



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DEL ENFOQUE LEAN A LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS EN LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ARTURO LYON VIAL

PROFESOR GUÍA  
ALEJANDRO POLANCO CARRASCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
DAVID CAMPUSANO BROWN  
WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE

2018

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE: Ingeniero Civil, en Estructuras,  
Construcción y Geotecnia.  
POR: Arturo Lyon Vial  
FECHA: 19-11-2018  
PROFESOR GUÍA: Alejandro Polanco C.

## Resumen

El enfoque Lean es una filosofía de trabajo que surge en la década de los 50 después de la segunda guerra mundial en la industria automotriz japonesa Toyota. Esta filosofía busca “satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, con el menor consumo de recursos, a través de la continua eliminación de desperdicios, variaciones e inflexibilidades” (Instituto Lean Chile).

En este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica para definir, analizar y estudiar los conceptos fundamentales de la filosofía Lean desde el origen hasta recientes estudios y memorias en la industria de la construcción. Además, se estudió la evolución de esta filosofía: Lean Thinking, Lean Manufacturing, Lean Construction y Lean Project Management. Luego, a partir de la información recopilada, se analizó un caso específico para identificar los procesos del proyecto que no le agregaban valor.

Uno de los objetivos de la memoria fue conocer el estado actual de la aplicación de Lean en Chile evaluando experiencias y conocimientos de los profesionales en la industria de la construcción. Para esto, se realizó una encuesta para medir el nivel de conocimiento de la filosofía Lean, de las herramientas y metodologías Lean, de Last Planner System y sus elementos principales y las situaciones, que no agregan valor, más frecuentes en la construcción.

Respecto de la aplicación de Lean en Chile y, específicamente en la industria de la construcción, se concluyó que esta es baja y que las empresas no tienen el conocimiento suficiente para su correcta implementación en los proyectos. Los profesionales no incorporan elementos de la filosofía o la cultura, sino solo utilizan algunas tecnologías, siendo la más frecuente, Last Planner System. En los proyectos de construcción, las actividades que no agregan valor mas comunes son la falta de comunicación y los tiempos de espera en los distintos procesos.

Para finalizar, a través del análisis que se realizó con el caso de estudio, se formularon recomendaciones para realizar una aplicación Lean. Estas siguieron los tres importantes pilares Lean: conocimiento de la filosofía, realizando capacitaciones al personal de los principios Lean; formación en cultura Lean a los participantes del proyecto, formando Líderes y organizaciones motivadas; y utilización de tecnologías y metodologías Lean, como Last Planner System y VDC/BIM. Se señaló que el desarrollo complementario de estos tres pilares es fundamental para una correcta aplicación de Lean.

# Tabla de Contenido

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto .....	1
1.2 Motivación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Metodología .....	3
1.4.1 Revisión Bibliográfica .....	3
1.4.2 Análisis sobre la aplicación del Enfoque Lean a la Dirección de Proyectos.....	3
1.4.3 Estado de Lean en Chile .....	4
1.4.4 Formulación de Recomendaciones .....	4
1.5 Resultados Esperados.....	4
<b>CAPÍTULO 2 – MARCO CONCEPTUAL Y ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
2.1 Dirección de Proyectos .....	5
2.1.1 General .....	5
2.1.2 Procesos de la Dirección de Proyectos.....	6
2.1.3 Áreas de Conocimientos .....	7
2.2 Enfoque Lean .....	24
2.2.1 Origen y Evolución del Enfoque Lean .....	24
2.2.2 Enfoque Lean vs. Enfoque Convencional .....	26
2.2.3 Conceptos y principios del Enfoque Lean .....	26
2.2.4 Desarrollo del Enfoque Lean.....	30
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
3.1 Objetivo 1.....	38
3.2 Objetivo 2.....	40
3.3 Objetivo 3.....	40
3.4 Objetivo 4.....	41
<b>CAPÍTULO 4 – APLICACIÓN DE ENFOQUE LEAN A LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS.....</b>	<b>42</b>
4.1 Introducción .....	42
4.2 Análisis del Caso de Estudio .....	42
4.2.1 Descripción del Proyecto.....	42
4.2.2 Fotos .....	43
4.2.3 Estructura Organizacional .....	47

4.2.4 Descripción de las Áreas de Conocimiento .....	47
4.3 Aplicación según Áreas de Conocimiento.....	61
4.3.1 Gestión del Tiempo .....	61
4.3.2 Gestión de los Costos .....	62
4.3.3 Gestión de la Calidad .....	63
4.3.4 Gestión de las Comunicaciones.....	64
4.3.5 Gestión de los Riesgos .....	65
4.3.6 Gestión de las Adquisiciones .....	65
4.4 Tabla Resumen .....	66
<b>CAPÍTULO 5 – IDENTIFICAR Y EVALUAR EXPERIENCIAS REALES.....</b>	<b>67</b>
5.1 Estudios .....	67
5.1.1 Estudio realizado el 2015.....	67
5.1.2 Encuesta .....	70
5.2 Entrevistas a expertos Lean .....	78
<b>CAPÍTULO 6 – COMENTARIOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>
6.1 Aplicabilidad de Lean en la Dirección de Proyectos en Chile .....	80
6.2 Desventajas, problemas u obstáculos en la implementación Lean.....	81
6.3 Conocimientos de Lean en Chile .....	81
<b>CAPÍTULO 7 – RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
7.1 Filosofía .....	82
7.1.2 Tipos de Desperdicios.....	83
7.2 Cultura .....	85
7.2.1 Formación de Líderes Lean .....	85
7.2.2 Organizaciones Motivadas: .....	86
7.3 Tecnologías/Métodos.....	86
7.3.1 Identificación de los desperdicios.....	86
7.3.2 Last Planner System: .....	88
7.3.3 Valor v/s No Valor: .....	90
7.3.4 Integrando Lean & VDC/BIM:.....	91
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>96</b>
Perfil de los entrevistados.....	96

# CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

## 1.1 Contexto

El enfoque Lean es una metodología de trabajo que surge en la década de los 50 justo después de la segunda guerra mundial en la industria automotriz japonesa Toyota. Específicamente afecta al sistema de producción de esta empresa logrando resultados muy eficientes con menos recursos (Esfuerzo humano, Equipamiento, Tiempo y Espacio), con el objetivo de llegar a entregar a los clientes exactamente lo que necesitan.

La empresa Toyota desarrolló un modelo de gestión, más conocida como Lean Manufacturing, que abarca un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicio (Sánchez, Palacios & Prida, 2008).

En 1975 se comenzó a difundir esta metodología de trabajo en distintos países del occidente, con esta idea ya consolidada para la década de los 90. El enfoque Lean entrega una forma de especificar el valor, crear un proceso de la mejor manera posible, realizar estas acciones continuamente cuando sean requeridas y realizarlas de manera efectiva.

En la década de los noventa surge Lean Thinking, una metodología de gestión que surge a partir de Lean Manufacturing, la cual es un conjunto de técnicas desarrolladas por la compañía Toyota a partir del decenio de 1950 para mejorar y optimizar sus procesos operativos; de tal forma que permita ofrecer bienes y servicios más ajustados a los deseos de los clientes, con mayor rapidez, con un costo más bajo y sin desperdicios (Carrillo M.S., Pons R., Barrios P.A., Puello M.A.). Lean Thinking proporciona una manera de especificar el valor del producto, crear un flujo que agregue valor, conducirlo continuamente y realizarlo de la manera más eficiente posible minimizando desperdicios y tiempos de espera. Womack y Jones (1996) codifican la esencia del Lean Thinking bajo estos cinco principios básicos:

- (1) Especificar el Valor desde la perspectiva del cliente
- (2) Identificar el Flujo de Valor.
- (3) Permitir que el Flujo de Valor fluya sin interrupciones.
- (4) Permitir al cliente se involucre en el proceso para extraer valor.
- (5) Buscar permanentemente la perfección.

Se considera Valor lo que el cliente estará dispuesto a pagar. Cualquier actividad que no incremente el precio que pagaría el cliente solo agrega costos al proyecto.

En la década de los 90, con esfuerzos de distintos profesionales, entre ellos Lauri Koskela, Glenn Ballard y Gregory Howell, y distintas instituciones, se introdujo Lean Construction, adaptando Lean Manufacturing de la industria automotriz. Lean Construction tiene como objetivo principal reducir o eliminar las actividades que no

generan valor al proyecto de construcción. Las actividades que generan valor buscan optimizarlas mediante herramientas específicas en todas las etapas de un proyecto de construcción.

Lauri Koskela (1992) propone los siguientes principios de Lean Construction:

- Reducir participación de actividades que no agregan valor (muda).
- Incrementar el valor del producto.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir los tiempos de ciclo.
- Simplificar procesos.
- Incrementar la flexibilidad de la producción.
- Incrementar transparencia de los procesos.
- Enfocar el control al proceso completo.
- Introducir la mejora continua de los procesos.
- Mejorar continuamente el flujo.
- Referencias de los procesos con los de organizaciones líderes (*benchmarking*).

El concepto Lean Project Management (LPM) es una adaptación de otros conceptos Lean, tales como Lean Construction, Lean Manufacturing y Lean Thinking en el contexto de la Dirección de Proyectos. Es un resultado amplio de los principios Lean y tienen muchas ideas en común. Lean Project Management busca entregar más valor con menos residuos y un flujo continuo en los proyectos, con una finalidad de optimizar todos los procesos involucrados en cada etapa.

## 1.2 Motivación

En la actualidad, la actividad de la construcción a nivel nacional está en su nivel más bajo en 7 años, donde el Índice Mensual de Actividad de la Construcción (Imacon) tiene una caída del 4,1 por ciento interanual (MACH 46, abril 2017, CChC). Este índice se puede ver afectado por el dinamismo del empleo, demanda de materiales, los permisos de edificación, etc. A esto se le puede sumar factores que afectan los proyectos de construcción, tales como las pérdidas que se presentan en los procesos. Estas pérdidas son la sobreproducción, los tiempos de espera, inventarios, traslados de objetos o personal, etc.

Luego, la aplicación de Lean produce beneficios, minimizando estas pérdidas mencionadas anteriormente, buscando obtener la máxima eficiencia en los proyectos mediante la optimización de los procesos. Es importante entender que es la filosofía Lean y como se puede aplicar en los distintos proyectos, para así alcanzar todos los beneficios que entrega en la Dirección de Proyectos. Entendiendo esto se puede aplicar en cualquier tipo de proyecto, más específicos como la construcción.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Conocer y entender el Enfoque Lean y su aplicación a las prácticas y metodologías de la Dirección de Proyectos en la industria de la construcción.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Conocer y entender el Enfoque Lean y su evolución en la industria de la construcción.
- Analizar y determinar la aplicación del Enfoque Lean a las prácticas y metodologías de la Dirección de proyectos.
- Identificar y evaluar experiencias reales de la aplicación del enfoque Lean en la Dirección de Proyectos.
- Formular recomendaciones para aplicar el Enfoque Lean en la Dirección de Proyectos.

## 1.4 Metodología

### 1.4.1 Revisión Bibliográfica

Se realizará una recopilación de información de diferentes publicaciones de autores calificados con el fin de estudiar, analizar y entender el Enfoque Lean. Se van a estudiar las siguientes aplicaciones de Lean:

- Lean Thinking.
- Lean Manufacturing/Production.
- Lean Construction.
- Lean Project Management.

Además de estos conceptos importantes de la filosofía Lean, se va a estudiar la evolución de ésta desde su origen hasta la actualidad, con sus herramientas y metodologías. Las principales fuentes que se van a utilizar son ASCE Journal, PMI Journal y libros relacionados a los temas.

### 1.4.2 Análisis sobre la aplicación del Enfoque Lean a la Dirección de Proyectos

A partir de la información obtenida de la recopilación bibliográfica, se aplicarán estos conocimientos, metodologías y herramientas a un caso de estudio específico de un proyecto de construcción. Se analizará cada proceso presente en el desarrollo del proyecto y se formularán herramientas y mejoras asociadas al enfoque Lean.

### 1.4.3 Estado de Lean en Chile

Se realizarán entrevistas a empresas y profesionales con trayectoria en Lean y se obtendrá información sobre sus proyectos. Además, se realizará una encuesta a profesionales para obtener el grado de conocimiento sobre la filosofía Lean. Luego, se concluirá sobre el estado del Enfoque Lean en Chile.

### 1.4.4 Formulación de Recomendaciones

A través de las herramientas y mejoras que se proponen al proyecto del caso de estudio, se formularán recomendaciones para una aplicación general del Enfoque Lean en los proyectos relacionados con la construcción.

## 1.5 Resultados Esperados

Como resultado de este trabajo, se espera obtener un correcto conocimiento y entendimiento del enfoque Lean con una aplicación de los principios de Lean a las prácticas y metodologías de la Dirección de Proyectos en construcción.

Se espera tener una revisión bibliográfica completa, donde se recopilará información de la evolución de la filosofía Lean en el tiempo (Lean Manufacturing, Lean Thinking, Lean Construction y Lean Project Management), esperando tener definidos todos los términos y principios mencionados.

Finalmente, se espera aplicar de la mejor manera posible los principios, metodologías y herramientas Lean al caso de estudio, y formular recomendaciones aplicables a proyectos de construcción para lograr la eficiencia de Lean.



# CAPÍTULO 2 – MARCO CONCEPTUAL Y ANTECEDENTES

## 2.1 Dirección de Proyectos

### 2.1.1 General

La gestión moderna de proyectos de una empresa se basa en la definición de la visión del proyecto en el corto y largo plazo, la misión y los objetivos estratégicos. Estos objetivos estratégicos van asociados al valor de la empresa (VAN), al crecimiento, rentabilidades, entre otros. Para poder cumplir estos objetivos se desarrolla un Plan Estratégico, el cual requiere acciones, recursos e inversiones que se materializan en proyectos.

En el siglo XX, con el desarrollo de la revolución industrial, surge la necesidad de conseguir productividad y eficiencia en los proyectos. Para esto, en 1917 aparece la Carta Gantt con el objetivo de generar más productividad y eficiencia a las empresa, donde se visualiza de manera gráfica las tareas que se van a realizar en el proyecto asignado a una duración temporal.

Ya en los años 50 surgen dos metodologías fundamentales en el desarrollo de la Dirección de Proyectos. Uno de ellos es el método PERT (Program Evaluation and Review Technique), el cual consiste en planificar los proyectos coordinando las actividades a través de grafos para determinar la duración total del proyecto. El segundo método consiste en la metodología de la Ruta Crítica, el cual es la ruta que condiciona el plazo del proyecto al conformarse de todas las actividades que no presentan holguras.

Las empresas comenzaron a utilizar todas estas herramientas para mejorar las productividades y aumentar las eficiencias. En 1969 nace la organización sin fines de lucro PMI (Project Management Institute), con la dedicación de contribuir a la Dirección de Proyectos mediante practicas, herramientas, profesiones, etc. Para el año 1987, PMI generó la Guía PMBOK®, la cual se considera como el estándar para la Dirección de Proyectos.



Figura 1 – Línea de Tiempo Dirección de Proyectos  
Fuente: Elaboración Propia

Podemos definir un proyecto como la coordinación de un conjunto de actividades controladas, con hitos definidos de inicio y fin, el cual genera un producto o servicio tangible o intangible que satisface los objetivos estratégicos, sea de calidad, tiempo, costo y/o recursos. Un proyecto contiene ciertos requisitos, entregables, plazos y recursos asignados.

Según PMBOK® Guide 5ta Edición, un proyecto es un “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Éste tiene un principio y un fin definidos, donde el final se alcanza cuando se cumplen los objetivos del proyecto, cuando ya no se van a cumplir o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto”. Para lograr los objetivos del proyecto son necesarios ciertas habilidades, herramientas, técnicas y conocimientos, las cuales se van desarrollando a través de todas las etapas de un proyecto mostrado en la Figura 2.

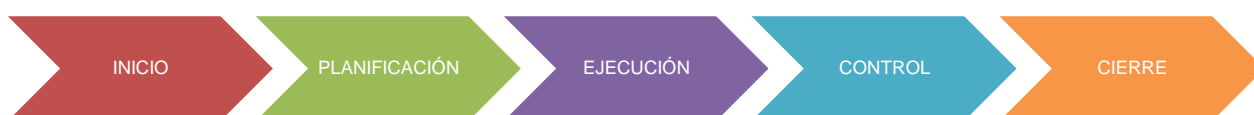


Figura 2 – Etapas de un Proyecto  
Fuente: Adaptado de PMBOK® Guide, 5ta Edición

La Dirección de Proyectos se considera como el arte de liderar, administrar y controlar recursos y plazos para generar un producto o servicio que satisface los objetivos propuestos. Según PMBOK® Guide, 5ta Edición, se considera una “aplicación de ciertos conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para cumplir con los requisitos”. Esto se va a lograr mediante la aplicación e integración de ciertos procesos al proyecto. Estos, generalmente se presentan en todos los proyectos y tienen un alto grado de interacción entre ellos.

### 2.1.2 Procesos de la Dirección de Proyectos

Como partida, se define un proceso como un conjunto de acciones y actividades relacionadas entre sí que se realizan para crear un producto, resultado o servicio definido (PMBOK® Guide, 5ta Edición). Los procesos se caracterizan por las entradas, las herramientas y técnicas que se pueden aplicar, y las salidas que tienen.

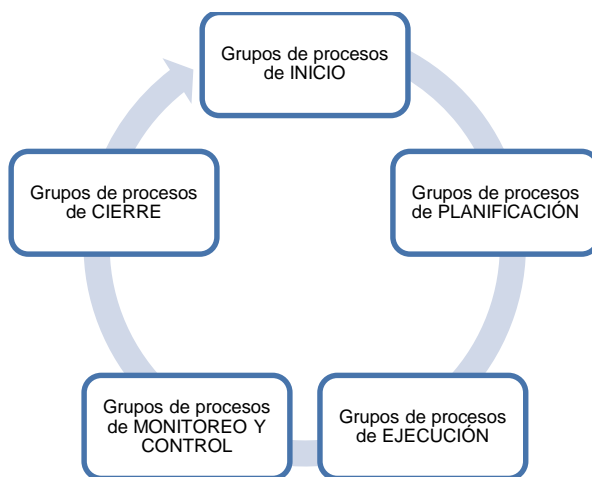


Figura 3 – Grupos de Procesos  
Fuente: Adaptado de PMBOK® Guide, 5ta Edición

### 2.1.3 Áreas de Conocimientos

A continuación, se ve en la Figura 4 las 14 Áreas de Conocimientos presentes en la Dirección de Proyectos, de acuerdo al PMI.



Figura 4 – Áreas de Conocimientos  
Fuente: Adaptado de Apuntes de Curso CI5511 Dirección de Proyectos

#### 2.1.3.1 Gestión de la Integración del Proyecto

El objetivo principal de la Gestión de la Integración del Proyecto es coordinar o combinar todos los procesos que van a estar presentes en el transcurso del proyecto. Esta gestión se presenta a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, siendo muy importante para que éste se lleve a cabo de forma controlada y se cumpla con todos los objetivos propuestos.

En esta gestión se genera el **Acta de Constitución del Proyecto**, documento que oficializa la existencia del proyecto, y además se le da autoridad al jefe del proyecto para asignar los recursos a las actividades. Este documento, según PMBOK® Guide 5ta Edición, debe documentar lo presentado en la figura 5.

