemente ha provocado efectos en los procesos correspondientes a la etapa de presupuestos y cronogramas, dentro de los que se ha identificado un incremento en los tiempos requeridos para realizar las actividades involucradas y una reducción de personal. Considerando las oportunidades de mejora identificadas y los efectos provocados por la pandemia se ha elaborado un plan de mejora en la cadena de actividades para la elaboración de presupuestos y cronogramas que ha permitido proponer procesos eficientes y eficaces, aún con las dificultades que representan las condiciones actuales para el sector construcción.

1. Se han identificado trece (13) actividades involucradas en la elaboración de presupuestos, consistentes primordialmente en revisar condiciones generales, especificaciones y planos; realizar visitas de campo; revisar e identificar actividades; revisar y calcular cantidades de obra y definir fichas de costos unitarios, dentro de lo que ha destacado el cálculo de cantidades de obra, cotización de materiales y alquiler de equipo de construcción, además del proceso de negociación con subcontratistas.

Asimismo, para la elaboración de cronogramas se han identificado diez (10) actividades que conforman el proceso, siendo las más importantes identificar y definir actividades, analizar insumos y rendimientos, estimar duraciones y secuenciar actividades, con un porcentaje de respuesta para los tiempos y secuencia de actividades de 84.6% y 53.8%, respectivamente.

2. Los principales efectos identificados son el aumento de tiempo de ejecución de las actividades necesarias para elaborar presupuestos y cronogramas, además de la reducción del personal involucrado.

El incremento en el tiempo para la elaboración de presupuestos ha resultado de diez (10) días, de donde se ha concluido que las principales causas son los retrasos en el proceso de cotización de elementos prefabricados y la necesidad de agregar el proceso de adquisición de insumos de bioseguridad. Se ha identificado, de acuerdo con las opiniones de los expertos, que hasta el momento ha representado un incremento promedio del 5% con respecto al presupuesto final.

Por otra parte, el incremento en el tiempo de la elaboración de cronogramas ha resultado de un (1) día, lo que se ha atribuido principalmente a la estimación de la duración de actividades, ya que se ha identificado que han surgido retrasos como efecto de la pandemia. Adicionalmente, se ha identificado la reducción del personal, lo que corresponde a un (1) integrante del equipo de trabajo, donde ha quedado evidenciada la necesidad de optimizar el recurso humano, tanto para la elaboración de presupuestos como de cronogramas.

3. Según el análisis realizado mediante el mapa de flujo de valor de la situación actual de la cadena de actividades para la elaboración de presupuestos y cronogramas, se han identificado condiciones que han presentado oportunidades de mejora. Esto ha propiciado la aplicación de la filosofía *Lean Construction* para eliminar o sustituir actividades que no agregan valor a los procesos, ordenarlas de manera que se optimicen los tiempos, mejorar los procesos de control para reducir la variabilidad e incrementar el uso de herramientas tecnológicas que optimicen los procesos de elaboración y la capacidad de análisis para la etapa de presupuestos y cronogramas.

Bajo estas consideraciones, para el cálculo del presupuesto se ha identificado que mediante una filosofía tradicional, considerando el tiempo máximo para las actividades críticas, el tiempo promedio para calcular un presupuesto ha resultado de veintidós (22) días en condiciones normales y de treinta y dos (32) días bajo condiciones de pandemia. Se ha proyectado que mediante la filosofía *Lean Construction* el tiempo se reduciría a quince (15) días bajo condiciones normales y a veintidós (22) días bajo condiciones de pandemia. Para la

construcción de cronogramas se ha identificado que mediante una filosofía tradicional, considerando el tiempo máximo para las actividades críticas, el tiempo promedio para definir cronogramas ha resultado de once (11) días bajo condiciones normales y de doce (12) días bajo condiciones de pandemia. Se ha proyectado que la definición de cronogramas mediante la aplicación de la filosofía *Lean Construction* se reduciría a ocho (8) días bajo condiciones normales y a diez (10) bajo condiciones de pandemia.

4. Debido a que se han identificado oportunidades de mejora en la etapa de presupuestos y cronogramas, se ha encontrado la oportunidad de volver eficientes los procesos a través de la aplicación de la filosofía *Lean Construction* como una medida estratégica para abordar la situación actual y futura, considerando el impacto debido a la pandemia por COVID 19. Esto se ha propuesto mediante un plan de implementación de mejoras basadas en un manual de buenas prácticas para elaborar presupuestos y cronogramas, con el objetivo de servir como puente entre la situación actual y futura para la elaboración de estos productos.

Mediante la herramienta Mapa de Flujo de Valor se ha elaborado un escenario de la situación futura donde se ha concluido que existe una forma eficaz y eficiente para elaborar presupuestos y cronogramas mediante la filosofía *Lean Construction*, misma que ha demostrado presentar un campo de oportunidad para el sector construcción hondureño, ya que en promedio únicamente un 17% de los entrevistados conoce la filosofía, sin embargo no la aplica.