Otro documento de importancia generado en esta gestión es el **Plan de la Dirección del Proyecto** que agrupa todos los planes de las Áreas de Conocimiento

(calidad, costos, cronograma, alcance, entre otros) realizados en la etapa de planificación.

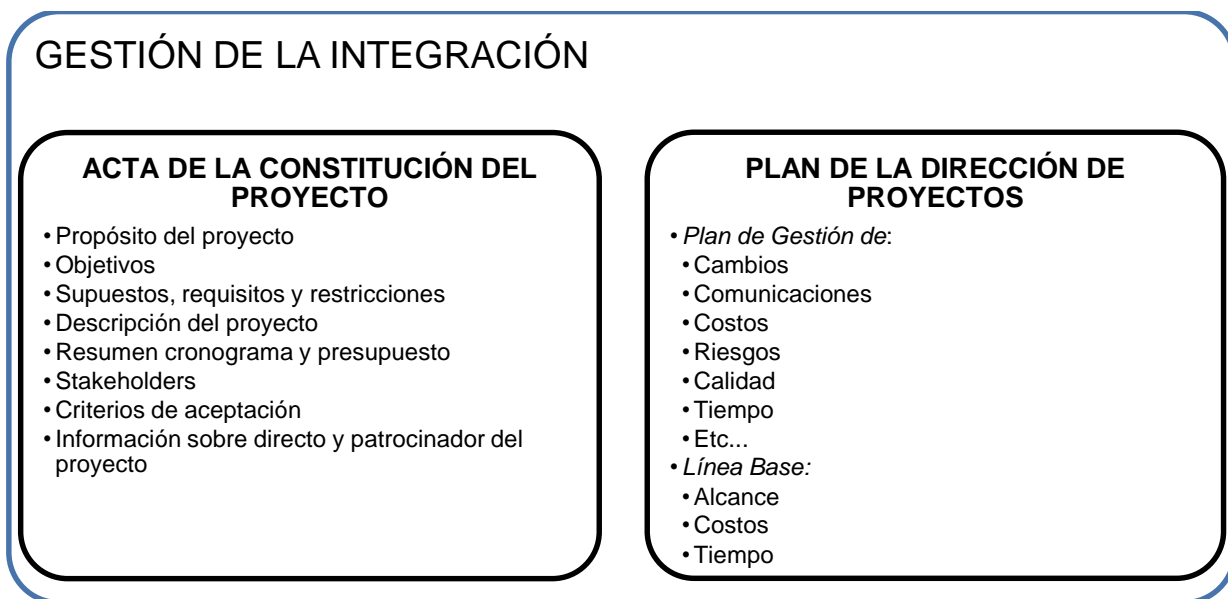


Figura 5 – Entregables Gestión de Integración  
Fuente: Elaboración Propia

Esta gestión también incluye la fase de cierre del proyecto el cual consiste en la finalización de todos los procesos de la Dirección de Proyectos.

### 2.1.3.2 Gestión del Alcance del Proyecto

El Alcance se puede definir como el conjunto de entregables que debe proporcionar el proyecto, de forma que represente completamente el trabajo realizado en éste. Una definición correcta y completa del Alcance lleva a una planificación exitosa del proyecto. El Alcance incluye:

- Trabajo necesario
- Restricciones
- Supuestos
- Límites
- Exclusiones

Para tener un mejor entendimiento del Alcance, se debe diferenciar dos conceptos:

- Alcance del Producto: Características y funciones que describen a un producto.
- Alcance del Proyecto: Es todo el trabajo correspondiente para realizar el entregable del proyecto, con características y funciones específicas.

Una forma de gestionar el Alcance del proyecto es realizar una mejor práctica a través de la elaboración de un WBS (Work Breakdown Structure). Esto consiste en una herramienta que subdivide los entregables del proyectos en elementos pequeños y manejables para facilitar la planificación, ejecución y el control. Esta estructura de desglose simplifica el alcance, facilita entendimiento y comunicación, reduce riesgos de omitir algunas actividades necesarias para completar el alcance, entre otros.

El control del alcance se enfoca en asegurar que todos los entregables y los resultados del trabajo del proyecto se completen cumpliendo con lo solicitado y sean aceptados. Además, se deben excluir los respaldos del dueño y se documentan los entregables terminados, sean aceptados o no, con las respectivas explicaciones y comentarios. Para el control, entonces, el Work Breakdown Structure (WBS) resulta muy útil, pues se enfoca en la aceptación de los entregables.

### **2.1.3.3 Gestión del Tiempo del Proyecto**

En un proyecto es indispensable tener una planificación del tiempo, ya que es el que permite definir plazos parciales y totales necesarios para lograr cumplir con el alcance definido al principio del proyecto. Existe un documento principal llamado “Cronograma (o Programa) del Proyecto”, el cual tiene en él definidas las fechas exactas de inicio y término para cada una de las actividades y del proyecto completo junto con restricciones y supuestos. Este cronograma de trabajo debe ser realista e integrado, donde su desarrollo se divide en cuatro etapas:

- **Etapas 1: Actividades**

En esta etapa se identifican las actividades requeridas para realizar el proyecto y cumplir con el alcance, uniéndolas mediante relaciones lógicas. Se incluyen además los recursos que serán necesarios para cada una de las actividades, los desfases que se programen entre ellas y las duraciones de tiempo real para cada actividad dentro de un calendario definido según las fechas de inicio y término del proyecto.

- **Etapas 2: Red y Camino Crítico**

En esta etapa, teniendo todas las actividades correctamente relacionadas y con sus duraciones y características respectivas, se lleva a encontrar las holguras para cada actividad. Las actividades que no presentan holguras se hacen llamar “Críticas”, y éstas determinan el plazo final del proyecto. La relación que existen entre todas las actividades críticas se conoce como “Camino Crítico”.

- **Etapa 3: Análisis y Optimización**

Se realiza un análisis de recursos y nivelación de todas las actividades de trabajo relacionadas entre sí en las etapas anteriores. Esto consiste en desplazar las fechas de inicio de las actividades por precedencia y holgura, modificando los recursos buscando la optimización. Luego, se realiza una compresión del programa reduciendo algunos plazos de actividades, según los métodos de Intensificación (Aceleración: Reducir duraciones actividades críticas) y Fast Track (Traslapar actividades que normalmente son secuenciales). Algunas prácticas que se usan para reducir los plazos son:

- Mano de Obra de alta productividad
- Crear incentivos
- Evitar tiempos perdidos
- Focalizar actividades críticas

- **Etapa 4: Línea Base**

La línea base consiste en el cronograma oficial del proyecto, aprobado por el mandante al inicio de contrato. Se considera la base de comparación y medición de cumplimientos, atrasos, adelantos entre otros. Éste se entrega a todos los participantes del proyecto.

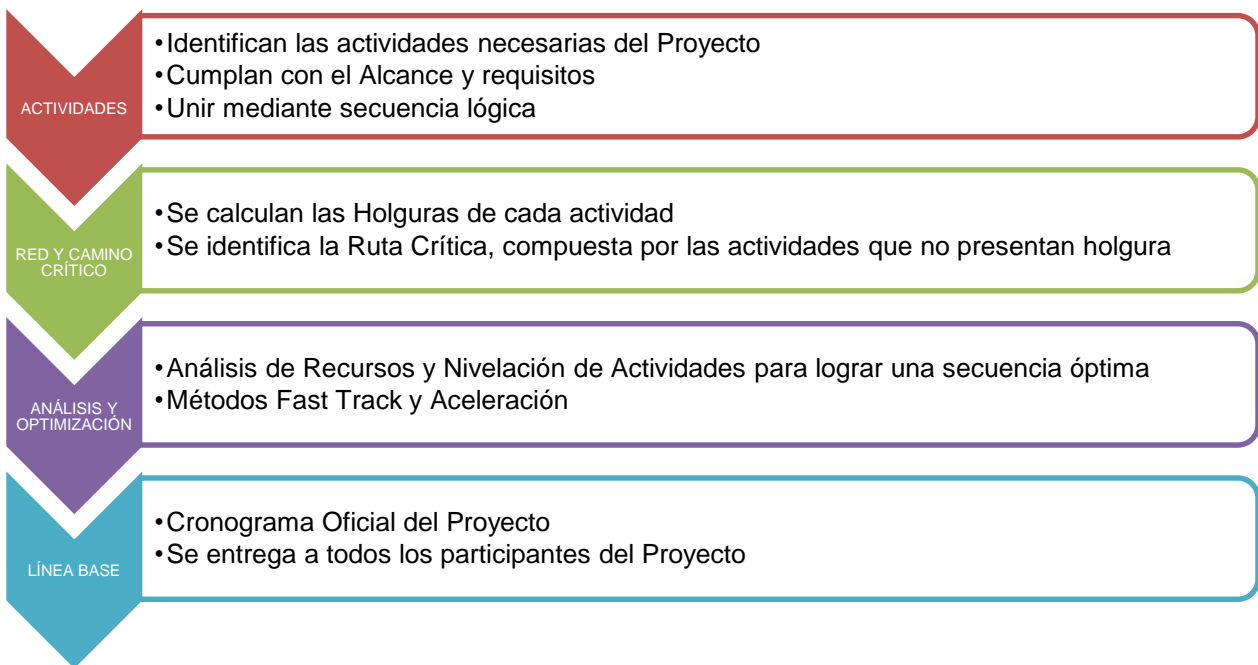


Figura 6 – Etapas de Gestión del Tiempo  
Fuente: Elaboración Propia

El control del tiempo del proyecto va de la mano de controlar los plazos impuestos inicialmente en las actividades para cumplir el alcance, es decir, el cumplimiento del programa de trabajo o cronograma. Esto se puede realizar mediante varios elementos:

- Informes de Rendimiento
- Estados de actividades
- Seguimiento de las actividades
- Análisis de variaciones

Este control, se puede llevar a cabo con indicadores, el cual corresponden a los avances que hay a la fecha actual, que se puede aplicar a todas las áreas del proyecto. El indicador base es la Productividad, el cual relaciona el avance real y el planificado en porcentaje.

$$Productividad = \frac{Avance Real [\%]}{Avance Planificado [\%]}$$

Los rendimientos más comunes son los hitos, las actividades críticas, algunos inicios y términos importantes o las holguras de las actividades.

A través de este control, se puede llevar a cabo también la Curva S, la cual corresponde al avance de la obra en el tiempo. Al inicio de la obra se realiza una Curva S planificada, que con el tiempo en la realidad podría ir variando. El control del tiempo va de la mano de esta Curva S, donde se puede medir el avance de la obra.

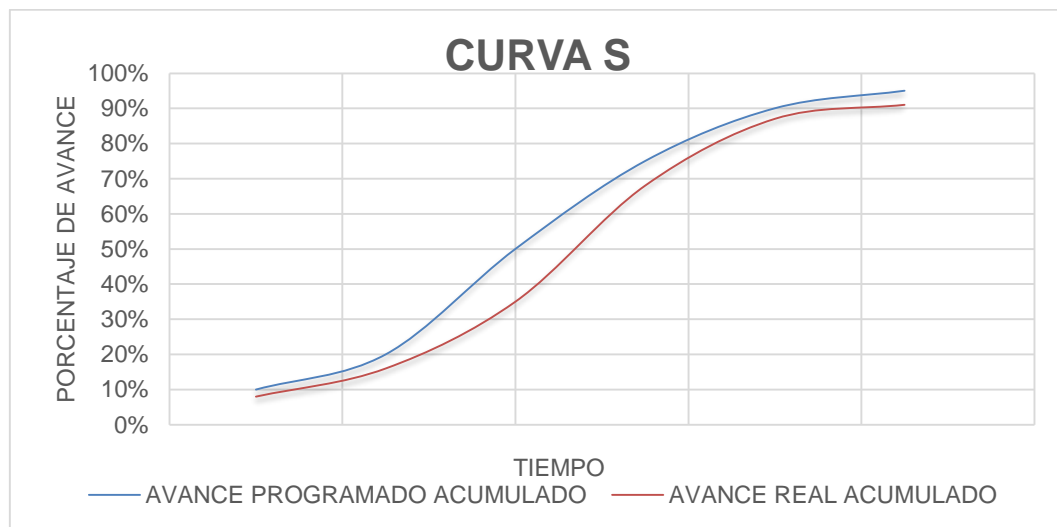


Figura 7 – Ejemplo de Curva S – Gestión del Tiempo  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.3.4 Gestión de los Costos del Proyecto

En esta gestión, se determina el costo del proyecto, junto con el estimado de costos y sus bases, el presupuesto, la línea base y los respaldos de la estimación. Es importante mencionar que la estimación de los costos se enfoca fundamentalmente en todos los recursos que van a ser necesarios para poder ejecutar las actividades de el Programa de Trabajo.

Tipo	Exactitud	Desarrollo
<b>Final</b>	0%	Terminado
<b>Detallada</b>	-5% a +10%	Ing. De Detalles
<b>Semi detallada</b>	-10% a +25%	Ing. Básica
<b>Preliminar</b>	-15% a +50%	Ing. De Perfil
<b>Orden de magnitud</b>	-50% a +100%	Idea General

Tabla 1 – Niveles de exactitud de la Estimación de Costos  
Fuente: Adaptado de Apuntes de Curso CI5511 Dirección de Proyectos

Existen métodos para estimar los costos, que van a depender del tipo de exactitud que se va a desear y del desarrollo en que se encuentra el proyecto. Estos métodos se pueden clasificar como:

**TOP DOWN:** Utiliza costos reales de proyectos anteriores y similares, donde tiene baja exactitud. Se usa en las fases iniciales, durante los períodos de estudios.

**BOTTON UP:** Es un método ascendente, dado que utiliza costos de actividades y aumenta de nivel en el WBS para llegar al estimado final. Tiene una exactitud media y alta, según el desarrollo del proyecto.

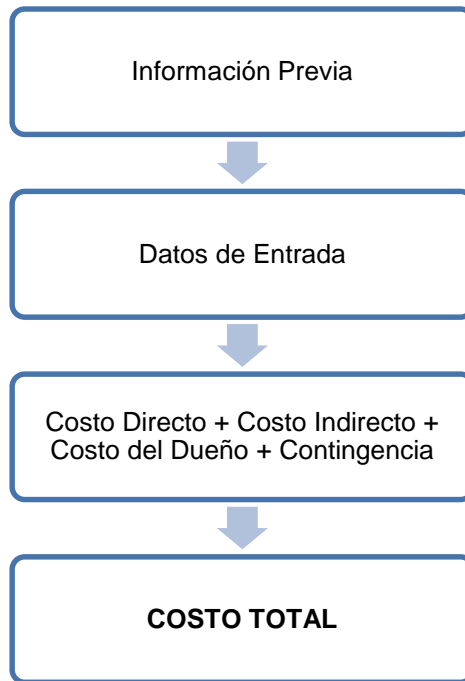


Figura 8 – Desglose Del Costo Total

Fuente: Adaptado de Apuntes de Curso CI5511 Dirección de Proyectos

- **Información Previa:** Compone las bases del estimado. Más específico, el alcance de la estimación, cual va a ser la exactitud requerida con ciertos margen de error, el WBS desglosado, confiabilidades, entre otros.
- **Datos de Entrada:** Estos datos se consideran los presentes en las cubicaciones de la obra, las especificaciones técnicas de materiales, equipos y los subcontratos.
- **Costo Directo:** Son los costos que están asociados a los materiales, mano de obra y/o equipos de proceso. Se asignan a unidades del proyecto.
- **Costo Indirecto:** Este considera todos los costos que no se pueden asignar a una unidad del proyecto. Estos pueden ser algunas actividades de diseño, movilizaciones, laboratorios, supervisiones, etc.



- **Costo del Dueño:** Son todos los costos que están asociados al dueño del proyecto. Este costo incluye las inspecciones, los proyectos de ingeniería, permisos, puesta en marcha, etc.
- **Contingencia:** Corresponde a un monto de recursos para imprevistos desconocidos. No considera los cambios en el alcance del proyecto y los siniestros o catástrofes. Además es administrada por el Jefe de Proyecto y no forma parte de la línea base aunque se deba incluir en los fondos de financiamiento del proyecto. Mencionar que la contingencia va disminuyendo a medida que se avanza en el proyecto, debido a que los riesgos van mitigándose y disminuyendo.
- **Costo Total:** Corresponde al costo total del proyecto, el cual fue estimado de acuerdo a las bases, con alguna metodología y se entrega mediante un documento oficial.

El control de los costos se realiza comprobando que se cumpla la línea base del proyecto y el adecuado uso de la contingencia en el tiempo. Tiene como objetivos principales:

- Sobrecostos no excedan el presupuesto.
- Respuestas para mantener sobrecostos dentro del límite.
- Detectar, documentar y entender las desviaciones de la línea base.
- Estimar el costo total del proyecto.

### 2.1.3.5 Gestión de las Finanzas del Proyecto

La Gestión de las Finanzas alude a que el presupuesto del proyecto tiene que tener fuentes de financiamiento y un plan de gastos definidos para cumplir con la línea base. Se considera una de las gestiones de mayor importancia que condiciona todos los otros planes, dado que sin el financiamiento, el plan de ejecución no sería efectivo.

Algunas de las opciones de financiamiento son:

- Recursos propios del dueño
- Prestamos bancarios especiales para el proyecto
- Venta o sociedad con otras empresas
- Anticipo de venta del producto
- Recursos que aporta el contratista EPCM/EPC
- Mixtos

El análisis de esta gestión incluye las boletas bancarias de garantías. Estas consisten en el depósito en efectivo que debe hacer el dueño del proyecto que ha solicitado un préstamo bancario y que se libera solo cuando el proyecto termina y comienza su venta o producción. Esto permite al dueño no solo conseguir fondos para el proyecto, sino también, aprovechar beneficios tributarios y legales.

Esta gestión, incluye además, una práctica muy usual que consiste en la toma de seguros. El dueño asegura el proyecto para eventos como sismos e incendios buscando mitigar los riesgos y, la compañía de seguros aceptará hacerse responsable solo después de haber revisado el proyecto y exigido ciertos estándares de diseño al dueño. Esto podría aumentar los costos del proyecto y de esta forma afectar la estimación. Los seguros no solo se aplican para el dueño del proyecto, sino que también son comunes para los proveedores.

### **2.1.3.6 Gestión de la Calidad del Proyecto**

La Gestión de la Calidad, se enfoca principalmente en lograr el cumplimiento de ciertas cualidades y requisitos impuestos en el proyecto. Se definen las políticas, objetivos, requisitos, normas y estándares que se utilizarán, procedimientos y responsabilidades del proyecto. Transforma las necesidades, deseos y expectativas de los stakeholders en requisitos.

Se enfoca además en satisfacer al cliente, mediante el cumplimiento de la calidad exigida por éste. Para esto existen normas y estándares que guían esta gestión. Algunos principios de la Gestión de la Calidad son:

- Satisfacción del Cliente
- Prevención antes que Inspección
- Responsabilidad de La Dirección
- Mejora Continua (Plan-Do-Check-Act)

Uno de los entregables más importantes de esta gestión es el **Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC)**. Este documento va a especificar qué procedimientos que se van a realizar y sus recursos asociados, quienes van a realizar estos procedimientos y cuando se deben aplicar al proyecto.

En este plan, se debe incluir el control y el aseguramiento de la calidad y la mejora continua de los procesos para el proyecto. El contenido del plan es el siguiente:

- Política de calidad para el proyecto
- Principios de calidad
- Los 6 procedimientos de calidad ISO
- Organización y recursos para la aplicación del PAC
- Requisitos y sus métricas, indicadores, metas, tolerancias, etc.
- Los procesos críticos
- Procedimientos administrativos y técnicos de apoyo
- Plan de control de calidad
- Procedimientos de termino y cierre

El control de calidad simplemente se enfoca en verificar el cumplimiento de los trabajos y entregables con los requisitos especificados desde un principio. Este control entrega documentos válidos, para la calidad en ingeniería, adquisiciones y la construcción.

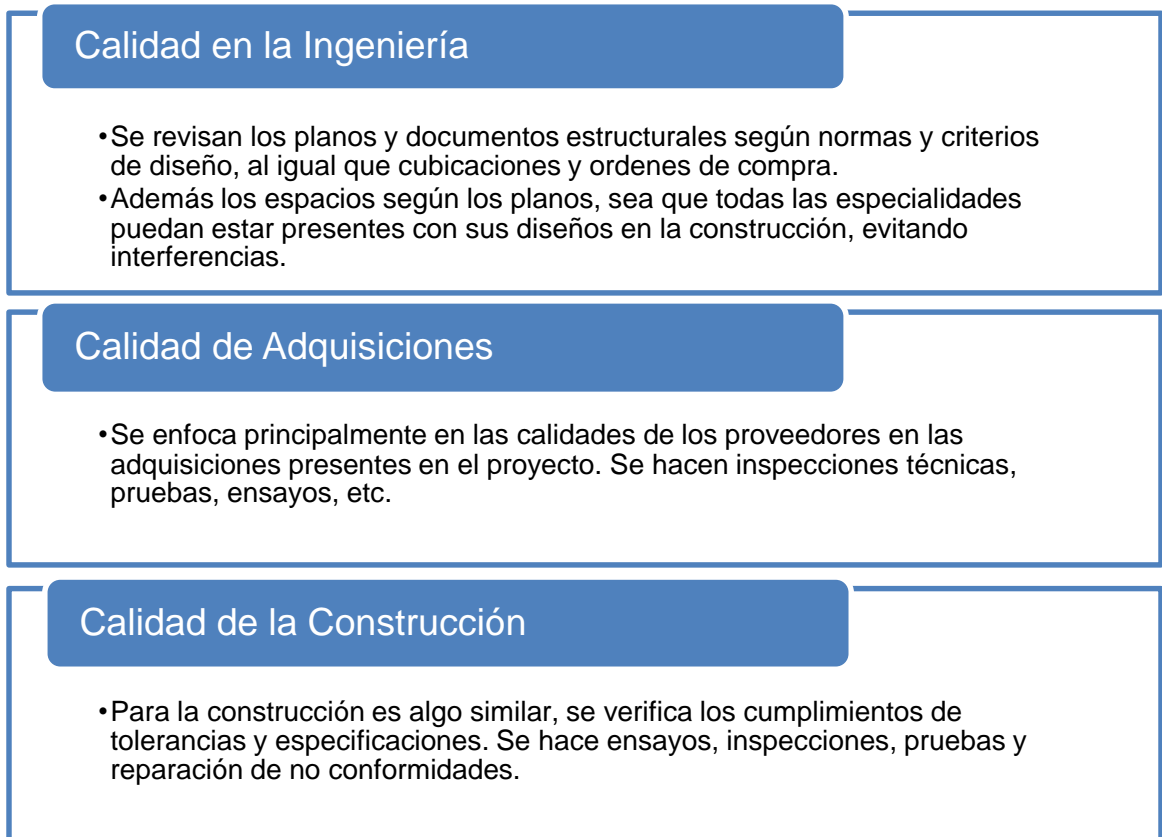


Figura 9 – Calidad en Ingeniería, Adquisiciones y Construcción  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.3.7 Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto

La gestión de Recursos Humanos tiene como planificación los siguientes temas:

- Cantidad de Personal
- Especialidad
- Experiencia y competencia
- Roles y responsabilidades

Estos temas anteriores se consideran para todos los profesionales, técnicos, capataces, obreros, etc., que van a estar presentes en la ejecución del alcance del proyecto. Recursos Humanos se materializa en tres principales entregables:

- **Staffing Plan:** Es un documento que se presenta como planilla con categorías, posiciones y requerimientos en el tiempo de los profesionales donde se identifica el personal requerido en el proyecto. Estas categorías se definen según las funciones que se necesitan en Ingeniería y Construcción, las cuales van a ser diferentes para cada empresa y proyecto.
- **Organigrama:** Luego del Staffing Plan, se necesita definir roles y responsabilidades junto con los equipos de trabajo.

- **Roles & Responsabilidades:** Este es un documento corporativo del contratista de Ingeniería y Construcción o del dueño que complementa el Organigrama, adaptándose a cada proyecto.

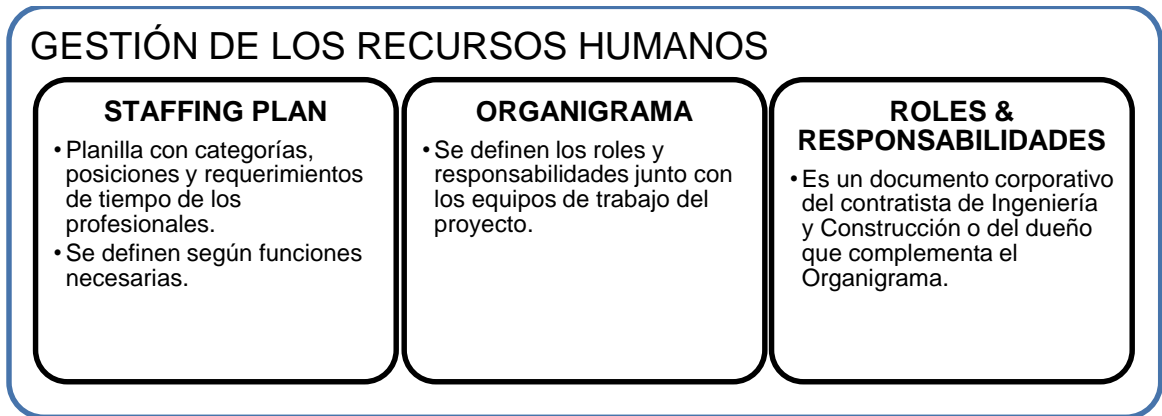


Figura 10 – Entregables de Gestión de Recursos Humanos  
Fuente: Elaboración Propia

Es importante considerar las siguientes problemáticas que pueden ocurrir, respecto a los Recursos Humanos:

- Atrasarse en el ingreso
- Renunciar al proyecto
- Tener un desempeño diferente
- Tener problemas en el trabajo
- Tener barreras idiomáticas o culturales

El control de los Recursos Humanos se enfoca en verificar que todo el personal de la obra participe en el proyecto y que el desempeño y productividad sea el deseado o planificado. Este se orienta en controlar:

- Fecha de inicio personal
- Cantidad de personal
- Desempeños
- Motivación
- Fechas de término

### 2.1.3.8 Gestión de las Comunicaciones del Proyecto

La comunicación es un proceso esencial en los proyectos de Ingeniería y Construcción. Todas las actividades presentes en la realización del proyecto necesitan un medio de comunicación para poder lograr los objetivos propuestos. Estas comunicaciones se deben planificar y controlar, por lo que uno de los aspectos más importantes es identificar los Stakeholders (Interesados en el proyecto) y cual son las formas de comunicación que pueden haber con ellos. Para las comunicaciones, es relevante considerar los siguientes procesos:

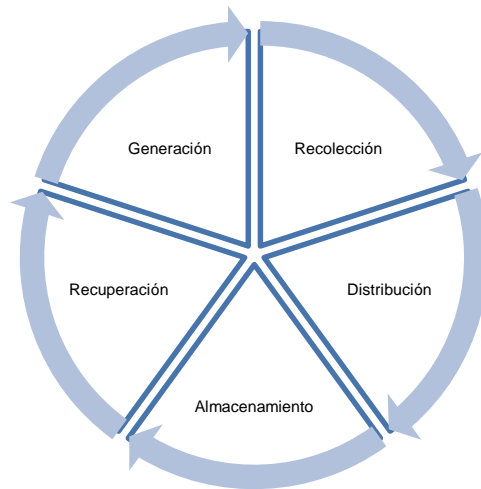


Figura 11 – Procesos de la Gestión de Comunicaciones  
Fuente: Elaboración Propia

Estos procesos se aplican a toda la información del proyecto. Es necesario una planificación y control de las comunicaciones de información porque a veces puede haber ausencia, duplicidad o exceso de información.

La Gestión de la Comunicación tiene como entregable principal el **Plan de Comunicaciones del Proyecto**. Este documento es formal, e incluye toda la planificación de las comunicaciones entre los participantes del proyecto. Tiene que considerar las comunicaciones internas y externas entre los distintos niveles del organigrama, al igual que la filosofía y principios comunicacionales que se pueden aplicar en el proyecto.

El control de las comunicaciones incluye:

- Información que llega y se envía
- Los contenidos de la información
- Cumplimiento de las fechas y plazo de envío y respuesta respectivamente
- Respuestas a cartas de reclamos

Dentro de las comunicaciones en un proyecto es muy importante el **Informe de Control del Proyecto**, un documento oficial de estado del proyecto que establece lo siguiente:

- Informar a todos los stakeholders el estado del proyecto actual y estimación de fecha de término.
- Definir acciones preventivas y correctivas para cumplir con la planificación.

Este documento tiene un valor contractual, dado que puede servir como un respaldo para la gestión de costos (Cobros y Pagos) y, en general, debe ser aprobado por el dueño. Este informe se compone de varios informes parciales, ya sea, diarios, semanales, quincenales, mensuales y trimestrales.

Algunas buenas prácticas que se pueden utilizar en la Gestión de la Comunicación del Proyecto son:

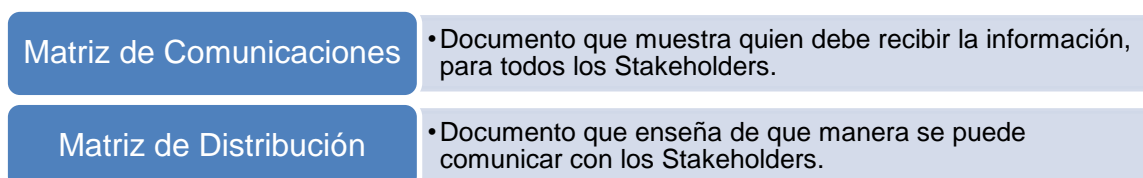


Figura 12 – Buenas Prácticas de Gestión de Comunicación  
Fuente: Adaptado de Apuntes de Curso CI5511 Dirección de Proyectos

Algunos beneficios que se obtienen con una buena Gestión de Comunicación, son la reducción de conflictos, mal entendidos, decisiones erróneas y pérdidas de tiempo, al igual que mejoras del clima laboral, de la capacidad de gestión y de la capacidad de prevención.

### 2.1.3.9 Gestión de los Riesgos del Proyecto

La Gestión de Riesgos del Proyecto se considera como una dirección y un control de los riesgos presentes en todas las etapas y fases del proyecto, con identificación, evaluación, generación de un plan de respuesta y seguimiento.

Esta Gestión tiene varios conceptos importantes asociados a ella, de los cuales podemos definir los siguientes:

- **Incertidumbre:** No tener el conocimiento de alguna situación futura.
- **Riesgo:** Se define como un evento o condición incierta, del cual si se llega a realizar va a generar un impacto que puede ser positivo o negativo hacia al menos un objetivo del proyecto.

Los dos objetivos principales de esta gestión son el aumento de la probabilidad y los impactos positivos generados en los objetivos del proyecto, y la disminución de la probabilidad para los eventos que impactan negativamente a los objetivos del proyecto.

La planificación de los riesgos del proyecto incluyen tres etapas, mostradas en la Figura 13.

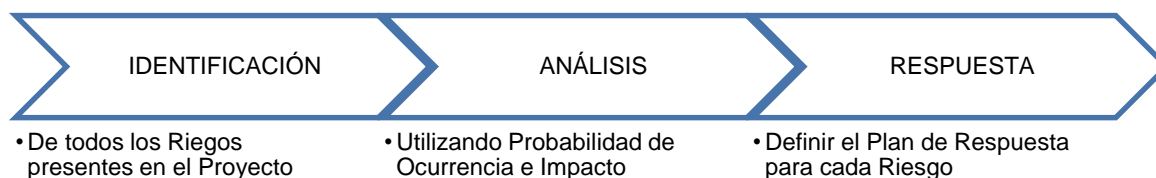


Figura 13 – Procesos de la Planificación de Riesgos  
Fuente: Elaboración Propia

1) **Identificación de Riesgos:** Teniendo información previa, bases de datos o algunos estudios hechos sobre ciertos proyectos se comienzan a generar los riesgos que van a estar presentes en el proyecto.

2) **Análisis de los Riesgos:** Se van a realizar dos análisis de los riesgos:

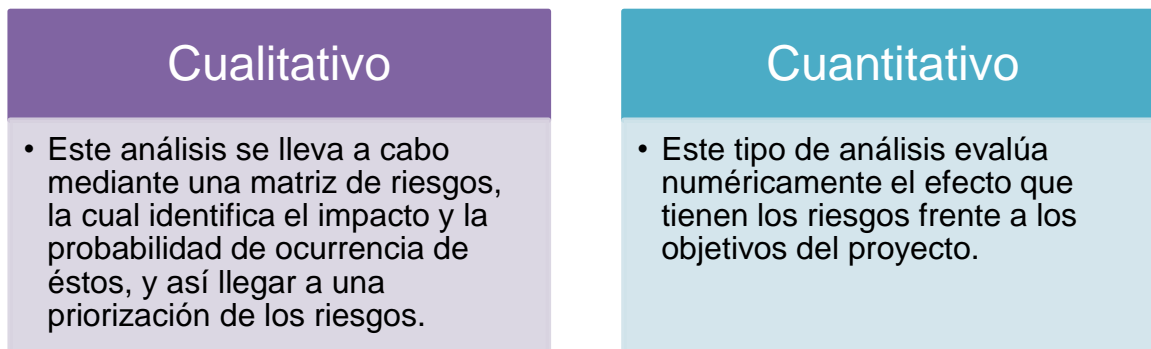


Figura 14 – Procesos de la Planificación de Riesgos  
Fuente: Elaboración Propia

3) **Plan de Respuesta:** En esta etapa se define como va a ser el plan de respuesta que se va a ejecutar en caso de que el riesgo ocurra. Se toman en cuenta los resultados que se obtienen del análisis cualitativo y cuantitativo, para así tener un correcto plan de respuesta.

El entregable de esta gestión es el **Plan de Gestión de Riesgos (PGR)**, el cual se considera como un entregable fundamental que debe contener:

- Metodologías
- Roles y responsabilidades
- Presupuesto
- Cronograma actividades de gestión de riesgos
- Categorías de los riesgos
- Matriz de probabilidad e impacto
- Otros.

### 2.1.3.10 Gestión de las Adquisiciones del Proyecto

Las adquisiciones del proyecto corresponden a todas las compras y contratos que son necesarias para cumplir con los objetivos y el alcance del proyecto. Específicamente, se refiere a:

- Compras de materiales de construcción
- Compras de equipos
- Contratos o Subcontratos de Construcción o Montaje
- Contratos o Subcontratos de servicios
- Otros

La planificación de las compras y contratos para el proyecto responde a cuatro grandes preguntas acerca de las adquisiciones. Éstas son:

- Qué es lo que se va a comprar-contratar
- Cuándo se va a realizar
- De qué manera se va a realizar
- Cuál va a ser la estrategia y enfoque para concretarla

La modalidad de los contratos que pueden estar presentes en cualquier proyecto consisten en:

#### Suma Alzada

- Precio fijo para un alcance fijo.

#### Costos Reembolsables

- En este contrato, se paga el costo real del proveedor sumando los servicios que se realizaron, el cual corresponde a un porcentaje predefinido.

#### Precio Unitario

- Para este contrato, se paga según las cantidades de materiales reales que se compraron con precios unitarios predefinidos.

Figura 15 – Modalidad de los Contratos  
Fuente: Elaboración Propia

El control de los contratos es diferente según el tipo de éste, siendo a suma alzada o por precio unitario.

- Suma Alzada: Énfasis en controlar el avance y la calidad. La tendencia es realizar las actividades con menos trabajo y no con la calidad requerida.
- Precio Unitario: Énfasis en controlar las cantidades de la obra. Tiende a aumentar las cantidades aumentando el costo del proyecto.



### 2.1.3.11 Gestión de los Interesados del Proyecto

La Gestión de los Interesados debe realizar una identificación y conocer las posturas y expectativas de cada uno de los interesados del proyecto o Stakeholders. Éstos pueden corresponder a personas, empresas, organizaciones o instituciones cuyos intereses son afectados por el producto o el desarrollo del proyecto. Los interesados pueden:

- Participar o no participar
- Influir positivamente o negativamente
- Verse afectados positivamente o negativamente

Identificar y conocer a los interesados permite gestionar su influencia en el proyecto, asegurando que su desarrollo sea exitoso.

### 2.1.3.12 Gestión de los Reclamos del Proyecto

Los reclamos se hacen presentes cuando no hay acuerdo sobre temas de costo o plazos y se consideran parte de los procesos de gestión de proveedores o contratistas. En la Gestión de los Reclamos hay tres etapas:



Figura 16 – Procesos de la Gestión de Reclamos  
Fuente: Elaboración Propia

- **Identificación:** Se identifica la situación que se requiere realizar un reclamo. Se lleva una planilla de seguimiento y control de los reclamos potenciales y reales.
- **Evaluación:** En esta etapa se llega a analizar si la información es precisa y exacta para poder llevar a cabo el reclamo. Más específico, se valida si procede o no procede, la cantidad de obra que se va a ver involucrada y los costos.
- **Solución:** Para la etapa de la solución, existen varios métodos para solucionar estos reclamos:
  - Comité revisor de reclamos
  - Asesor externo
  - Mediación
  - Negociación
  - Litigio

### 2.1.3.13 Gestión de la Seguridad del Proyecto

La Gestión de la Seguridad se va a enfocar en tres grandes etapas de un proyecto de construcción. Esas etapas son de Diseño, Construcción y Operación o Mantenimiento. Para cada una de estas etapas se tienen que considerar, como planificación, la cantidad de recursos profesionales que se van a necesitar y los recursos físicos, tales como los equipamientos.