Adicionalmente se ha llevado a cabo un análisis de correspondencia entre el modelo *Lean Construction* y la situación actual para la elaboración de presupuestos y cronogramas, identificada a través de la entrevista para cada empresa, de donde se ha obtenido la correspondencia para cada una de ellas y se ha identificado que en promedio existe una similitud de 33.6% en la elaboración de presupuestos y de 27.5% en la elaboración de cronogramas, con respecto al modelo propuesto, de donde se ha concluido que existe un amplio margen de oportunidad para lograr cambios representativos mediante la aplicación del plan de mejora.

## VII. RECOMENDACIONES

### 7.1 RECOMENDACIONES EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar los procesos involucrados en cada una de las actividades que forman parte de la etapa de elaboración de presupuestos y cronogramas con el propósito de aplicar la filosofía *Lean Construction*, como propuesta para la continuación de la presente investigación.
2. Realizar un estudio acerca del impacto de la crisis y post crisis provocada por el Coronavirus COVID-19 en la ejecución de proyectos de construcción para corroborar los resultados de la entrevista realizada a expertos, que arrojó incrementos promedio de 5% para el presupuesto y 30% para el cronograma en costos y tiempos, respectivamente, de manera que se pueda proponer una ecuación de predicción del efecto en el corto plazo para la etapa de ejecución.
3. Implementar *Lean Construction* en la etapa de ejecución de proyectos, para lo que se recomienda realizar un estudio orientado a optimizar los costos y tiempos de los proyectos, variables que mayor interés recibieron por parte de los expertos entrevistados, de manera que se puedan identificar oportunidades de mejora que justifiquen la elaboración de una propuesta de progreso continuo.
4. Obtener nuevos parámetros de medición del rendimiento de la propuesta expuesta en esta investigación, mediante un estudio comparativo basado en un análisis de observaciones de tiempos de elaboración de presupuestos y cronogramas siguiendo una metodología tradicional y la propuesta en este estudio como la metodología según *Lean Construction*.

### 7.2 RECOMENDACIONES COMPLEMENTARIAS

- Implementar la filosofía *Lean Construction* en todas las etapas de un proyecto tomando como base el resultado del presente trabajo de investigación, cuyo alcance se centró en la etapa elaboración de presupuestos y cronogramas, para garantizar la optimización

integral de los proyectos de construcción, desde la planificación, durante la ejecución, hasta la etapa de cierre, con la debida documentación de las lecciones aprendidas.

- Realizar un estudio de medición de tiempos de elaboración de presupuestos y cronogramas basados en la metodología propuesta en este estudio para identificar todos los tiempos involucrados y cuantificar de forma precisa su mejora.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceves Salmón, P. (2018). *Administración de proyectos. Enfoque por competencias*. Ciudad de México: Grupo editorial Patria.
- Álvarez, H. (2010). *Riesgos biológicos y bioseguridad (2da. ed.)*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Apostolou, N. (04 de Abril de 2020). *Los residuos plásticos del coronavirus contaminan el medio ambiente*. Obtenido de Deutche Welle: <https://www.dw.com/es/los-residuos-pl%C3%A1sticos-del-coronavirus-contaminan-el-medio-ambiente/a-53278504>
- Baca Urbina, G. (2006). *Evaluación de proyectos (Quinta edición)*. Ciudad de México: McGraw Hill Interamericana.
- Bataller, A. (2016). *La gestión de proyectos*. Barcelona: Editorial UOC.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda. *Revista Universidad EAFIT*, 50-64.
- Construcía. (28 de enero de 2019). *Construcía aplicará su metodología Lean2Cradle en la construcción del edificio Gonsi Sócrates*. Obtenido de Construcía: <https://www.construcia.com/noticias/construcia-aplicara-su-metodologia-lean2cradle-en-la-construccion-del-edificio-gonsi-socrates/>
- Consuegra, J. (02 de Julio de 2020). *KÖMMERLING*. Obtenido de Reto KÖMMERLING: <https://retokommerling.com/construccion-edificio-zero/>
- Estrada Reyes, J. N. (2015). Análisis de la gestión de proyectos a nivel mundial. *Palermo Business Review (12)*, 61-98.
- EUROPA PRESS. PAMPLONA. (05 de Mayo de 2020). *Diario de Navarra*. Obtenido de Salud Laboral promueve la colocación adecuada de la mascarilla en la construcción: <https://www.diariodenavarra.es/noticias/negocios/dn-management/2020/05/25/salud-laboral-promueve-colocacion-adecuada-mascarilla-construccion-691068-2541.html>

- Frias Veloz, C. (2018). *Aplicación del Mapa de Flujo de Valor para mejora de la eficiencia de los procesos de una empresa constructora en Varsovia (Polonia)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- González, M., Alba, E., & Ordieres, M. (2014). *Ingeniería de proyectos*. Madrid: Dextra .
- Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos (Tesis de grado)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- IMESUN. (2016). *Mejore su negocio: el recurso humano y la productividad*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Lean Construction Institute. (01 de Agosto de 2020). *History*. Obtenido de Lean Construction Institute: <https://www.leanconstruction.org/about-us/lci-tenets/history/>
- Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de proyectos*. Buenos Aires: Prentice Hall- Pearson Education.
- Low, S. P., & Teo, H. F. (2005). Modern-day lean construction principles: Some questions on their origin and similarities with Sun Tzu's Art of War. *Management Decisión- Tomo 43 (N°4)*, 523-541.
- McGraw Hill Construction. (2013). *Smart Market Report- Lean Construction*. Massachusetts: McGraw Hill Research & analytics.
- Mekler, M. (29 de Abril de 2020). *¿Cómo afecta el covid-19 al sector construcción en Honduras?* Obtenido de CONSTRUIR AMERICA CENTRAL Y EL CARIBE: <https://revistaconstruir.com/como-afecta-el-covid-19-al-sector-construccion-en-honduras/>
- Mortenson Compañy. (1 de Agosto de 2020). *Project Saint Joseph Hospital*. Obtenido de Mortenson : <https://www.mortenson.com/denver/projects/saint-joseph-hospital>

- Pickers, S. (04 de Noviembre de 2015). *¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?* Obtenido de PSYMA: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- Pinzón, J., & Remolina, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia . *Prospect. Vol. 15 (N° 2)*, 51-59.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J. F., & Rubio, I. (2019). *LEAN CONSTRUCTION Y LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA. Metodología del last planner system*. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Porras 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, Vol. 11, N°1*, 32-53.
- Project Management Institute. (2017). *Guía del PMBOK (Sexta edición)*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Real Academia Española. (17 de Octubre de 2014). *Real Academia Española*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <https://dle.rae.es>
- Ribón, M. (2011). *Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (Construcción esbelta) en proyectos de construcción (Tesis de grado)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rincón, C., & Jaramillo, O. (2017). Proyectos, gestión y éxito. Una revisión de la literatura. *CINA RESEARCH, Vol. 1 No. 1*, 34-47.
- Rubio Romero, J. C. (2005). *Manual de Coordinación y Seguridad en las Obras de Construcción*. Madrid: Díaz de Santos.

- Salazar López, B. (13 de Junio de 2019). *PERT- Técnica de evaluación y revisión de proyectos*. Obtenido de Ingeniería industrial: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/pert-tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>
- Sarmiento, J., Grazón, D., & Gutiérrez, Ó. (2019). *Formulación y evaluación de proyectos de ingeniería*. Boyaca: UPTC.
- Secretaría de trabajo y seguridad social. (15 de Abril de 2020). *Protocolo de bioseguridad por motivo de la pandemia COVID-19 para los proyectos de construcción. Versión 2*. Obtenido de Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción: <https://www.chico.hn/wp/>
- Sisternes García, Á. (27 de Abril de 2020). *KÖMMERLING*. Obtenido de Reto KÖMMERLING: <https://retokommerling.com/ejemplos-practicos-lean-construction/>
- Villanueva Joaquín, L. E., & Bustos Tirado, J. O. (2020). *Optimización de los procesos productivos utilizando Value Stream Mapping (VSM) en los procesos constructivos de placa de ascensor, placa de escalera y losa maciza "sector 4"*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

## ANEXOS

### APÉNDICE A- HERRAMIENTA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### Anexo 1-Entrevista de la investigación

Tipo de entrevista: Estructurada- Tiene un orden preestablecido con preguntas conducidas.

Objetivo general de la entrevista: Conocer acerca de las actividades consideradas por las empresas constructoras durante la elaboración de presupuestos y cronogramas para proyectos de infraestructura.

#### ESTRUCTURA DE LA ENTREVISTA

Con la intención de orientar mejor la entrevista indique en que sector de la industria se especializa la empresa y seleccione un proyecto tipo para responder las siguientes preguntas.

Preguntas introductorias:

1. ¿Nos puede describir qué en orden secuencial que actividades están involucradas en la elaboración de un presupuesto?
2. ¿Nos puede describir en orden secuencial qué actividades están involucradas en la elaboración de un cronograma?

Preguntas de desarrollo (Indique su experiencia bajo situación cotidiana y de pandemia, si aplica):

- 1 ¿Cuánto días le toma realizar cálculo de las cantidades de obra para un proyecto tipo (media) de su empresa?
- 2 ¿Cuántos días le toma realizar y recibir respuesta de las cotizaciones de materiales para elaborar el presupuesto de un proyecto tipo de su empresa?
- 3 ¿Cuántos días le toma realizar y recibir respuesta de las cotizaciones de elementos prefabricados (concreto y acero) para la elaboración del presupuesto de un proyecto tipo de su empresa?
- 4 ¿Cuántos días le toma realizar y recibir respuesta las cotizaciones para el alquiler de equipo de construcción?

- 5 ¿Cuántos días se necesitan para cerrar las negociaciones con los subcontratistas?
- 6 ¿Cuánto días le ha tomado adquirir estos insumos de bioseguridad necesarios para trabajos de oficina central?
- 7 ¿Cuánto días le ha tomado adquirir estos insumos de bioseguridad necesarios para trabajos de campo?
- 8 ¿Cuántos días dedican a realizar las estimaciones de duración de las actividades para elaborar un cronograma?
- 9 ¿Cuánto tiempo dedica a elaborar un plan de secuencia de actividades para elaborar el cronograma?
- 10 ¿Qué herramientas/software utiliza para elaborar el presupuesto y cronograma de un proyecto tipo? *¿Cuánto tiempo le toma ingresar los datos al programa?*
- 11 ¿Cuánto personal dedica a la elaboración de presupuestos y cronograma?
- 12 ¿Se han presentado retrasos en la ejecución de sus proyectos? ¿A qué atribuiría estos retrasos? ¿se han agravados por la situación de la pandemia?
- 13 ¿En qué porcentaje ha aumentado o aumentaría el cronograma de un proyecto considerando los efectos de la pandemia por Covid-19?
- 14 ¿En qué porcentaje considera que ha aumentado el presupuesto por consideraciones de bioseguridad?
- 15 ¿Conoce o ha trabajado con la filosofía de gestión de proyectos Lean Construction?