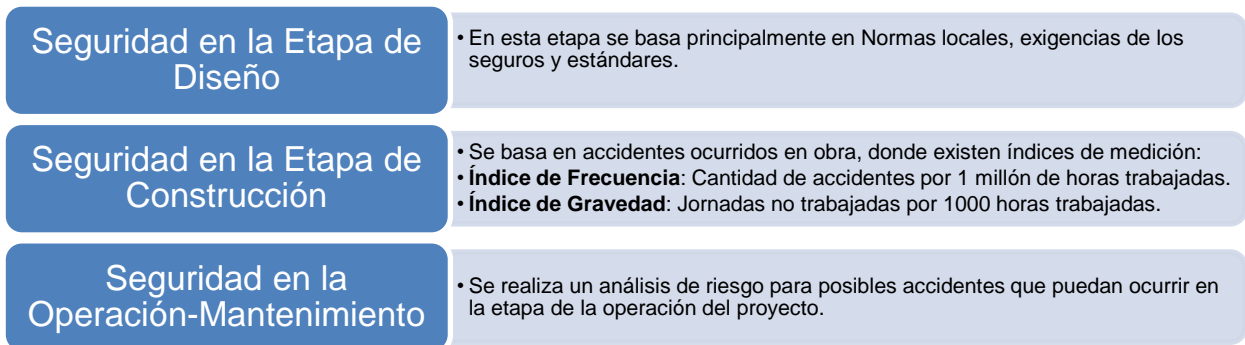


Figura 17 – Seguridad en el Diseño, Construcción y Operación/Mantenimiento  
Fuente: Creación Propia

La Gestión de Seguridad entrega un **Plan de Seguridad**, donde se entregan los roles y responsabilidades, procedimientos y protocolos, los recursos físicos y profesionales, plan de emergencias por casos de fuerza mayor o fortuitos, entre otros.

### 2.1.3.14 Gestión del Medio Ambiente del Proyecto

Para la gestión de un proyecto, es necesario considerar ciertos requerimientos ambientales en el producto y en todas las etapas del proyecto, sea construcción, puesta en marcha, cierre y operación. Se usan normativas locales e internacionales, además de exigencias o estándares de la industria. Los requerimientos ambientales pueden ser superiores a los asociados al impacto ambiental real.

Para obtener la aprobación ambiental para todas las fases del proyecto, se tienen que realizar alguno de estos documentos:

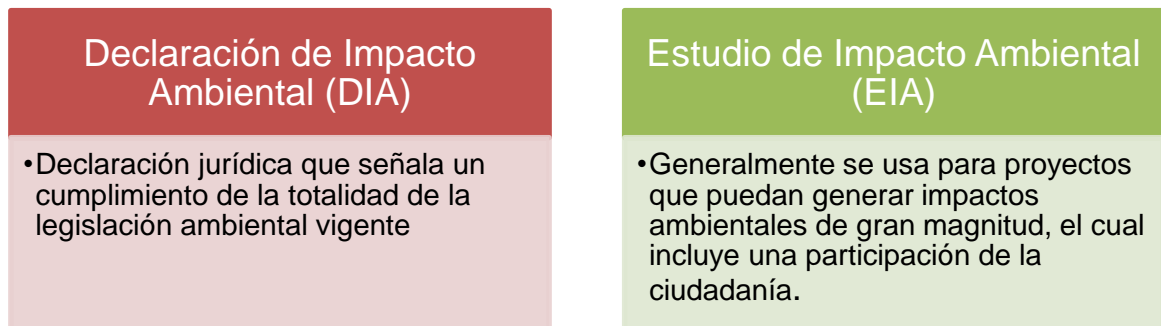


Figura 18 – Documentos de Gestión de Medio Ambiente  
Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que para la Gestión del Medio Ambiente del Proyecto es de gran importancia las opiniones de los Stakeholders.

Algunas de las medidas de mitigación del impacto ambiental pueden ser, por ejemplo, realizar obras adicionales, algunos cambios en el diseño, restricciones a los materiales e incluso cambios en los métodos constructivos.

La Gestión de Medio Ambiente se materializa en dos entregables, los Criterios de Diseño Ambiental y el Plan de Gestión Ambiental. También se consideran los Permisos Sectoriales requeridos para la construcción y operación del proyecto. Estos permisos van vinculados a un costo y un plazo.

La sustentabilidad se asocia a la permanencia en el tiempo. Es importante que se incluyan los requerimientos y compromisos de la sustentabilidad en la planificación del proyecto desde su fase temprana, ya que tiene influencia en el diseño, costo y plazos; los cuales, junto con la aprobación del proyecto, están condicionados por el uso de recursos naturales

Se habla de Desarrollo Sustentable si se cumplen con los requerimientos medio ambientales sin comprometer a las generaciones futuras con la posibilidad de satisfacer sus propias necesidades. Este desarrollo se puede dimensionar en las áreas:

- Ambiental
- Social
- Económico

El Desarrollo Sustentable tiene como pilares el compromiso con la equidad, tener una mirada al largo plazo para proteger el medio ambiente de daños irreversibles con una actitud preventiva y tener un equilibrio entre los aspectos sociales, ambientales y económicos.

## 2.2 Enfoque Lean

### 2.2.1 Origen y Evolución del Enfoque Lean

El enfoque o pensamiento Lean, según (Valencia S., 2013), se fundamenta en dos conceptos importantes. Primero, los principios de Lean Thinking propuestos por Womack y Jones generan una posesión por parte del cliente hacia lo que se denomina Valor (lo que el cliente esté dispuesto a pagar). Se define adecuadamente el Valor, cuál va a ser el flujo de éste y permitir que pueda fluir, haciendo que el cliente lo reconozca. El segundo concepto, es la intolerancia a los desperdicios. Lo que no genera valor produce costos, por lo que la rentabilidad del proyecto o proceso se reduce.

En la Figura 19 se puede observar la evolución y desarrollo de las mejores prácticas del enfoque Lean, donde este enfoque tiene origen en la industria automotriz. Se considera como el resultado de algunas de las mejores prácticas de esta industria. Alrededor del año 1920, Henry Ford desarrolló una de las innovaciones más impactantes de la era industrial: la línea de ensamblado, la cual llevó a la Producción en Masa.



Figura 19 – Línea del Tiempo Enfoque Lean  
Fuente: Adaptado de LLEDÓ, Pablo y MERCAU, Raúl, 2006

Según Pablo Lledó y Raúl Mercau, en la revolución industrial, a la par de la producción en gran escala, se ideó un sistema organizativo que lleva a la eficiencia este modelo creado por Henry Ford. Este sistema organizativo fue ideado por el sociólogo y economista Frederick Taylor, llamada la Teoría Científica de la Administración. Esta teoría concuerda con la forma de división del trabajo que Ford había instituido en su línea de ensamblado.

Después de la segunda guerra mundial hasta 1960, se desarrolla el concepto de Lean Production en la empresa Toyota (Japón). Este concepto de Lean Production se considera como un proceso o un sistema que genera un flujo continuo de creación de materiales o productos, utilizando un mínimo de actividades que no agregan valor.

En la década de los sesenta, y más intenso en la década de los setenta, se fundamenta la Administración de la Calidad Total (TQM). Se organizan las actividades de diseño y producción de una manera más matricial, para así no tener una estructura rígida en el desarrollo de nuevos productos. Se cruza transversalmente la organización para así involucrar a departamentos de distintas gerencias en un proyecto, como se puede ver en la Figura 20.

## GERENCIA GENERAL

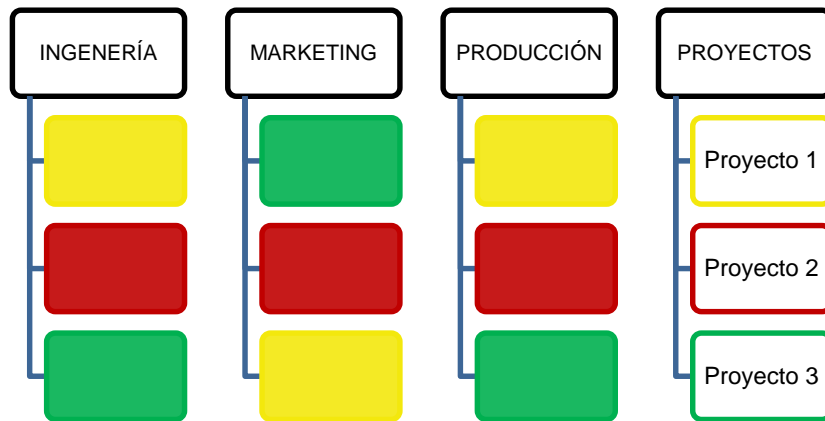


Figura 20 – Administración de Calidad Total  
Fuente: Adaptado de LLEDÓ, Pablo y MERCAU, Raúl, 2006

Pablo Lledó y Raúl Mercau proponen que la evolución natural de la calidad total y las estructuras matriciales de los años anteriores es la denominada Ingeniería Concurrente. Según S.L. Albin y P.J. Crefeld, se define como “un enfoque sistemático para el diseño paralelo e integrado de productos y los procesos relacionados” teniendo la “intención de que los desarrolladores consideren, desde el inicio del proyecto, todos los elementos del ciclo de vida del producto”. Esta práctica se enfoca en prevenir errores en todo el desarrollo de la industria, llevándolas al mínimo, diseñando los procesos y la organización en que va a ser sometido el producto al mismo tiempo que el diseño del producto. Mejora los desempeños en los procesos de la industria para mejorar la calidad de los productos, servicios y lograr la eficiencia.

Una metodología que aparece es Six-Sigma, iniciada en la empresa Motorola en 1986, aplicada para cumplir con la prevención de errores, mejorar la calidad de los productos, un costo menor y disminuir el tiempo del ciclo de creación del producto o servicio.

Esta metodología, permite la detección de problemas presentes en la producción de las industrias, tales como productos defectuosos, tiempos perdidos o algunas etapas que son críticas dentro del ciclo. Se pueden identificar pasos a seguir para implementar Six-Sigma:



Figura 21 – Pasos a seguir Six-Sigma  
Fuente: Elaboración Propia

Desde el año 1995, se comienza a implementar Lean Thinking como una evolución de la Ingeniería Concurrente y las prácticas de los años anteriores. La idea principal de este pensamiento es el enfoque hacia las actividades que generan valor al producto o servicio, y llevando las actividades que no generan valor al mínimo. Se presentan cinco principios fundamentales que resumen el pensamiento lean, los cuales van a ser desarrollados en el capítulo 2.2.3:

- Definición del Valor.
- Identificación del Flujo de Valor.
- Optimización del Flujo de Valor.
- Permitir que el cliente se involucre en los procesos del proyecto.
- Búsqueda de la Perfección.

### 2.2.2 Enfoque Lean vs. Enfoque Convencional

Para diferenciar el Enfoque Lean con el Enfoque Convencional de producción, se va a utilizar la siguiente Tabla 2:

	<b>Enfoque Convencional</b>	<b>Enfoque Lean</b>
<b>Objeto</b>	Afecta productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa.
<b>Metodología</b>	Detectar y Corregir	Prevenir
<b>Responsabilidad</b>	Departamento de Calidad	De todos los miembros de la empresa.
<b>Clientes</b>	Ajenos a la empresa	Internos y externos
<b>Concepto de Producción</b>	Consiste en actividades, y todas ellas añaden valor al producto.	Consiste en actividades, y hay algunas que agregan valor y otras que no agregan valor.
<b>Mejoramiento</b>	Implementación de nueva tecnología	Reducción de tareas de flujo, aumento de eficiencia de los procesos con mejoras continuas y tecnologías

Tabla 2 – Enfoque Convencional vs Enfoque Lean

Fuente: Adaptado de Lean Project Management: una nueva visión para la gestión de proyectos, Clase Ejecutiva UC

### 2.2.3 Conceptos y principios del Enfoque Lean

A continuación se presentan los 5 principios de Lean Thinking según Womack y Jones:

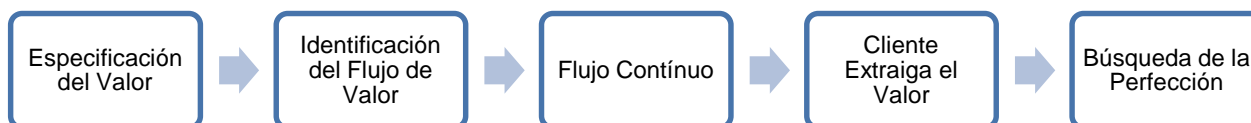


Figura 22 – Cinco principios fundamentales de Lean Thinking

Fuente: Creación Propia

## 1. Especificación del Valor de cada Proyecto desde perspectiva del cliente:

En este principio, se especifica el Valor del proyecto o producto pensando en el cliente. Es decir, el Valor depende de lo que el cliente esté dispuesto a invertir.

Pablo Lledó y Raúl Mercau consideran Valor a cualquier actividad o proceso que el cliente está dispuesto a invertir. Cualquier actividad que no incremente el valor del producto o servicio se considera muda, la cual significa “pérdida” en japonés. Específicamente cualquier actividad humana que utiliza recursos y no crea valor al producto o servicio. Según Reed, estas pérdidas pueden ser:

- Errores que necesitan rectificación
- Creación de productos innecesarios que aumentan el inventario
- Procesar actividades que no sean necesarios
- Transporte de personal o bienes sin propósito
- Tiempos de espera del personal causado por alguna actividad atrasada
- Bienes y servicios que no cumplen las necesidades del cliente

Pablo Lledó y Raúl Mercau establecen que las tareas que no agregan valor, al considerarse “muda”, podrían eliminarse de la corriente de valor. Por otra parte, hay actividades que son consideradas desperdicio pero que son fundamentales para realizar el producto a tiempo para el cliente. Por eso, Womack y Jones clasifican aquellas actividades que no agregan valor en dos tipos:

### Tipo de Desperdicio (*Muda*) N°1

- Actividad parcialmente sin valor agregado, pero necesario para completar las tareas. Solo agrega costos al proyecto.

### Tipo de Desperdicio (*Muda*) N°2

- Actividad que carece de valor agregado. A eliminar.

Figura 23 – Tipos de desperdicios  
Fuente: LLEDÓ, Pablo y MERCAU, Raúl, 2006

Se considera la especificación del valor como una etapa indispensable en Lean Thinking, donde se tiene el objetivo de minimizar la muda del flujo de valor.

## **2. Identificación del Flujo de Valor:**

La identificación del flujo de valor para el producto es el siguiente paso de la especificación del valor, donde Womack y Jones lo identifican como un paso que expone una gran cantidad de muda. Según Womack y Jones, el flujo de valor es el conjunto de actividades requeridas para crear un producto, servicio o bien específico que se analizan en tres tareas:

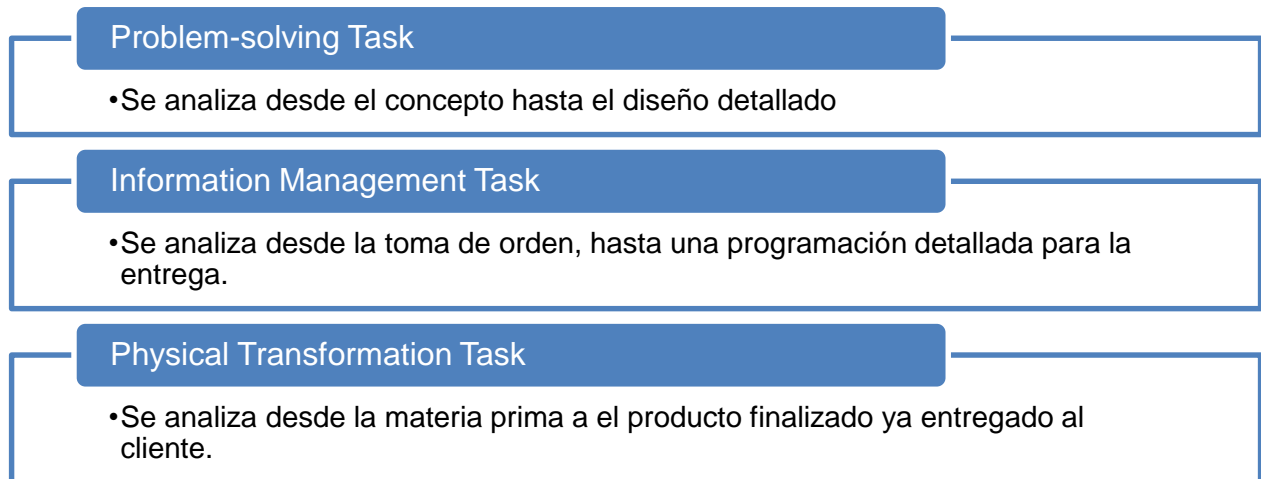


Figura 24 – Análisis de la cadena de valor  
Fuente: Elaboración Propia

Además, a través del flujo de valor, se van a exponer tres tipos de acciones que ocurren. Acciones que crean valor al producto, otras que no agregan valor pero que son fundamentales para la creación del producto con las tecnologías actuales (Desperdicio tipo 1), y finalmente, acciones que no agregan valor y que pueden ser removidas del flujo de valor (Desperdicio tipo 2).

Pablo Lledó y Raúl Mercau mencionan que cada tarea o proceso de un proyecto debería orientarse a un entregable, toda otra actividad se debería considerar que no agrega valor. Además, define flujo de valor como una idea teórica donde se incluyen solamente una secuencia de tareas que agregan valor.

## **3. Flujo Continuo:**

El enfoque Lean toma un camino diferente a una base tradicional con tiempos de espera y colas (LLEDÓ, Pablo y MERCAU, Raúl, 2006). Se enfoca en el cliente y crear una corriente de valor, diseñada para satisfacer sus necesidades. Haciendo esto, se debe eliminar las pérdidas (muda) del flujo de valor.



Esto nos dice que se debe reducir los tiempos de demora en el flujo de valor, quitando todas las actividades que puedan causar un retraso. Si se realiza esto al inicio del proyecto, nos permite:

- Liberar espacios en la zona de trabajo.
- Encontrar excesos en los inventarios
- Modificar un proceso ineficiente.
- Entender que los empleados pueden no ser multifuncionales.

Algunos obstáculos típicos a remover del flujo de valor son:

- Rigidez de los departamentos funcionales.
- Ciclos de aprobación.
- Cambios constantes en los requerimientos del proyecto.
- Interferencia innecesaria de la gerencia general.

#### **4. Cliente Extraiga Valor:**

Pablo Lledó y Raúl Mercau proponen que la principal característica de este principio es permitir a los clientes participaren el proceso del proyecto. Al trabajar en el flujo de valor, se enfoca en eliminar los desperdicios. De forma similar, sólo se debe construir lo que el cliente necesita, cuando lo necesita. De esta manera se debe permitir que el cliente sea el regulador de agendas y que mencione lo que se debe hacer día a día. El cliente participa en la definición de lo que va a agregar valor al producto.

No basta solamente con definir bien el valor del producto, además hay que considerar que el cliente pueda reconocer el valor y hacerlo suyo. Básicamente, no se puede hacer un producto sin que el cliente lo solicite, por ende, se especifica el valor (como en el primer principio) para cumplir con los requerimientos del cliente y al finalizar, pueda reconocerlo.

#### **5. Búsqueda de la Perfección:**

Los primeros cuatro principios interactúan entre ellos como un proceso circular, por ejemplo, mientras más fluye la cadena de valor expone más muda. También al tener equipos de trabajo con un diálogo constante con el cliente especifican el valor con mayor precisión. Cuando ya se tiene todo el valor especificado, el flujo del valor dónde es un proceso que fluye y deja que los clientes extraigan el valor, ocurre el último principio de la perfección.

La idea fundamental de esto es que nunca hay que abandonar la búsqueda de las fuentes de ineficiencia. Es necesaria la búsqueda permanente de la perfección, a fin de evitar la Ley de la Entropía: “las cosas de nuestro mundo tienden a ser cada vez más aleatorias y caóticas a lo largo del tiempo” (LLEDÓ, Pablo y MERCAU, Raúl, 2006).

Womack y Jones aconsejan nunca detenerse en la búsqueda de la perfección. Esto puede ser un proceso largo, de varios proyectos, ya que el ciclo continúa y con el enfoque Lean se puede llegar a ser más eficientes cada vez.

## 2.2.4 Desarrollo del Enfoque Lean

### 2.2.4.1 Lean Manufacturing / Production

Este concepto se considera una filosofía, teniendo un conjunto de técnicas de fabricación, que se concentra en mejorar los procesos productivos de la empresa a través de la reducción de los desperdicios en cada uno de estos procesos, buscando lograr la mayor eficiencia posible. Específicamente, las reducciones incluyen disminuciones de inventarios, tiempos de espera y de ciclo, sobreproducción, traslados y todas las actividades que no generan algún tipo de valor, entre otros.

Según Manotas y Rivera, Lean Manufacturing fue desarrollado por la empresa Toyota para satisfacer sus necesidades específicas en un mercado que estaba restringido debido a la economía.



Figura 25 – Línea del Tiempo Lean Manufacturing/Production  
Fuente – Creación Propia

Lean Manufacturing tiene un inicio en la producción en masa de Henry Ford, con una serie de prácticas y herramientas integradas para, mediante procesos, generar los productos a mayor velocidad, con tiempos de flujo menores. Este sistema no fue muy flexible, dado que realizó el mismo producto, “Model T”, durante 19 años sin necesidad de algún cambio en los procesos de creación de este producto. Luego, después de la Segunda Guerra Mundial, hubo demanda para productos de mayor variedad y con ciclos totalmente distintos, lo que llevó a que la metodología de Ford no fuera muy sostenible.

Manotas y Rivera mencionan que luego de la Segunda Guerra mundial, Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno visitaron la fábrica de Henry Ford para observar el funcionamiento de las operaciones. Ellos cambiaron el pensamiento de las máquinas y optimización del lugar de trabajo impuesto por Ford, a un flujo de todos los procesos presentes en la creación del producto. Esto lo realizaron mediante las siguientes ideas:

- Dimensionando la demanda de los productos a crear.
- Mejorando las capacidades de auto-control del equipo para asegurar la calidad.
- Diseñando los procesos para facilitar la secuencia a seguir.

Entre otros.

La implementación de estas ideas llevó a que la compañía ofreciera una mayor variedad de productos, el cual se reflejada según la demanda del mercado. También se redujeron los tiempos de entrega al igual que eliminando los inventarios casi por completo.

Con todos estos cambios, se creó un sistema de Dirección (“Management”) para apoyar todos estos cambios, llamado “Toyota Production System”. Según J.K. Liker, el TPS descubre que disminuyendo los tiempos de entrega y manteniendo las líneas de producción flexibles, el producto tiene mayor calidad, productividad, atención al cliente y una mejor utilización de los equipos y espacio. Ohno se enfoca en identificar todas las actividades que generan valor a las materias primas y eliminando todo lo demás. Consiguió tener el mapa de la cadena de valor hasta el producto terminado, el cual el cliente está dispuesto a pagar. Esto mostró una gran diferencia en la metodología de Ford, “Mass Production”.

#### **2.2.4.2 Lean Construction**

La industria de la construcción se considera importante para la economía del país, por lo que es necesario implementar nuevas ideas para mejorar los resultados y hacer que sean más eficientes. Para esto, surge Lean Construction, un nuevo enfoque en la gestión y ejecución de la construcción, que permite generar mejores sistemas de producción optimizando los procesos, y eliminando desperdicios para adelantar los tiempos de entrega de los productos de la construcción.

Este enfoque fue introducido por el profesor Lauri Koskela en el año 1992 a través del documento “Application of the new Production Philosophy to Construction”, el cual se basó en el modelo que fue implementado después de la segunda guerra mundial en la industria automotriz Toyota, “Lean Production” y en varios modelos o metodologías tales como TQM o Ingeniería Concurrente.

Luego, según Hernán Porras, Omar Giovanny y José A. Galvis, en 1997 se creó Lean Construction Institute (LCI). Glenn Ballard y Greg Howell lo crearon para desarrollar y difundir estos nuevos conocimientos de Lean en los proyectos de construcción. En el enfoque tradicional no era completamente óptima para lograr los

beneficios esperados, dado que se producían demoras, sobrecostos y no conformidades de parte de los clientes.

Lean Construction Institute (LCI) define Lean Construction como una filosofía que se enfoca hacia la administración de la producción en construcción, donde se reduce o elimina las actividades que no van a generar valor al producto y optimizar las que sí lo hacen.

Lean se basa en once principios mencionados en “Application of the new Production Philosophy to Construction” (Lauri Koskela 1992). Estos corresponden a:

1. Reducir participación de actividades que no agregan valor (*muda*).
2. Incrementar el valor del producto.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir los tiempos de ciclo.
5. Simplificar procesos.
6. Incrementar la flexibilidad de la producción.
7. Incrementar transparencia de los procesos.
8. Enfocar el control al proceso completo.
9. Introducir la mejora continua de los procesos.
10. Mejorar continuamente el flujo.
11. Referencias de los procesos con los de organizaciones líderes (*benchmarking*).

Estos principios se aplican a los flujos de procesos y cada uno de sus subprocesos, y así identifican problemas con el flujo de valor.

Lauri Koskela propone la aplicación de Lean a la construcción, el cual se puede ver en los siguientes ámbitos:

1. Estatus Actual para la Implementación:
  - a. Barreras Actuales Temporales para la implementación:
    - i. Los conceptos de la nueva filosofía son usualmente para la fabricación mecánica en industrias, por lo que no es simple generalizarlo para implementarlo en otras industrias.
    - ii. Algunos productos que son únicos, necesitan una interpretación específica de los principios de la nueva filosofía.
    - iii. La competencia del Mercado Internacional
    - iv. Las instituciones académicas no incluyen la nueva filosofía en los programas de estudio o en programas de investigación.

b. Sub Procesos de Construcción de carácter de Manufactura:

Actualmente algunos productos o subproductos son producidos en industrias de manufactura. Estos pueden ser ventanas, puertas, generalmente las terminaciones y elementos pre-fabricados. En este caso, la aplicación de los conceptos y metodologías de la nueva filosofía se puede realizar de manera importante.

c. Construcción Convencional (Calidad):

La gestión de la Calidad genera beneficios para las empresas, pero a la vez produce problemas para la implementación de esta nueva filosofía. Esta gestión solo se enfoca en algunos desperdicios, solamente para cumplir con los requisitos de los clientes. Además, esta gestión no está considerada como principal en la Dirección de Proyectos, dado que generalmente solo es implementada para la imagen de la empresa, o algún prestigio.

d. Iniciativas de las Industrias:

Según Lauri Koskela, la manera tradicional de organizar la construcción obstaculiza la mejora del rendimiento y la innovación. Para poder eliminar estos obstáculos, hay tres iniciativas para cambiar las industrias (en Europa):

- i. Procedimiento Secuencial (Francia): La idea principal es planificar el trabajo como acciones sucesivas autónomas. Al finalizar cada secuencia, se realiza una inspección de Calidad antes de la entrega del producto.
- ii. El Sistema de Construcción Abierto (Holanda): Este sistema es un conjunto de reglas y acuerdos entre la organización de la construcción y del diseño.
- iii. Un nuevo modo de Construcción (Finlandia): Esta iniciativa tiene como objetivo eliminar los problemas actuales de la construcción, combinando el diseño con la adquisición de construcción orientada al producto final.

Estos métodos son desarrollados principalmente para avanzar en la innovación de la construcción, no tuvieron relación con la nueva filosofía impuesta por Lauri Koskela.

2. Implementación de los Mejoramientos de Procesos:

Lauri Koskela propone la siguiente secuencia para mejorar los procesos:



Figura 26 – Secuencia mejoramiento de procesos  
Fuente: Adaptado Lauri Koskela 1992

### 3. Redefiniendo elementos de la Construcción:

- a. Seguridad: La nueva filosofía influye en la seguridad de la obra. Hay ciertos mecanismos:
  - i. Menos material en la obra
  - ii. Obra está ordenada y limpia
  - iii. Los flujos de trabajo son más transparentes, lo que ayuda a evitar la confusión
  - iv. Menos disturbios
  - v. Atención es dirigida a una planificación cuidadosa y en la preparación de actividades.

Mencionar que sobre este elemento no se han realizado estudio para comprobar la influencia de la nueva filosofía en la seguridad de la construcción.

- b. Integración de la Computación a la Construcción: La computación agrega las siguientes soluciones a la construcción, para hacer más viable la integración de la nueva filosofía:
  - i. La transparencia de los procesos puede ser vista por sistemas computacionales y simulaciones.
  - ii. Sistemas informáticos pueden ser usados como evidencia para errores o accidentes.
  - iii. Sistemas informáticos agrega simplicidad a la construcción.
- c. Automatización: A continuación, presentamos las relaciones que debe tener la nueva filosofía con la automatización:
  - i. Automatización debe estar enfocada en las actividades que agregan valor al producto.
  - ii. Las mejoras de los procesos deben presentarse antes que la automatización.
  - iii. El mejoramiento continuo debe estar presente en todos los procesos.

Pekuri, Herrala, Aapaoja y Haapasalo señalan 5 elementos importantes para la aplicación de Lean en la construcción:

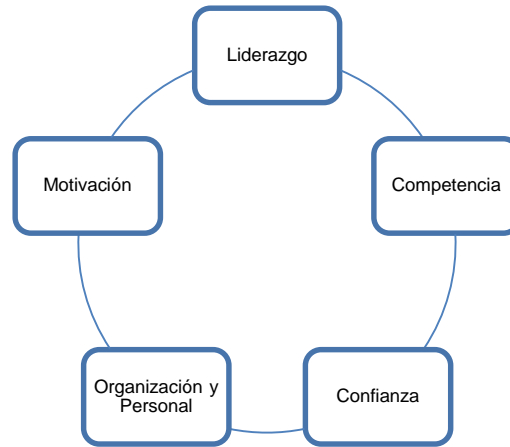


Figura 27 – Cinco elementos para implementación Lean en Construcción  
Fuente: Adaptado de Pekuri A., Herrala M., Aapaoja A., Haapasalo H., 2012

- **Liderazgo:** Gerentes deben estar comprometidos con el aprendizaje y conocimiento de la filosofía Lean, y así ser un ejemplo en la compañía. Además, deben proveer los recursos necesarios para el cambio cultural.
- **Competencia:** La capacitación al personal para apoyar la implementación de Lean es indispensable. También, para generar conocimiento y entendimiento al personal, se puede incorporar al equipo de trabajo un experto en Lean, en que pueda promover esta filosofía en la organización y los proyectos.
- **Organización y Personal:** Es necesario tener un personal que sea capaz de trabajar con nuevos conceptos, y con capacidad de estar en situaciones colaborativas entre el equipo de trabajo. Además, Pekuri, Herrala, Aapaoja y Haapasalo mencionan que para obtener altos beneficios y una alta optimización es necesario tener ayuda de un externo (otros), por lo que se destaca la dependencia de las compañías hacia organizaciones externas.
- **Confianza:** con un acuerdo contractual balanceado entre todos los intereses de los participantes genera confianza y motivación. Además, propone que, para optimizar los proyectos, tiene que haber alguien liderando. Esta persona, debe establecer una forma de trabajo, expectativas y lo conceptual para luego incorporar a la gente que está dispuesta a trabajar según esto.
- **Motivación:** Se consideran algunos incentivos para mantener a la gente motivada, tales como financieros y eficiencia. El personal debe tener la posibilidad para usar sus habilidades y visualizar Lean a través de elementos prácticos.

### 2.2.4.3 Lean Project Management

Según el libro “Lean Project Management Explained”, (Akdeniz C., 2015), se consideran algunos de los principios más importantes de Lean:

- Todo el sistema de Lean se centra en las necesidades y requisitos del cliente, si no agrega valor al producto se considera desperdicio (*muda*).
- Una actividad que no agrega valor al producto se debe eliminar, si es posible. Se optimizan los procesos de producción para tener bien distribuidos los recursos y tareas del sistema.
- El mejoramiento continuo. Todos los participantes pueden sugerir mejoras a los procesos de la compañía.
- Los Recursos Humanos. Las personas son capaces de identificar mejoras a el flujo de procesos de producción, por lo que es necesario crear un ambiente en que ellos puedan expresar sus ideas, y así, mejorando su productividad y conocimiento.
- Una mentalidad de Lean es tener la capacidad de poder visualizar todo lo que ocurre en los procesos. Interactuar con los trabajadores y crear mapas de los estados de los procesos, para poder encontrar mejoras al flujo.

En la literatura técnica tenemos el siguiente triángulo del cual nos muestra tres indicadores de desempeño de los proyectos, Costo, Calidad y Tiempo (Figura 28). De esta forma, se piensa que hay un compromiso entre estos factores en que no se puede lograr mejorar cada uno de ellos simultáneamente.

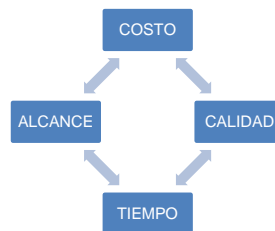


Figura 28 – Tradicional: Indicadores de desempeño de proyectos  
Fuente: Creación Propia

Según el curso “Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos” (Alarcón L., Arroyo P. (Coursera)), Lean Project Management (LPM) termina con esta relación de los factores mostrados en la Figura 28, ya que se enfoca en mejorar cada uno de estos simultáneamente mediante un esfuerzo integral con una filosofía, tecnologías y cultura.



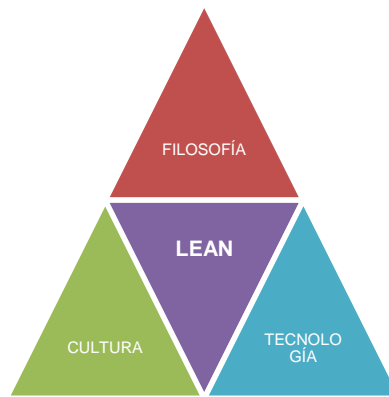


Figura 29 – Lean: Esfuerzos de la filosofía  
Fuente: Integrando Lean & VDC/BIM

La aplicación de Lean a Project Management se enfoca principalmente a crear una cultura para todos los involucrados en el proyecto. Para formar esta cultura es necesario que entiendan los principios de Lean, y conozcan el sistema de trabajo mediante este concepto. A continuación, se presenta la aplicación de los principios mencionados anteriormente al Project Management, según (Akdeniz C., 2015):

- Desarrollo Humano: Lean se caracteriza por ser un proceso de aprendizaje continuo, incluyendo a los trabajadores en la solución de problemas y realizando tareas transversales. Además, todos los proyectos difieren entre sí, creando un aprendizaje y un desarrollo humano hacia el personal.
- Mejoramiento Continuo: Para lograr mejoramiento continuo, se permite la creatividad de todos los actores del proyecto para sugerir ideas. Estas ideas pueden influir en cualquier etapa del proyecto.
- Eliminación de desperdicios (Muda): La clave para minimizar los desperdicios (Muda) está en obtener el marco de la dirección de proyectos más aplicable a las necesidades del proyecto. Los desperdicios (Muda) ocurren en los procesos, no en el contenido del proyecto, aunque es esencial la eliminación en los dos aspectos.
- Primer Pensamiento del Cliente: El cliente normalmente hace entrega de demandas sobre el proyecto. No se debe aceptar estas demandas o tratar de negociar, sino juntarse con el cliente y cumplir con lo solicitado. Los proyectos son un éxito si el cliente está satisfecho con lo entregado.
- Planificación del estado del proyecto: Al ser el Director de Proyecto, es necesario tener la imagen global del proyecto como la imagen específica de cada detalle. Se necesita estar preparado para los cambios al proyecto, enfocándose en el desarrollo humano del personal y de su capacidad para organizarse.

# CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo todos los objetivos de esta memoria, en un principio se realiza una revisión bibliográfica sobre el enfoque Lean y las diversas aplicaciones que ha tenido desde su origen, al igual que en la Dirección de Proyectos. Se va a conocer el estado del Enfoque Lean en Chile, mediante estudios realizados por empresas, entrevistas u organizaciones relacionadas con el tema.

Por último, con toda la información recopilada y junto al análisis hecho, se formulan recomendaciones para externos, utilizando las Áreas de Conocimiento del PMBOK® Guide con una aplicación de Lean.

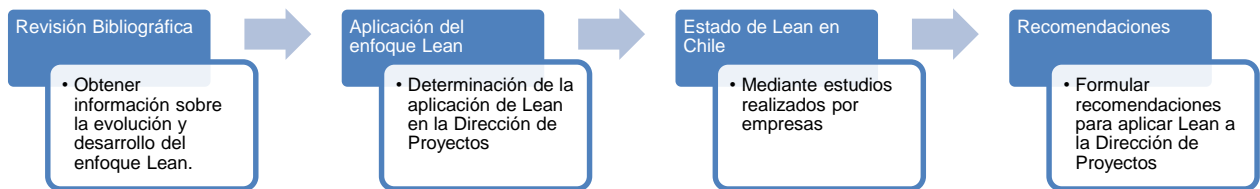


Figura 30 – Metodología  
Fuente: Elaboración propia.

## 3.1 Objetivo 1

La metodología a seguir para cumplir con el objetivo de conocer y entender el Enfoque Lean, es mediante una Revisión Bibliográfica. Ésta detalla toda la recopilación que se realizó en esta memoria, sobre algunos conceptos Lean. Se recopilaron un total de 34 bibliografías. Se consideraron los siguientes conceptos a estudiar:

- Lean Thinking
- Lean Manufacturing/Production
- Lean Construction
- Lean Project Management
- Enfoque Lean
- Dirección de Proyectos
- Introducción

Se puede visualizar en la Figura 31.