## APÉNDICE B- TABLAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Anexo 2-Tiempo cálculo de cantidades de obra

Empresa N°	Tiempo Normal (días)	Tiempo durante Pandemia (días)
1	1	1
2	2	2
3	-	-
4	2	2
5	-	-
6	7	SD
7	3	SD
8	3	3
9	1	1
10	7	2
11	11	11
12	7	3
13	-	-
Tiempo más Probable	5	4
Tiempo Pesimista	11	11
Tiempo Optimista	1	1
Tiempo estimado	5.3	4.7

### Anexo 3-Tiempo cotizaciones

Empresa N°	Cotizaciones de materiales		Cotizaciones de prefabricados (acero y concreto)		Cotizaciones de equipo de construcción	
	Tiempo Normal (días)	Tiempo Pandemia (días)	Tiempo Normal (días)	Tiempo Pandemia (días)	Tiempo Normal (días)	Tiempo Pandemia (días)
1	3	3	3	-	N/A	N/A
2	6	6	10	10	2	2
3	2	6	12	16	2	2
4	1	1	N/A	N/A	2	2
5	9	SD	9	15	2	2
6	7	1	4	SD	N/A	N/A
7	2	SD	N/A	N/A	1	SD
8	2	1	-	-	1	1
9	3	7	-	SD	1	SD
10	4	2	-	SD	3	3
11	7	7	-	-	4	4
12	4	6	18	-	2	2
13	3	5	11	11	2	2
Tiempo más Probable	5	5	10	13	2	3
Tiempo Pesimista	9	7	18	16	4	4
Tiempo Optimista	1	1	3	10	1	1
Tiempo estimado	5.0	4.7	10.2	13.0	2.2	2.8

#### Anexo 4-Tiempo cotización y negociación con subcontratistas

Empresa N°	Tiempo Normal (días)	Tiempo durante Pandemia (días)
1	3	3
2	-	8
3	3	3
4	2	2
5	2	4
6	6	SD
7	3	SD
8	N/A	N/A
9	2	2
10	-	8
11	-	-
12	7	9
13	7	-
Tiempo más Probable	4	5
Tiempo Pesimista	7	9
Tiempo Optimista	2	2
Tiempo Estimado	4.2	5.2

#### Anexo 5-Tiempo de adquisición de insumos de bioseguridad

Empresa N°	Adquirir insumos de bioseguridad oficina central (días)	Adquirir insumos de bioseguridad; trabajos de campo (días)
1	-	-
2	3	4
3	9	-
4	7	7
5	2	3
6	3	6
7	3	4
8	-	-
9	2	7
10	2	5
11	-	-
12	6	7
13	3	-
Tiempo más Probable	4	6
Tiempo Pesimista	9	7
Tiempo Optimista	2	3
Tiempo Estimado	4.5	5.7

**Anexo 6-Tiempo análisis de datos mediante software (Presupuesto)**

<b>Empresa N°</b>	<b>Analizar datos mediante software (días)</b>
1	1
2	2
3	3
4	1
5	3
6	-
7	3
8	1
9	1
10	2
11	1
12	3
13	3
Tiempo más Probable	2
Tiempo Pesimista	3
Tiempo Optimista	1
Tiempo Estimado	2.0

**Anexo 7-Tiempo de cálculo de estimaciones de duración de actividades**

<b>Empresa N°</b>	<b>Tiempo Normal (días)</b>	<b>Tiempo durante Pandemia (días)</b>
1	1	1
2	1	1
3	-	-
4	2	2
5	1	4
6	5	SD
7	-	SD
8	1	1
9	1	2
10	5	8
11	6	6
12	7	7
13	1	1
Tiempo más Probable	3	4
Tiempo Pesimista	7	8
Tiempo Optimista	1	1
Tiempo Estimado	3.3	4.2

### Anexo 8-Tiempo para secuenciar actividades

Empresa N°	Tiempo Normal (días)	Tiempo durante Pandemia (días)
1	-	-
2	1	1
3	4	6
4	2	SD
5	1	5
6	2	SD
7	5	SD
8	-	-
9	1	2
10	-	4
11	1	1
12	7	7
13	1	1
Tiempo más Probable	3	4
Tiempo Pesimista	7	7
Tiempo Optimista	1	1
Tiempo Estimado	3.3	4.0

### Anexo 9-Tiempo análisis de datos mediante software (Cronograma)

Empresa N°	Analizar datos mediante software (días)
1	1
2	3
3	4
4	1
5	3
6	-
7	4
8	1
9	1
10	3
11	1
12	-
13	4
Tiempo más Probable	3
Tiempo Pesimista	4
Tiempo Optimista	1
Tiempo Estimado	2.8