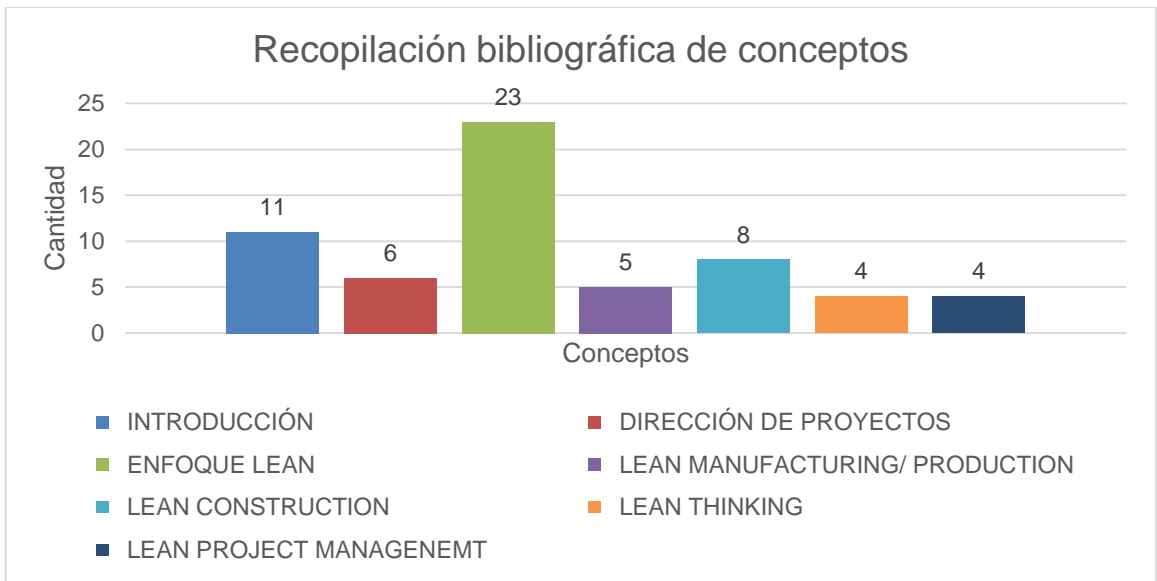


Figura 31 – Recopilación Bibliográfica de Conceptos  
Fuente: Elaboración Propia

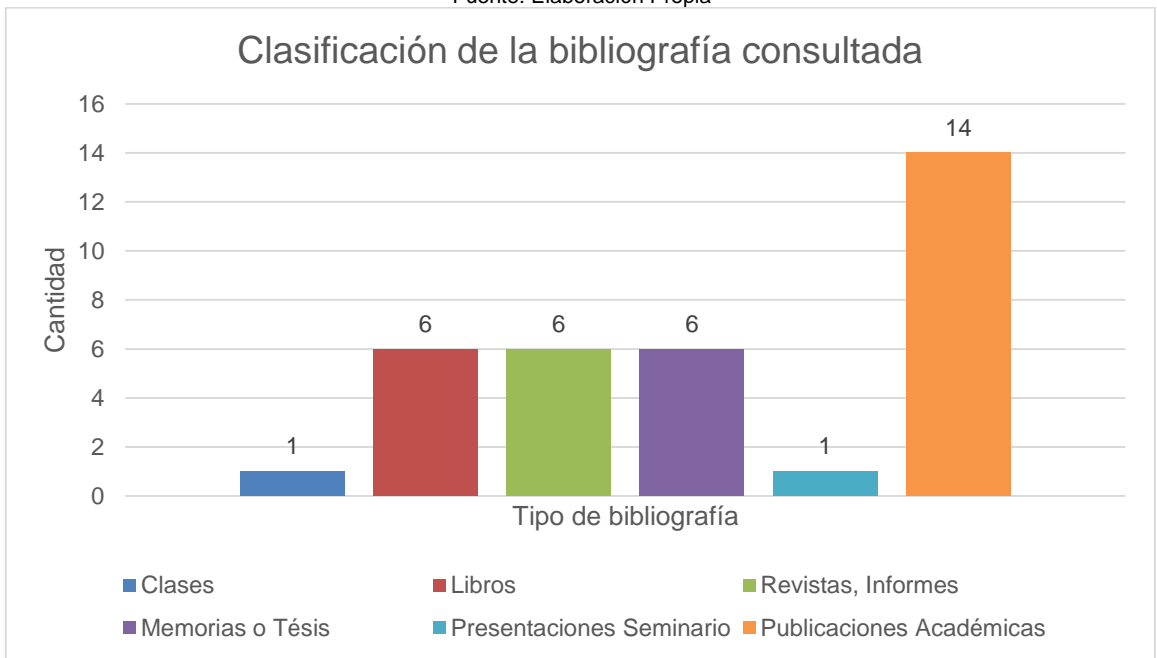


Figura 32 – Clasificación de la Bibliografía Consultada  
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 32, se clasifican las bibliografías según el tipo de documento. Estas son:

- Libros
- Revistas o Informes
- Memorias o Tesis
- Presentaciones Seminarios
- Publicaciones Académicas

## 3.2 Objetivo 2

Para obtener la aplicación de Lean a las prácticas y metodologías de la Dirección de Proyectos, se va a utilizar la siguiente metodología:

- Reunirse con constructoras para entender como son los procedimientos y procesos que realizan en la etapa de licitación y de ejecución de la obra.
- Realizar un análisis sobre los procesos de la constructora en un proyecto en específico e identificar lo que no agregan valor.
- Definir los procesos que no agregan valor a la constructora.

## 3.3 Objetivo 3

Para cumplir este objetivo, se sigue la metodología de búsqueda de estudios previos realizados por empresas que hayan realizado proyectos relacionados con Lean, evaluaciones de estos mismos posterior al término del proyecto o entrevistas a personal de empresas que han utilizado Lean y las que no.

Se van a pedir estudios a empresas que trabajen con prácticas Lean u ofrecen consultorías para la implementación de conceptos y herramientas. También se tomarán en cuenta Trabajos de título que han realizado encuestas, entrevistas o estudios sobre el estado de Lean en Chile.

Los temas a obtener son los siguientes:



Figura 33 – Estructura de la entrevista a profesionales de la construcción.  
Fuente: Elaboración propia.

Además, se va a realizar una entrevista a profesionales de la industria de la construcción para obtener más información sobre los temas presentados en la figura 33.

### 3.4 Objetivo 4

La metodología que se va a utilizar para formular recomendaciones de la aplicación de Lean en la Dirección de Proyectos va a ser la siguiente:

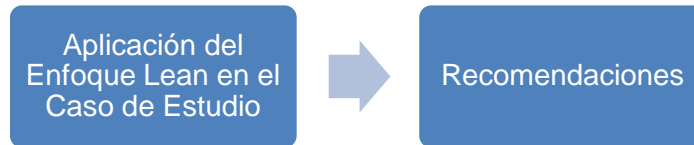


Figura 34 - Metodología para formular recomendaciones  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Objetivos</b>	<b>Metodología</b>	<b>Herramienta</b>
Conocer y entender Enfoque Lean y su evolución en la industria de la construcción	Estudio Bibliográfico	Libros, Trabajos de Título, Revistas, Papers, etc...
Analizar y determinar la aplicación del Enfoque Lean a las prácticas y metodologías de la Dirección de proyectos	Usar el Caso de Estudio, entendiendo sus procesos y aplicar conceptos Lean.	Documentos recopilados de la empresa y entrevista a profesionales de la obra.
Identificar y evaluar experiencias reales de la aplicación del enfoque Lean en la Dirección de Proyectos	Buscar estudios y realizar encuesta a profesionales de la construcción	Encuestas a personal de empresas y a expertos Lean
Formular recomendaciones para aplicar el Enfoque Lean en la Dirección de Proyectos	Lectura y análisis de la aplicación Lean	Conocimiento de los conceptos Lean

Tabla 3 – Cuadro Resumen de Metodología y Herramientas  
Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO 4 – APLICACIÓN DE ENFOQUE LEAN A LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

## 4.1 Introducción

En este capítulo, se va a identificar actividades que no agregan valor a los procesos que realiza la empresa en un caso de estudio para luego, más adelante entregar recomendaciones. Se realizaron entrevistas a los siguientes empleados de la empresa:

- Gerente Técnico
- Encargado Oficina Central:
  - Gestión de la Calidad
  - Gestión de las Adquisiciones
  - Prevención de Riesgos y Medio Ambiente
- Jefe Oficina Técnica
- Profesionales de la empresa

## 4.2 Análisis del Caso de Estudio

El caso de estudio corresponde al Proyecto “Construcción Paseo y Protección Borde Costero Sector Corazones” (Corazones) realizado por Constructora FV el año 2017.

### 4.2.1 Descripción del Proyecto

El proyecto Corazones se localiza en Playa Corazones, ubicada hacia el Sur de la ciudad de Arica, en la Región de Arica y Parinacota (XV) aproximadamente a 9,7 km del centro de la ciudad visualizado en la figura 33.

El proyecto fue realizado por Constructora FV, empresa contratista que desde el año 1980 se ha dedicado a obras viales, movimientos de tierra, pavimentación, puentes, viaductos y obras urbanas, aportando también servicios en construcción de obras hidráulicas, civiles e hidráulicas.

El caso de estudio consiste en la construcción de muros de borde costero con su enrocado de protección, y en los sectores de playa la construcción de gradas, escaleras y rampas. Se proyecta un paseo peatonal, miradores, un polo gastronómico, ciclo vía, luminarias, mobiliario urbano y una zona de estacionamientos. La zona de intervención del proyecto comprende una superficie total de 12.423 m<sup>2</sup> y de recorrido son 1.126 metros lineales. El proyecto fue un proyecto público licitado por el MOP, y además se licitó una asesoría para ser el representante del MOP en el día a día en la obra.



Figura 35 – Mapa de Proyecto Corazones  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2 Fotos



Foto 1 – Camino costero  
Fuente: Constructora FV



Foto 2 – Mirador  
Fuente: Constructora FV



Foto 3 – Acceso a Playa Corazones  
Fuente: Constructora FV





Foto 4 – Miradores Playa Corazones  
Fuente: Constructora FV



Foto 5 – Movimiento de Tierra y enrocado  
Fuente: Constructora FV



Foto 6 – Sector de estacionamientos y locales comerciales  
Fuente: Constructora FV

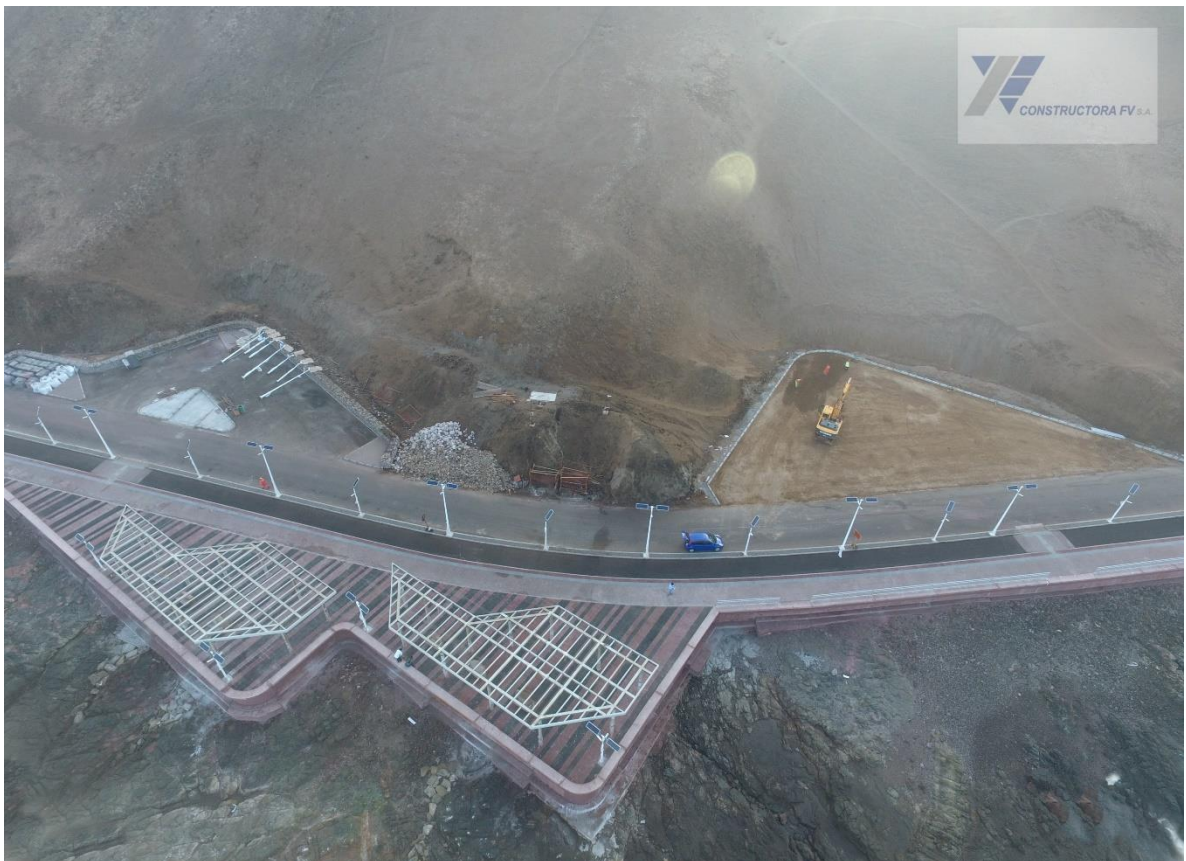


Foto 6 – Sector Miradores  
Fuente: Constructora FV

### 4.2.3 Estructura Organizacional

A continuación, se presenta la estructura organizacional de Constructora FV.

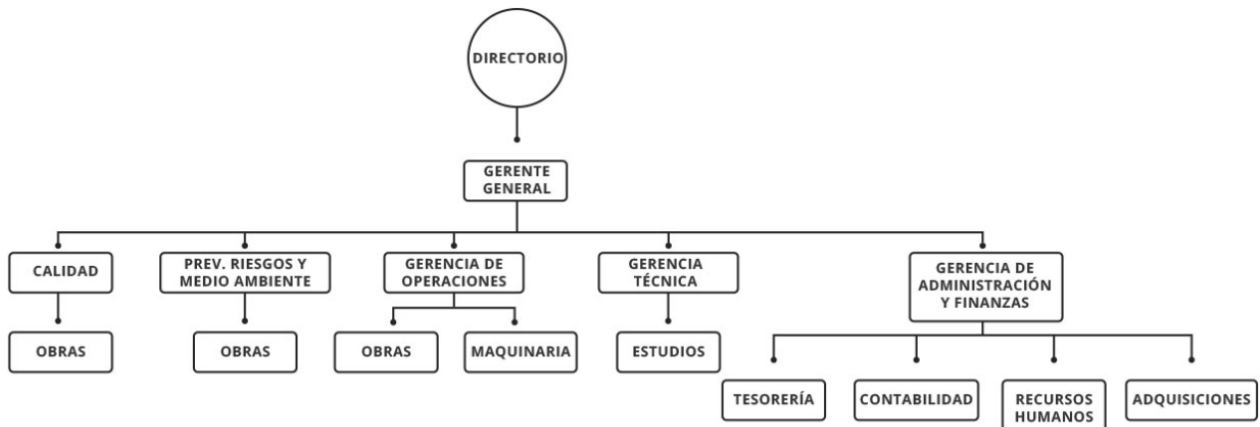


Figura 36 – Estructura Organizacional  
Fuente: <http://cfv.cl/index.php/organigrama/>

### 4.2.4 Descripción de las Áreas de Conocimiento

Los procesos que se van a considerar para el análisis del caso de estudio van a ser los siguientes:



Figura 37 – Procesos a considerar para análisis  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4.1 Gestión del Alcance:

Para la gestión del alcance, se realizan los siguientes procesos:



Figura 38 – Procesos de la Gestión del Alcance  
Fuente: Elaboración propia

– Llegada de información:

Al adjudicarse el proyecto del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la constructora recibió los planos, especificaciones técnicas, bases del contrato, manuales, resoluciones y otros documentos necesarios para iniciar el proyecto.

– Análisis previo al inicio de partida:

Previo al inicio de cualquier partida del proyecto se realiza un análisis de los siguientes elementos:

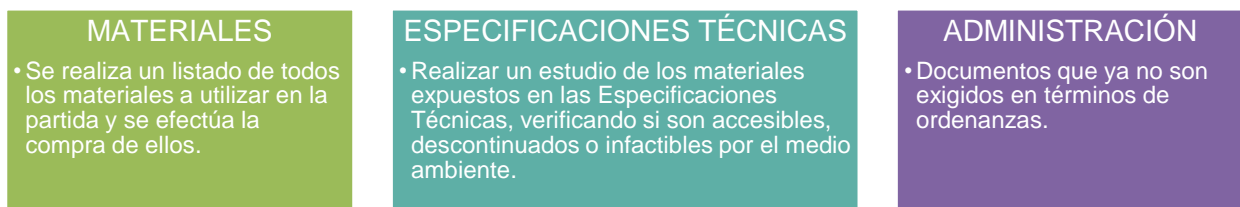


Figura 39 – Elementos en análisis previo a la partida  
Fuente: Elaboración propia

– Ejecución de la actividad:

En este proceso se realizan las actividades de la partida, analizando otras posibilidades que influyan en el alcance del proyecto.

– Análisis al finalizar la actividad:

En el momento en que la partida o actividad finaliza, se realiza un nuevo análisis para verificar que no se presenten situaciones inesperadas que podrían alterar el alcance original. En el caso que no presente estas situaciones, se procede a seguir con la planificación original del proyecto. Si la partida presenta situaciones inesperadas que alteran el alcance del proyecto, comienzan los procesos de una modificación del proyecto.

– Revisión:

Se realiza una revisión en conjunto con la asesoría y la inspección fiscal para buscar alternativas a las situaciones inesperadas que alteren el alcance original del proyecto. Estas alternativas deben presentar los mismos estándares propuestos al principio del proyecto y que puedan solucionar las nuevas situaciones presentadas.

– Modificaciones:

A continuación de la revisión por parte de la Inspección Fiscal y la asesoría, se emite una orden fiscal para presentar esta modificación al mandante. La modificación puede ser una obra extraordinaria o un ajuste de cantidades contratadas.

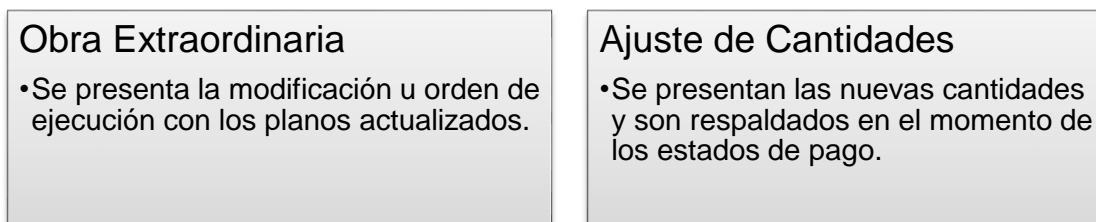


Figura 40 – Elementos en análisis previo a la partida  
Fuente: Elaboración propia

Además, se realiza un informe diario midiendo el avance en las partidas más importantes, las cantidades programadas, porcentajes de avance y rendimientos. Se realizan gráficos de control de cantidades para los materiales más significativos en el proyecto, obteniendo los rendimientos diarios para controlar el programa de trabajo.