## APÉNDICE C- MATRICES DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

### Anexo 10-Matriz de respuestas estandarizadas para cadena de actividades de elaboración de presupuestos

Empresa N°	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8
1	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Revisar o identificar actividades	Revisar o calcular cantidades de obra	Identificar recursos				
2	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Realizar visita de campo	Realizar consultas de proyecto	Realizar cotizaciones	Definir fichas de costos unitarios			
3	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Definir responsables de actividades	Definir rendimientos	Realizar consultas de proyecto				
4	Realizar visita de campo	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Revisar o identificar actividades	Cotizar y negociar con subcontratistas				
5	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Revisar o identificar actividades	Revisar o calcular cantidades de obra	Definir fichas de costos unitarios	Realizar cotizaciones	Revisar el presupuesto		
6	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Realizar visita de campo	Revisar o identificar actividades	Revisar o calcular cantidades de obra	Realizar cotizaciones			
7	Realizar visita de campo	Revisar permisos de construcción	Revisar o identificar actividades	Identificar recursos	Cotizar y negociar con subcontratistas	Revisar o calcular cantidades de obra	Realizar cotizaciones	Definir fichas de costos unitarios

<b>Empresa N°</b>	<b>Actividad 1</b>	<b>Actividad 2</b>	<b>Actividad 3</b>	<b>Actividad 4</b>	<b>Actividad 5</b>	<b>Actividad 6</b>	<b>Actividad 7</b>	<b>Actividad 8</b>
8	Realizar visita de campo	Revisar permisos de construcción	Revisar o identificar actividades	Revisar o calcular cantidades de obra	Definir fichas de costos unitarios			
9	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Identificar recursos	Definir fichas de costos unitarios	Revisar el presupuesto				
10	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Realizar visita de campo	Identificar recursos	Revisar o calcular cantidades de obra	Revisar o identificar actividades	Definir fichas de costos unitarios		
11	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Revisar o calcular cantidades de obra	Revisar o identificar actividades	Definir fichas de costos unitarios	Revisar el presupuesto			
12	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Realizar consultas de proyecto	Definir fichas de costos unitarios					
13	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Revisar o identificar actividades	Definir rendimientos	Revisar o calcular cantidades de obra	Realizar cotizaciones y estimar costos	Definir fichas de costos unitarios	Revisar el presupuesto	

**Anexo 11-Matriz de respuestas estandarizadas para cadena de actividades de elaboración de cronograma**

<b>Empresa N°</b>	<b>Actividad 1</b>	<b>Actividad 2</b>	<b>Actividad 3</b>	<b>Actividad 4</b>
1	Analizar presencia de ruta crítica	Identificar y definir actividades	Considerar flujo de efectivo	Analizar insumos y rendimientos
2	Analizar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	Identificar días hábiles	
3	Secuenciar actividades	Estimar duraciones de actividades		
4	Analizar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	Secuenciar actividades	
5	Ingreso de datos a software	Estimar duraciones de actividades	Secuenciar actividades	Revisar cronograma
6	Identificar y definir actividades	Analizar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	Secuenciar actividades
7	Identificar y definir actividades	Considerar flujo de efectivo	Estimar duraciones de actividades	
8	Identificar y definir actividades	Analizar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	Revisar cronograma
9	Analizar factores climatológicos	Estimar duraciones de actividades	Secuenciar actividades	Ingreso de datos a software
10	Analizar factores climatológicos	Analizar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	
11	Identificar y definir actividades	Estimar duraciones de actividades	Secuenciar actividades	Ingreso de datos a software
12	Identificar y definir actividades	Analizar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	
13	Secuenciar actividades	Analizar presencia de ruta crítica		

**Anexo 12-Matriz de recurrencia de actividad-posición para elaboración de presupuestos**

<b>Actividad</b>	<b>Posición 1</b>	<b>Posición 2</b>	<b>Posición 3</b>	<b>Posición 4</b>	<b>Posición 5</b>	<b>Posición 6</b>	<b>Posición 7</b>	<b>Posición 8</b>	<b>Porcentaje de recurrencia (%)</b>
Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	9	1							83
Revisar o identificar actividades		2	5						58
Definir fichas de costos unitarios		1	2	2	2	1		1	75
Realizar visita de campo	3	3							50
Realizar consultas de proyecto		1	1	1					25
Realizar cotizaciones				1	2		1		33
Definir responsables de actividades		1							8
Definir rendimientos			1						8
Cotizar y negociar con subcontratistas				1	1				17
Revisar o calcular cantidades de obra		1	2	3		1			58
Revisar el presupuesto				1	1	1			25
Obtener permisos de construcción		2							17
Identificar recursos		1	1	2					33

**Anexo 13-Matriz de recurrencia de actividad-posición para elaboración de cronograma**

<b>Actividad</b>	<b>Posición 1</b>	<b>Posición 2</b>	<b>Posición 3</b>	<b>Posición 4</b>	<b>Porcentaje de recurrencia (%)</b>
Analizar presencia de ruta crítica	1	1			15.4
Identificar y definir actividades	5	1			46.2
Analizar insumos y rendimientos	2	4		1	53.8
Estimar duraciones de actividades		6	5		84.6
Identificar días hábiles			1		7.7
Secuenciar actividades	2		4	1	53.8
Ingreso de datos a software	1			2	23.1
Revisar cronograma				2	15.4
Considerar flujo de efectivo		1	1		15.4
Analizar factores climatológicos	2				15.4