**FECHA CONTROL**      **lunes, 24 de abril de 2017**

Item	Un	Cantidad Total	Producción del Día	Acumulado a la Fecha	Programado a la Fecha	% Avance Real	% Programado	% Cumplimiento Programa	Rendimiento Real	Fecha Proyectada de Término	Rendimiento Programado	Fecha Programada de Término
Hormigón	m3	3.190	32,0	1.882	1.635,9	59,0%	51,3%	115,0%	26,1	13-jun-17	28,4	30-jun-17
Hormigón Muro Verteola	m3	640	3,0	197	184,9	30,8%	28,9%	106,6%	5,8	02-sept-18	5,4	31-jul-17
Relleno	m3	15.690	216,0	2.912	2.293,2	18,6%	14,6%	127,0%	83,2	18-ene-19	123,9	31-ago-17
Soleras	m1	3.650	0,0	0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0	00-ene-00	48,7	30-ago-17
Pavimento Hgon/ Baldosas	m2	6.489	0,0	0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0	00-ene-00	73,5	15-sept-17
Enrocados	m3	7.800	0,0	4.027	3.524,8	51,6%	45,2%	114,2%	83,9	09-jul-18	77,4	30-jun-17

Figura 41 – Elementos en análisis previo a la partida  
Fuente: Constructora FV

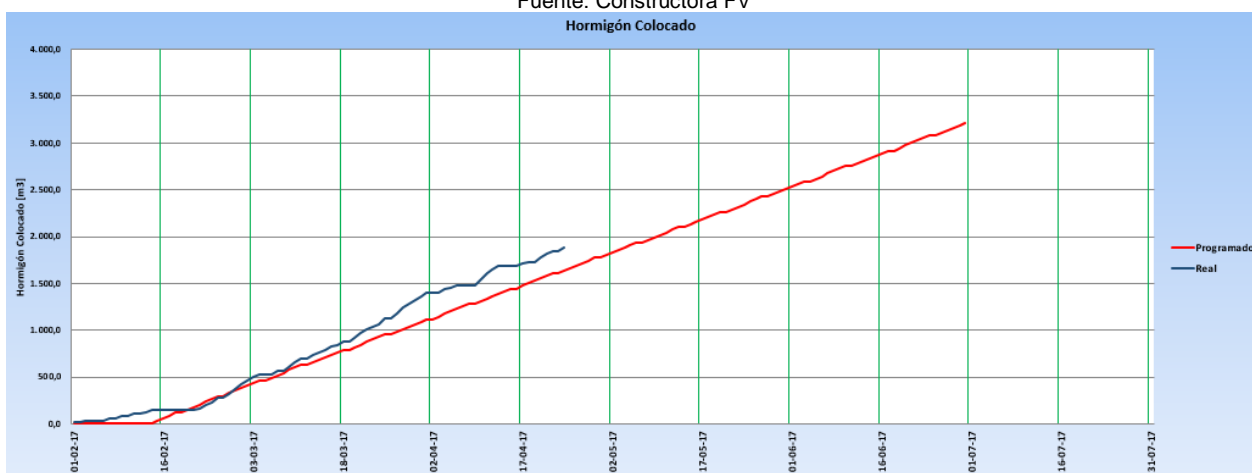


Figura 42 – Elementos en análisis previo a la partida  
Fuente: Constructora FV

#### 4.2.4.2 Gestión del Tiempo:

Para gestionar el tiempo, se realizaron los siguientes procesos:

- Estimación del tiempo en licitación:

Con toda la información entregada por el mandante para el proceso de licitación, se determina una metodología de trabajo según la experiencia de la constructora. Con esta metodología, se estima el tiempo del proyecto, considerando el desempeño de la mano de obra y los rendimientos promedio de la maquinaria y mano de obra a utilizar. Para esta estimación, no se considera como definitiva, dado que se realiza a partir de valores promedio obtenidos de anteriores proyectos de la constructora.

– Re estudio de la propuesta:

Una vez adjudicado el proyecto, se asigna un Ingeniero Residente para el trabajo de obra. Este Ingeniero realiza nuevamente un estudio del tiempo, visitando el lugar del proyecto para conocer las condiciones y limitaciones. Conociendo los rendimientos de su equipo de trabajo, realiza una nueva estimación del tiempo y una nueva metodología, similar a la hecha en la licitación, incluyendo nuevos factores que se visualizan en la faena.

– Carta Gantt y Planificación:

Con la nueva estimación y la metodología realizada por el ingeniero residente, se formula una Carta Gantt, de experiencia propia, con todas las actividades y partidas del presupuesto oficial.

La forma de planificar esta obra fue a través de reuniones realizadas un día de la semana, durante la ejecución del proyecto, para definir cuáles eran las prioridades de la obra según la Carta Gantt.

– Presentar Gantt a la Asesoría y Aprobación:

Mediante una carta formal se hace entrega de la Carta Gantt realizada en obra por el Ingeniero Residente a la asesoría y se espera la aprobación por su parte. Al ser aprobada, se considera un método de control por parte de la Inspección Técnica.

El método que utilizó la constructora para controlar el tiempo en la obra fue mediante cubicaciones para cada elemento del presupuesto para el estado de pago correspondiente, calculando el porcentaje terminado según lo ofertado y efectivamente realizado. No se realizó un seguimiento del programa para controlar los avances. Además, se realizaban Curvas de Avance Físico-Financiero con el porcentaje de avance el día 30 de cada mes. Este incluye un:

- Avance de Obra Proyectado Acumulado
- Avance de Obra Real Acumulado



- Porcentaje de Estados de Pago Acumulado

Figura 43 – Procesos del Tiempo  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4.3 Gestión de los Costos:

En la licitación, a continuación de desarrollar la metodología, comienzan a definir las partidas que va presentar el proyecto, desde su inicio hasta el cierre. En estas partidas, mediante el software TCT, se cotizan los costos más significativos del proyecto y los restantes con valores, rendimientos y desempeños promedios. Con el costo de cada actividad se obtuvo el costo final para presentar en la licitación.

Una vez adjudicado el proyecto, el Ingeniero Residente asignado visita el lugar y realiza un estudio de los costos de diversos aspectos presentes en Arica, tales como el costo de materiales, gastos generales, maquinaria, combustibles, servicios externos, etc. Luego, se actualiza el plan de costos software de presupuesto TCT para obtener una mayor exactitud.

El Ingeniero Residente, realizaba una vez al mes un análisis de los precios para actualizar el presupuesto, contando la inflación, descuentos, nuevos costos, entre otros, creando el documento "Maestro de Costos" (Figura 44). Esto con el objetivo de llevar un control interno lo más exacto posible, además de planificar los costos en el tiempo restante del contrato y ayudar a la toma de decisiones. Además, incluyen las modificaciones realizadas en el contrato.

GTOS. GENERALES SEGÚN CONTABILIDAD	PRESUPUESTO INICIAL	Corrección MOD N°1	Corrección MOD N°2	PRESUPUESTO ACTUALIZADO	Noviembre 2016	Diciembre 2016	Enero 2017	Febrero 2017
GG Organización								
Sueldos Pers. Direc. y Admin.	295,273,440	-11,329,511	-3,285,143	280,658,786	17,821,525	18,505,025	26,322,898	26,546,585
Personal Auxiliar	117,300,000	-18,967,754	1,290,426	99,622,673	0	1,650,018	4,657,401	9,429,755
Personal Topografía	137,760,000	-11,518,130	10,336,567	136,578,437	7,939,505	5,292,177	9,614,220	11,184,191
Insumos Topografía	15,600,000	257,440	209,764	16,067,204	765,786	681,200	1,495,352	1,171,550
Personal Laboratorio	0	0	0	0	0	0	0	0
Insumos de Laboratorio	85,100,000	-17,491,171	-2,085,085	65,523,745	0	0	0	6,771,252
Gastos casa Residente o Ing. (Arriendos/Consu	31,200,000	2,145,709	522,714	33,868,423	0	2,588,709	3,783,787	2,393,933
Gastos Oficina	21,172,800	-307,372	-904,251	19,961,177	49,494,7	2,767,905	885,803	1,819,626
Gastos Comunicación	19,964,000	-475,613	-187,467	19,300,920	0	105,809	2,328,793	668,157
Gastos Representación	7,800,000	-1,834,161	-550,600	5,415,239	0	0	0	109,960
Movilización	81,600,000	-14,576,412	17,153,258	84,176,846	1,634,912	2,141,796	3,786,831	7,348,935
Combustible Movilización	25,200,000	-7,676,682	5,039,314	22,562,632	73,831	374,000	1,065,278	995,339
Varios Movilización	4,800,000	-187,678	350,938	4,963,260	121,100	575,166	249,677	232,933
Personal Señalización	0	0	0	0	0	0	0	0
Insumos Señalización	6,000,000	974,579	-487,059	6,487,520	10,505	0	1,520,228	1,049,727
Herramientas	6,000,000	34,572	51,818	6,086,390	0	36,370	644,430	836,222
Equipo de Seguridad	11,448,000	5,764,470	-347,847	16,864,623	0	2,078,500	1,216,547	2,405,240
Suministro Fiscal	0	0	0	0	0	0	0	0
Aesorias Externas	18,000,000	-659,085	897,076	18,237,991	0	2,407,351	408,196	9,879,487
Sub-Total	884,218,240	-75,846,798	28,004,424	836,375,865	28,416,658	39,204,026	57,979,441	82,842,892

Figura 44 – Maestro de Costos

Elaboración: Constructora FV

Este documento entregaba la cantidad de presupuesto restante para desarrollar la obra, pudiendo organizarse en términos de maquinarias, si necesitan disminuir la utilidad del proyecto, etc.

El control de costos se realizaba mediante los estados de pago, donde se cubicaban las actividades realizadas y con eso se incluían al presupuesto y controlar el costo a la fecha y lo que resta del presupuesto.



#### 4.2.4.4 Gestión de la Calidad:

En las bases del proyecto no se exigía un Plan de Aseguramiento de la Calidad, por lo que simplemente se utilizó un Manual de Procedimientos de Autocontrol (MPA). Este manual indica los procedimientos a seguir en las partidas más importantes del proyecto divididas en 3 niveles de aplicación, incluyendo:

- Organización de la obra: El organigrama de la obra, con las responsabilidades y perfiles del personal encargado de la obra. Se deja en claro que es responsabilidad del encargado de calidad del proyecto tener el organigrama actualizado.
- Control de procesos: El control se aborda dependiendo del nivel de cada partida, donde los primeros dos niveles se denominan protocolos y el tercero se ejecutan según una especificación o norma existente.
- Almacenamientos y Acopios: Para conservar las condiciones originales de calidad de los materiales acopiados y almacenados en la obra, se aplican controles según las características de cada material. Además, se incluyen los seguimientos periódicos que se deben aplicar a estos controles.
- Plan de inspección y ensayo: Se realiza un Programa de Plan de Inspección y Ensayo (PIE), el cual se hace responsable de cada actividad antes de comenzarla describiendo:
  - Tipo de inspección
  - Responsable de inspección
  - Frecuencia de inspecciones
  - Normativa aplicable
  - Criterios de aceptación
  - Puntos de Control (PC) y Puntos de Detención (PD)
  - Registros adecuados, que dejan constancia del resultado de la inspección
- Control de equipos de medida y ensayo: Los equipos utilizados deben cumplir con el plan de calibración y/o verificación. Para cada equipo hay una “Ficha de Verificación y Calibración de Equipos de Medida y Ensayo”, que indica:
  - Número de serie del equipo
  - Fecha de la última verificación y/o calibración
  - Resultado
- Procedimientos específicos: Se definen las actividades que tienen un procedimiento específico.

#### 4.2.4.5 Gestión de las Comunicaciones:

En el Caso de Estudio, la empresa contratista gestionaba la comunicación mediante reuniones, y encuentros en obra con los participantes del proyecto. La empresa coordinaba una reunión todos los miércoles con todo el equipo para discutir y resolver problemas y coordinar eventos de diversos temas (Medio Ambiente, Riesgos, Métodos Constructivos, Planificación, etc...). Luego, se organizaba una reunión con la Inspección Fiscal para presentar las soluciones y/o modificaciones definidas en la reunión del equipo del día anterior, definiciones del proyecto, noticias, sugerencias etc.

Dentro del equipo, al no tener señal en la faena, desarrollaban la comunicación mediante e-mail y grupos de la aplicación “WhatsApp” donde lo más importante se almacenaba en carpetas con la información impresa. Exclusivamente, en oficina técnica utilizaban la plataforma Dropbox para manejar toda la información.



Figura 45 – Procesos de Comunicación  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4.6 Gestión de los Riesgos:

Para la gestión de los riesgos del proyecto se realizaron los siguientes procesos:

- Estudio de Riesgos del Proyecto:

Previo al inicio de la obra se realizó una Identificación de Peligros por parte de la primera línea de la estructura organizacional y el Sistema de Gestión Integrado de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) con sus respectivos procesos o partidas. Se consideró además la participación de trabajadores con experiencia en obra para obtener una mejor evaluación de los riesgos presentes.

Este estudio se realizó a partir de juicio profesional y las experiencias del personal involucrado en el estudio, incorporando cualquier situación externa que puedan afectar la seguridad de los trabajadores. Luego, los jefes de área con el SST realizaron la evaluación con respecto a la Probabilidad por la Consecuencia, basándose en el historial de la empresa.

La evaluación de Riesgos se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Magnitud del Riesgo} = \text{Probabilidad de Ocurrencia} \times \text{Consecuencia}$$

Con los siguientes criterios:

Criterio	Descripción de la ocurrencia	Valor
Probabilidad	El incidente ha ocurrido más de cuatro veces en los últimos 12 meses, y/o ha ocurrido más de 10 veces en los últimos tres años	Alta/Continua 8
	El incidente ha ocurrido de dos a cuatro veces en los últimos 12 meses	Media/Frecuente 4
	El incidente ha ocurrido en una ocasión en los últimos 12 meses	Baja/Ocasional 2
	El incidente ha ocurrido una ocasión en los últimos 18 meses	Insignificante/Esporádica 1

Tabla 4 – Criterios de Probabilidad  
Fuente: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - FV

Criterio	Descripción de los daños	Valor
Consecuencias	Considerar que ha resultado o podría resultar una o más de las siguientes secuelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muerte de una o más personas</li> <li>• Incapacidad permanente con pérdida de capacidad de ganancia por incidente de trabajo o enfermedad profesional <math>\geq 40\%</math></li> <li>• Daño a la salud con pérdida superior a 30 días por incidente o enfermedad profesional</li> </ul>	Alta 8
	Considerar que ha resultado o podría resultar una o más de las siguientes secuelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesiones con incapacidad permanente por incidente o enfermedad profesional de una o más personas con pérdida de capacidad de ganancia <math>&gt; 5\%</math> y menor a un <math>40\%</math></li> <li>• Daño a la salud con pérdida <math>&gt; a 7</math> días y <math>&lt; a 30</math> días por incidente o enfermedad profesional.</li> </ul>	Media 4
	Considerar que ha resultado o podría resultar una o más de las siguientes secuelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesiones no incapacitantes</li> <li>• Daño a la salud con pérdida <math>&lt; a 7</math> días por incidente o enfermedad profesional</li> </ul>	Baja 2
	Considerar que ha resultado o podría resultar una o más de las siguientes secuelas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuasi Incidentes</li> <li>• Enfermedades Profesionales leves, sin tiempo perdido</li> </ul>	Insignificante 1

Tabla 5 – Criterios de Consecuencias  
Fuente: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - FV

Clasificación	Magnitud de Riesgo	Si la consecuencia es
NO ACEPTABLE	32-64	8
ACEPTABLE	1-16	-

Tabla 6 – Clasificación de Riesgos  
Fuente: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - FV

Magnitud del Riesgo		Consecuencia			
		1	2	4	8
Probabilidad	1	1	2	4	8
	2	2	4	8	16
	4	4	8	16	32

Tabla 7 – Magnitud de Riesgos  
Fuente: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS - FV

Obteniendo la magnitud del riesgo, se procede a definir las medidas de control necesarios, evaluando nuevamente si el riesgo es aceptable o no por la empresa.

– Plan de Prevención de Riesgos:

El Plan de Prevención de riesgos (PPR) tiene como objetivo establecer los lineamientos generales de la gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo que deben implementar en obra. Describe las actividades a desarrollar en materias relacionadas con la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores, las cuales son:

Actividades	Elaboración de un Programa de Prevención de Riesgos, donde se establecen las actividades en materia de seguridad
	Establecer responsabilidades del cumplimiento de estas actividades y sus respectivos plazos para su ejecución
	Identificar al experto a cargo de implementar el PPR y mecanismos de coordinación entre participantes
	De acuerdo a la planificación, se confecciona un procedimiento de seguridad vial
	Si se presentan subcontratos, se indicarán todas las obligaciones que deben cumplir con sus propios trabajadores
	Se tendrá registro completo de subcontratistas
	Se debe entregar procedimientos de seguridad en todas las tareas consideradas críticas
Los controles y chequeos se harán en formatos previamente establecidos y serán evaluados mensualmente por la constructora	

Figura 46 – Actividades PPR  
Fuente: Plan de Prevención de Riesgos – FV

Además, se realizan los siguientes planes adjuntos al PPR:

- Planes impuestos por la constructora frente a situaciones de riesgo
- Planes de emergencia para accidentes de trabajo, preparación y respuesta a una emergencia y el actuar frente a una emergencia.

La constructora realizaba informes mensuales hacia la inspección técnica de obra sobre accidentes que se presentaban en obra. Además, específicamente en el caso de estudio se fumigaba todos los meses para prevenir la enfermedad de Chagas presente en la faena.

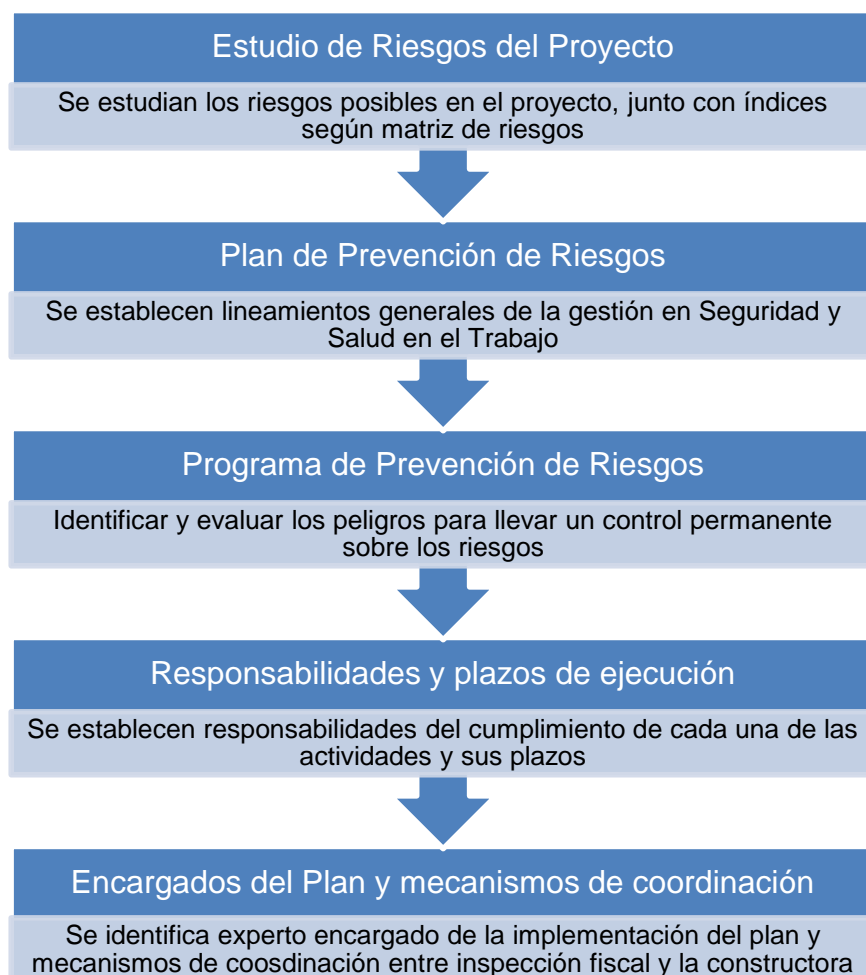


Figura 47 – Gestión de Riesgos  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4.7 Gestión de las Adquisiciones:

En el caso de Estudio “Corazones”, las adquisiciones del proyecto no eran de gran envergadura, sino materiales básicos para realizar la construcción. No incluían elementos tales como ascensores, maquinaria compleja o cualquier otro tipo de material de difícil acceso. Para esto, se realizaron varias cotizaciones para todos los materiales necesarios y se compararon mediante planillas Excel para obtener el más conveniente para el proyecto.