**Anexo 14-Matriz de correspondencia entre flujograma optimizado y situación actual por empresa (Presupuesto)**

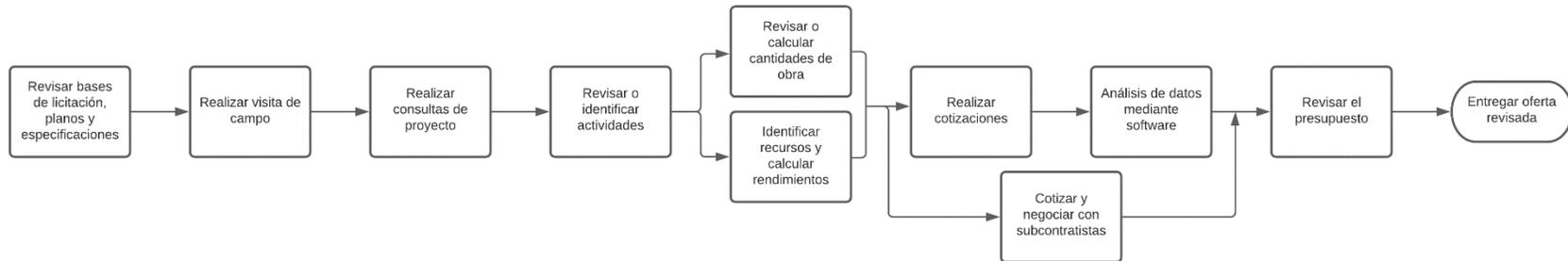
Empresa N°	Porcentaje de correspondencia (%)	Revisar bases de licitación, especificaciones y planos	Realizar visita de campo	Realizar consultas de proyecto	Revisar o identificar actividades	Revisar o calcular cantidades de obra	Identificar recursos y calcular rendimientos	Realizar cotizaciones	Cotizar y negociar con subcontratistas	Analizar datos mediante software	Revisar el presupuesto	Entregar oferta revisada
1	27.3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
2	36.4	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
3	18.2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36.4	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
5	45.5	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
6	45.5	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
7	45.5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
8	27.3	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
9	18.2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10	36.4	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
11	36.4	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
12	18.2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	45.5	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Total		11	6	3	9	8	0	5	2	0	4	0
Promedio	33.6											

**Anexo 15-Matriz de correspondencia entre flujograma optimizado y situación actual por empresa (Cronograma)**

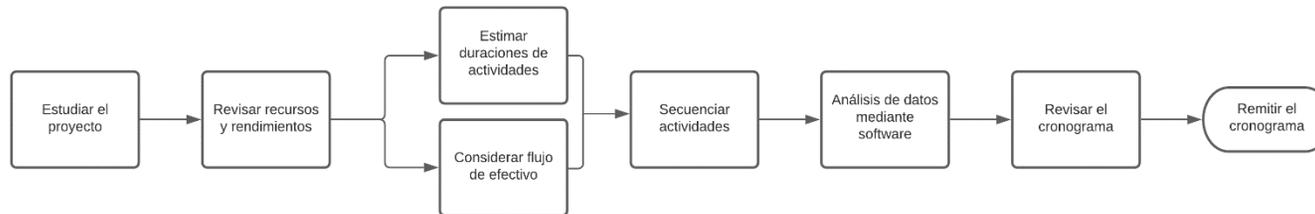
Empresa N°	Porcentaje de correspondencia (%)	Estudiar el proyecto	Revisar insumos y rendimientos	Estimar duraciones de actividades	Considerar flujo de efectivo	Secuenciar actividades	Ingreso de datos a software	Revisar cronograma
1	<b>14.3</b>	0	0	0	1	0	0	0
2	<b>14.3</b>	0	0	1	0	0	0	0
3	<b>28.6</b>	0	0	1	0	1	0	0
4	<b>28.6</b>	0	0	1	0	1	0	0
5	<b>57.1</b>	0	0	1	0	1	1	1
6	<b>28.6</b>	0	0	1	0	1	0	0
7	<b>28.6</b>	0	0	1	1	0	0	0
8	<b>28.6</b>	0	0	1	0	0	0	1
9	<b>42.9</b>	0	0	1	0	1	1	0
10	<b>14.3</b>	0	0	1	0	0	0	0
11	<b>42.9</b>	0	0	1	0	1	1	0
12	<b>14.3</b>	0	0	1	0	0	0	0
13	<b>14.3</b>	0	0	0	0	1	0	0
Total		0	0	11	2	7	3	2
Promedio	27.5							

## APÉNDICE D- FLUJOGRAMAS

### Anexo 16- Flujoograma de elaboración de presupuesto basado en *Lean Construction* según modelo de situación futura



### Anexo 17. Flujoograma de elaboración de cronograma basado en *Lean Construction* según modelo de situación futura



## APÉNDICE E-ASESORAMIENTO TEMÁTICO

### Asesoramientos del Ingeniero Reyes

ASESORAMIENTO		Nº: <u>1</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	Un proyecto de investigación debe estar orientado a resolver un problema previamente identificado por ello es necesario conocer la situación actual y como esta se podría ver beneficiada tras su proyecto.	
2.	Los objetivos deben estar limitado a un máximo de 5 para ayudar a guiar su investigación.	
3.	Las preguntas de investigación están estrechamente ligadas con los objetivos y deben plantearse de tal manera.	
4.	La línea de acción de su proyecto puede estar enfocada en primero conocer las actividades involucradas en las distintas etapas de un proyecto, luego conocer la aplicación de las herramientas de lean construction, evaluar las mejoras aplicables a las etapas del ciclo de vida del proyecto y finalmente proponer en base a la metodología lean construction una incorporación de las medidas de bioseguridad.	
5.		
6.		
7.		
 FIRMA DEL ASESOR		SEIIO
		Fecha: <u>18/07/2020</u>

ASESORAMIENTO		Nº: <u>2</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	En antecedentes del problema es importante mencionar el origen de los efectos que ven hoy como un problema.	
2.	La justificación debe describir los motivos de su estudio, los beneficios sociales y/o institucionales y demostrar factibilidad.	
3.	Los objetivos cumplen con funciones como determinar límites y amplitud del estudio, guiar el estudio, orientar sobre los resultados eventuales que se esperan obtener y determinar las etapas del proceso del estudio a realizar.	
4.	Un buen objetivo podría ser la identificación de los procesos en un proyecto y otro el análisis de las herramientas Lean.	
5.	_____	
6.	_____	
7.	_____	
8.	_____	
9.	_____	
10.	_____	
 FIRMA DEL ASESOR		Fecha: <u>25/07/2020</u>
SEIIO		

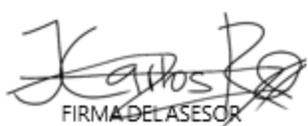
ASESORAMIENTO		Nº: <u>3</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	Delimitar el estudio es importante por lo que se debe escoger un enfoque, un ejemplo podría ser orientarlo a la planificación para la construcción de viviendas.	
2.	La propuesta de temas del marco teórico debe abarcar información que contribuya con los objetivos de su estudio.	
3.	Algo que puede enriquecer el marco teórico sería exponer proyectos que se han ejecutado con la metodología Lean Construction resaltando los beneficios obtenidos.	
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
 FIRMA DEL ASESOR		Fecha: <u>28/07/2020</u>
SEIO		

ASESORAMIENTO		Nº: <u>4</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	Al elaborar su entrevista es recomendable que tengan una lista de la información que esperan obtener y de esta manera enfocar sus preguntas.	
2.	En su primero borrador de entrevista, se pueden agregar más preguntas en cuanto a cronograma.	
3.	El inventario en obra es un dato que varía mucho entre proyectos.	
4.	Las preguntas sobre cotizaciones las pueden dejar como una sola pregunta como cotizaciones en general, buscando no alargar la entrevista demasiado tiempo.	
5.	_____	
6.	_____	
7.	_____	
FIRMA DELASESOR	SEIIO	Fecha: <u>07/08/2020</u>

ASESORAMIENTO		Nº: <u>5</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	Por su tipo de investigación, donde no solo ven consideran parámetros numéricos, el enfoque de su investigación debe ser mixto, tanto cualitativo como cuantitativo.	
2.	Para poder definir con éxito sus variables deben tener presente que estas se involucran directamente con el objetivo de su investigación y deben ser medibles.	
3.	Recuerden que para que una variable se defina como independiente es por este será el parámetro que ustedes pueden varias en su investigación y en función de esto se verá modificada su variable dependiente.	
4.	Para identificar la población deben considerar a las empresas que reúnan las características necesarias para obtener información correspondiente a su investigación.	
5.	Es difícil identificar una metodología de validación para su investigación por que se encuentran en la primera etapa de investigación y no conocen de suficientes precedentes en el país.	
6.	_____	
7.	_____	
FIRMA DEL ASESOR	SEIIO	Fecha: <u>16/08/2020</u>

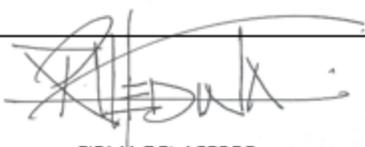
ASESORAMIENTO		Nº: 6
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	Revisar el formato de algunas citas cortas y largas colocadas en el documento.	
2.	Todas las gráficas, tablas, ilustraciones, etc. colocadas en el documento deben ir referenciadas con su respectivo número en el texto redactado. Les recomiendo utilizar la opción de referencias cruzadas de Word.	
3.	Mantener uniforme esas referencias, porque ahorita no tienen una forma en específico: "En la ilustración siguiente", "En la ilustración 4", "(ver ilustración 30)", "(ilustración 5)".	
4.	Algunas tablas es necesario transcribirlas para que vayan con el formato de tabla del manual de redacción, otras porque no tienen buena calidad y al imprimirlas probablemente no se verán.	
5.	Considero que el marco teórico está muy amplio, probablemente mucha de la información que colocaron no la van a necesitar para el proyecto.	
6.	Al momento de realizar una presentación es importante ilustrarla debidamente para poder captar la atención de su audiencia	
7.	_____	
 FIRMA DEL ASESOR		SEIIO
		Fecha: <u>23/08/2020</u>

ASESORAMIENTO		N°: <u>7</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	La depuración del marco teórico es recomendable realizarla una vez concluya su análisis para tener un panorama más claro de la <u>información que es relevante y la que se podría descartar</u>	
2.	Considero acertada los criterios aplicados para la depuración de los datos numéricos, lo que conlleva a una representación acertada de su muestra	
3.	Todo el análisis que vayan aplicando en su documento de Excel deben ir transcribiéndolo en Word a manera de no omitir ningún dato relevante.	
4.	Las fallas identificadas en los mapas de flujo de valor de la situación actual me parecen muy bien, es importante que se encuentre respaldado por la filosofía Lean haciendo uso de los principios como <u>ustedes lo han hecho hasta el momento.</u>	
5.	_____	
6.	_____	
7.	_____	
FIRMA DEL ASESOR	SEIIO	Fecha: <u>06/09/2020</u>

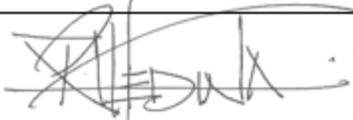
ASESORAMIENTO		Nº: 8
ASESOR: Ing. Juan Carlos Reyes		
1.	Apruebo su sugerencia de depuración del marco teórico e inclusión de información sobre VSM, variabilidad en proyectos y barreras de implementación de la filosofía lean	
2.	Creo que el fuerte de su trabajo son los mapas de flujo de valor y esa información no debería ir en anexos	
3.	El proceso de análisis mediante software ya comprende el proceso de elaboración de fichas unitarias por lo que lo deben considerar como uno mismo.	
4.	No pueden sugerir como mejora la creación de un catálogo en línea ya que es algo que depende más de los proveedores y no de los ingenieros que elaboran presupuestos y cronogramas.	
5.	En sus recomendaciones pueden incluir un estudio de comparación de su propuesta y la metodología tradicional.	
6.	Es importante que recuerden que a pesar de que no puedan comprobar, de momento, los tiempos de su propuesta, están mejorando el proceso desde que se han atacado problemas identificados.	
7.	_____	
 FIRMA DEL ASESOR		SEIIO Fecha: <u>21/09/2020</u>

### Asesoramientos del Ingeniero Medina

ASESORAMIENTO		N°: <u>1</u>
ASESOR: Ing. Rafael Medina		
1.	El alcance debe de ser reducido y afinarlo para trabajar en un círculo más cerrado.	
2.	Enfocar el proyecto a un proyecto más pequeño o incluso a un sub proyecto.	
3.	Reducir las preguntas de investigación a máximo de 3 a 4 de ser posible.	
4.	Se puede enfocar el proyecto en la mejora de procedimientos de planificación.	
5.	_____	
6.	_____	
7.	_____	
 FIRMA DEL ASESOR	 SEIIO	Fecha: <u>02/08/2020</u>

ASESORAMIENTO		Nº: 2
ASESOR: Ing. Rafael Medina		
1.	Para la entrevista procuren hacer más directa la consulta sobre el proceso involucrado en la elaboración de presupuestos y cronogramas.	
2.	Al momento de consultar sobre el personal involucrado es importante que capturen la mayor información sobre la cantidad y puesto en que laboran.	
3.	Consulten sobre los recursos logísticos empleados para la elaboración de presupuestos y cronogramas.	
4.	Consulten si les pueden compartir información sobre algún proceso que les haya permitido ahorrar tiempos en algún punto del proceso.	
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
 FIRMA DELASESOR	 SEIIO	Fecha: <u>16/08/2020</u>

ASESORAMIENTO		Nº: 3
ASESOR: Ing. Rafael Medina		
1.	Apruebo su análisis para la determinación de las actividades involucradas mediante las matrices de estandarización y recurrencia de respuestas.	
2.	Podrían aplicar un análisis de burbuja para identificar en que actividades hay mayor recurrencia entre todos los entrevistados.	
3.	Es complicado querer estandarizar todos los procesos a uno solo por lo que recomiendo que una vez que tengan su flujograma Lean, lo tomen y lo comparen contra cada una de las empresas para identificar las actividades en donde más oportunidad de mejora puede haber.	
4.	_____	
5.	_____	
6.	_____	
7.	_____	
8.	_____	
9.	_____	
10.	_____	
 FIRMA DEL ASESOR	 SELLO	Fecha: <u>30/08/2020</u>

ASESORAMIENTO		Nº: 4
ASESOR: Ing. Rafael Medina		
1.	En cuanto al mapa de la situación actual de cronograma queda claro la forma en que están laborando las empresas y resaltan las <u>oportunidades de mejora.</u>	
2.	En el mapa de la situación futura les recomiendo que el equipo de trabajo esté involucrado en el estudio del proyecto ya que todos <u>deben estar empapados de la información necesaria.</u>	
3.	No pueden hablar solo de insumos, el término adecuado es recursos <u>ya que engloba todo lo necesario para estimar duraciones.</u>	
4.	Les recomiendo agregar un proceso que denote conexión con el presupuesto tanto a la entrada como a la salida ya que estos <u>elementos trabajan de forma cíclica uno con otro.</u>	
5.	_____	
6.	_____	
7.	_____	
8.	_____	
9.	_____	
10.	_____	
 FIRMA DEL ASESOR	 SELLO	Fecha: <u>06/09/2020</u>