Luego, se realizaba la elección del más conveniente y se emitía una orden de compra al proveedor. Se consideraba un especial cuidado en la comunicación con los proveedores para el correcto entendimiento de lo que se necesitaba, ya que varias compras se realizaban en Santiago.

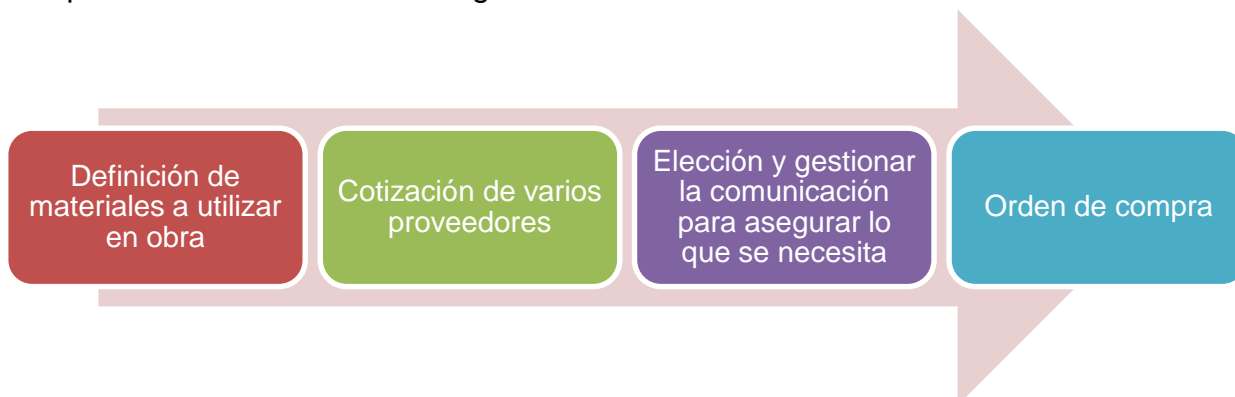


Figura 48 – Procesos de Gestión de Adquisiciones  
Fuente: Elaboración Propia

– Definición de materiales a utilizar:

La definición de los materiales que van a estar en obra se obtuvo en las Especificaciones Técnicas Especiales enviadas a la constructora al momento de la licitación. Para el caso de un cambio de material se seguía el siguiente proceso:

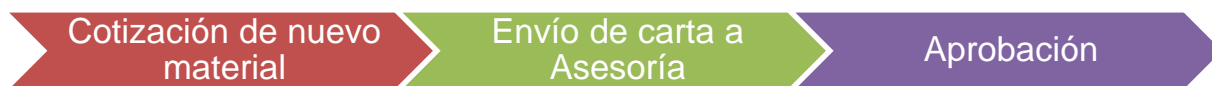


Figura 49 – Procesos de definición de materiales  
Fuente: Elaboración Propia

El nuevo material, debía presentar un mejor o igual estándar que el original para poder efectuar el cambio.

– Cotización de varios proveedores:

Las cotizaciones de las adquisiciones del proyecto se realizaron a empresas cercanas a la obra y además a empresas en Santiago incluyendo el costo del transporte hacia Arica. Se creó una planilla Excel con todos los proveedores asociados al material y se evaluaron los proveedores en relación a la capacidad de cada proveedor y el precio que ofrecía.

– Elección y gestionar la comunicación:

La elección del material a utilizar se rigió con el criterio del menor costo y su accesibilidad al lugar de la obra. Gran cantidad de los materiales o instalaciones tuvieron que ser traídos desde Santiago por los específicos que eran y sus precios.

La comunicación entre los proveedores y la constructora era el proceso de mayor importancia en la gestión de las adquisiciones. Era de suma importancia que el material necesitado sea exactamente lo que está cotizando el proveedor, dada la distancia que debía recorrer, el tiempo y el costo. Para esto se realizó cotizaciones vía mail y además conversación telefónica entre las dos partes.

– Orden de Compra:

Al tener claro cuál va a ser el producto que necesitan y realizan la cotización correcta para el material o instalación del proveedor, se procede a realizar una orden de compra firmada por el Ingeniero Residente con la aprobación de la Asesoría con los certificados de calidad pertinentes.

Además, todos los años la empresa realizaba una calificación de los proveedores que se utilizaron en cada proyecto con los criterios de capacidad técnica, cumplimientos de plazo entrega, cumplimiento de especificaciones y finalmente, precio y forma de pago. Los proveedores se califican de la siguiente manera:

- Mantener como proveedor homologado
- Incorporar como proveedor homologado
- Mantener como proveedor en observación
- Eliminar del listado de proveedores

Con estos criterios y calificaciones se lleva un registro que se entrega a cada proyecto de todos los proveedores para los materiales que se puedan usar en el proyecto, junto con una valoración según la calificación presentada en la figura 50.

	<b>FICHA DE CALIFICACION PROVEEDORES</b>	Código: 13A/04
<b>1) IDENTIFICACION</b>		
Nombre de Fantasía : Rut: Dirección: Teléfono : Fax : Correo Electrónico: Sitio Web: Persona Contacto: Productos o servicios que suministra:		
<b>2) CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>  <b>Tipo de evaluación:</b> <input type="checkbox"/> Evaluación <input type="checkbox"/> Reevaluación	<b>Fecha de Evaluacion</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Puntaje</b>	
> Capacidad técnica (escala 1 a 3)		
> Cumplimiento de los plazos entrega (escala 1 a 3)		
> Cumplimiento de especificaciones (escala 1 a 3)		
> Precio y forma de pago (escala 1 a 3)		
<b>Puntuación Total</b>		
<b>3) CALIFICACION</b>		
<input type="checkbox"/> Mantener como proveedor homologado. <input type="checkbox"/> Incorporar como proveedor homologado <input type="checkbox"/> Mantener como proveedor en observación. <input type="checkbox"/> Eliminar del listado de proveedores homologados.	Observaciones:	
Evaluador:	Firma:	
Cargo:	Fecha:	
<input type="checkbox"/> Bodega Central	<input type="checkbox"/> Oficina Central	<input type="checkbox"/> Obra : _____

Figura 50 – Ficha de Calificación de Proveedores  
Fuente: Constructora FV



## 4.3 Aplicación según Áreas de Conocimiento

### 4.3.1 Gestión del Tiempo

La Gestión del Tiempo planifica todas las actividades del proyecto en relación al tiempo, generando el Programa de Trabajo. En el caso de estudio, se incorporaron muchas actividades en el programa, desde las más generales a las muy específicas, haciéndolo muy extenso y poco amigable para su ejecución. Esto puede llevar a incorporar en el programa actividades que, aunque se relacionen con el proyecto, no necesariamente debieran estar en el Programa de Trabajo, pues lo hace muy extenso, generando desperdicios de tiempo al confeccionarlo y al intentar comprenderlo para ejecutar el proyecto.



Figura 51 – Identificación de desperdicios en Gestión del Tiempo  
Fuente: Elaboración propia

Lo importante al realizar el programa es identificar qué actividades son independientes unas de otras, de manera de poder sobreponerlas y solo dejar cierta holgura razonable entre aquellas que son sucesivas.

Al momento de programar las actividades deben ordenarse según un orden lógico, pero sus conexiones no deben ser excesivas. Esto es, solo debe identificarse una actividad como predecesora de otra cuando efectivamente lo sea. Conectar exageradamente las actividades podría causar confusión y problemas a la hora de programar la obra.



Figura 52 – Control del Tiempo  
Fuente: Elaboración propia

En el caso de estudio, el control del tiempo se realizaba mediante una comparación porcentual entre las cubicaciones ofertadas y las realizadas para el estado de pago correspondiente, esto es, una vez al mes. El problema es que esto no proporcionaba un verdadero conocimiento del estado del proyecto, pues solo se controlaba mensualmente, y recién ahí la constructora se daba cuenta que se encontraba atrasada en ciertos procesos del programa de trabajo. De esta forma, resultaría más eficiente realizar este control una vez a la semana, evitar estas situaciones de arrastre y poder tomar decisiones más adecuadas dependiendo del real estado del proyecto, tomando acciones correctivas y ejecutándolas lo antes posible.

Un control del tiempo más eficiente no debiera enfocarse en todas las actividades del proyecto sino solo en las críticas con su ruta de comienzo a fin. Estas actividades determinan el plazo del proyecto y el control es indispensable para llevar un programa de obra al día. Tener en cuenta además que, al surgir atrasos o imprevistos en la obra, otras actividades podrían transformarse en críticas, por lo tanto, se necesita revisar el programa e ir actualizándolo para verificar si hay cambios en la ruta crítica, ya sea, habiéndose incorporado o eliminado actividades de ella.

#### 4.3.2 Gestión de los Costos

La Gestión de los Costos se compone principalmente por la estimación de éstos y su control durante el ciclo de vida del proyecto. Al estimar los costos, se deja un margen de error de manera que exista espacio para posibles cambios e inconvenientes en materiales, mano de obra, maquinaria, etc. Sin embargo, una estimación Lean se enfoca en dejar el menor margen de error posible. Hacerlo con gran exactitud no conviene, pues no da posibilidad de cambios, pero el exceso de margen es desperdicio, no genera valor al proyecto.

Debe estimarse correctamente la contingencia y para esto debe relacionarse con la gestión de riesgos y así obtener el porcentaje óptimo para el proyecto. No es mejor, como se podría creer, asignar un alto porcentaje de contingencia y evitar grandes pérdidas, pues eso aumenta el costo total del proyecto sin generar valor. Es importante, por tanto, estimar la contingencia en relación a su riesgo y no superior a éste.

Cabe mencionar que es de suma importancia, anterior a comenzar el proyecto, hacer un estudio de los costos de mercado de los elementos más significativos que se van a utilizar en el proyecto, así como la obra gruesa y maquinaria, para obtener una correcta estimación del costo y que a la vez tenga el margen para algún cambio en el proyecto. Ya en la etapa de ejecución, la empresa puede encontrarse con cambios en los costos en alojamiento, agua, electricidad, empréstitos, faena, etc.

### 4.3.3 Gestión de la Calidad

Para la Gestión de la Calidad, tal como se menciona anteriormente, es importante cumplir los estándares exigidos por el cliente y la normativa teniendo una actitud preventiva, antes que esperar la inspección. En caso de existir alguna irregularidad ésta exigirá realizar nuevamente alguna actividad o proceso, lo cual solo genera desperdicios en el proyecto. Precisamente a esto se orienta el enfoque Lean en la Gestión de la Calidad: tener una actitud preventiva y evitar repetir actividades sin generar valor.

Al comienzo del proyecto se realiza el plan de trabajo que llevará los hitos y fechas de las actividades del proyecto. En la realidad, ocurren situaciones imprevistas, improductividades u otros factores que afectan la programación atrasando las fechas de las actividades aumentando el plazo del proyecto. Como consecuencia de esto, la empresa hace todo lo posible para recuperar ese tiempo perdido, mejorando las productividades de la mano de obra o través de otras metodologías. Estas acciones, al no hacerlas de manera consciente y dedicada, generan cambios en la calidad del proyecto con una alta posibilidad de tener que re-hacer el trabajo produciendo grasa, con más costos y más tiempo.

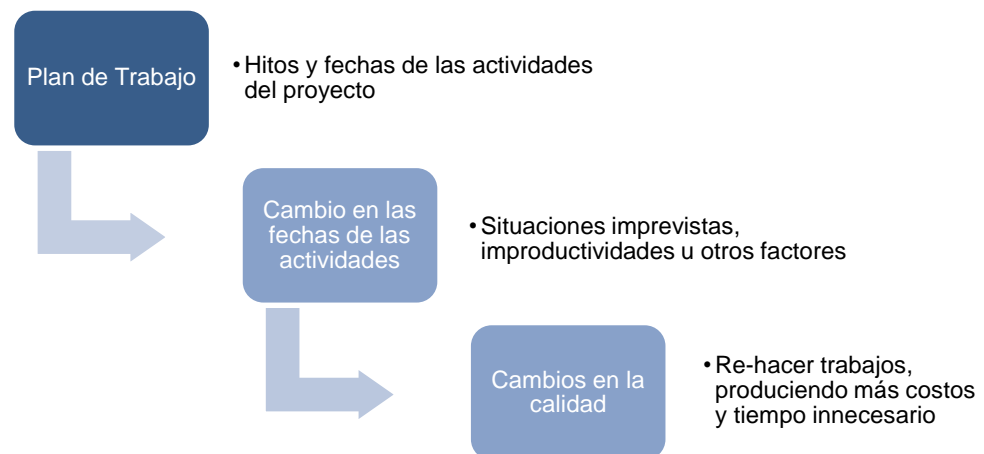


Figura 53 – Identificación de actividades que no agregan valor en la Gestión de la Calidad  
Fuente: Elaboración Propia

La norma ISO 9001:2015 indica que la organización debe asegurar la identificación de situaciones no conformes y su control para prevenirlas. Esto se realiza mediante un “Informe de No Conformidad”, documento destinado a identificar una acción no conforme y entregar acciones correctivas junto a los responsables respectivos en la empresa. Las elaboraciones de estos informes no se realizaron a conciencia ni de una forma pensada, simplemente para cumplir con la norma, dejando de ser un aporte a la empresa convirtiéndose en tiempo perdido. Si estos informes tuvieran una dedicación y se realizaran con conciencia, serían un aporte significativo para la empresa para solucionar sus problemas y asegurarse que no ocurran nuevamente.

La Gestión de la Calidad exigió una amplia cantidad de documentos que se deben entregar al mandante, varios informes tipo, formularios, aprobaciones, certificados y planes que se almacenan en las oficinas. Tanta información almacenada en carpetas genera un desorden y confusión entre el personal de la empresa.

#### 4.3.4 Gestión de las Comunicaciones

La comunicación es indispensable para que todos los actores tengan un correcto entendimiento del alcance y desarrollo del proyecto. En el caso estudio, no se realiza una determinación de los medios de comunicación que se aplicarán para informar lo relativo al proyecto. Esto tuvo como consecuencia que la comunicación se realice a través de distintos medios generando dispersión en la información y confusión entre los participantes del proyecto, haciendo más difícil su comprensión y ejecución. Por lo tanto, una comunicación más eficiente se enfoca en la determinación de las formas de comunicación que existirán entre los distintos actores, de manera que, estando definidas resulta más fácil la búsqueda y control de la información.

La comunicación con el mandante se realiza mediante varios documentos que se exigen por parte de éste, sean burocracias, formularios, resoluciones, aprobaciones, cartas u otros documentos que se solicitan para cumplir con los objetivos del proyecto. A raíz de esto, se crearon excesos de documentos innecesarios que el sistema de comunicación del proyecto exige, aumentando las carpetas, bodegas e inventarios transformándose en una actividad que no agrega valor.

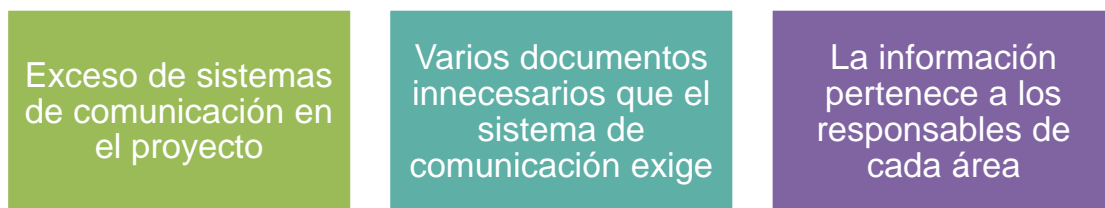


Figura 54 – Identificación en la Gestión de las Comunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

Es de gran importancia la difusión y el acceso a la información sobre el proyecto al personal. La información tiende a pertenecer a las personas y no a la empresa. Los responsables de cada área mantienen la información en sus departamentos sin integrarla con todas las otras áreas de la empresa. Esta falta de integración de la información lleva a una espera de informes, certificados, o actas entre los diferentes departamentos y empleados que podría llegar a re-hacerlos o desperdiciar tiempo esperándolos.

### 4.3.5 Gestión de los Riesgos

Para gestionar los riesgos existe un proceso de identificación de éstos en todo el proyecto. En esta etapa, puede tomarse una actitud de mayor o menor prevención, esto es, generar una larga lista para cada uno de los riesgos, o bien, enfocarse en los más importantes. Esto último podría ser una decisión más eficiente, tomando en consideración que para cada riesgo debe existir un plan de respuesta y puede significar un desperdicio de tiempo y recursos si se consideran todos, incluso los menos importantes.

Debe tenerse en cuenta, además, cuál será el personal del proyecto quien ejecutará el plan de respuesta, en el evento de verificarse algún riesgo. Una lista demasiado extensa disminuye las posibilidades de que los trabajadores tomen conocimiento de los riesgos y sus planes de respuesta generados en esta gestión.

De esta forma, una identificación extremadamente extensa de los riesgos podría no ser lo más eficiente. Un enfoque Lean, por tanto, se orientaría a considerar solo los riesgos más importantes en razón de su probabilidad de ocurrencia y su impacto. Toda otra Gestión de Riesgos en un proyecto podría no generar valor.

### 4.3.6 Gestión de las Adquisiciones

En una Gestión de Adquisiciones se deben responder las siguientes preguntas:

- Qué es lo que se va a comprar-contratar
- Cuándo se va a realizar
- De qué manera se va a realizar
- Cuál va a ser la estrategia y enfoque para concretarla

Por lo tanto, para una Gestión Lean no se compra o contrata en superabundancia. Se necesita saber exactamente qué es lo necesario, y lo importante es definir cuando lo necesito para satisfacer las demandas del cliente. En el caso de estudio ocurrieron casos de compras en superabundancia de acero, hormigón, moldajes no reciclables, maderas y geotextiles.

Los inventarios, además, se consideran una inmovilización de fondos, ocupan espacio y disminuyen la capacidad de adaptar y realizar algún cambio en el proyecto. El caso de estudio fue realizado en la costa, donde la oxidación de los materiales ocurre con frecuencia, y afectó a los aceros. Se limpiaban cada vez que se iban a utilizar, o se les colocaba una pintura especializada. También generan tiempos de espera de los productos o materiales por la búsqueda de aquellos, los transportes y lo dañado que se podrían encontrar.



Figura 55 – Gestión de Adquisiciones  
Fuente: Elaboración propia

## 4.4 Tabla Resumen

<b>Gestión</b>	<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
Tiempo	Actividades	Exceso de actividades en el Programa de Trabajo, haciéndolo extenso y poco amigable.
Tiempo	Conexiones	Si el Programa de Trabajo contiene demasiadas conexiones entre las actividades genera confusión y problemas para programar la obra.
Tiempo	Control del Programa	Control se realizaba en una comparación porcentual entre las cubriciones ofertadas y realizadas en el proyecto. Al hacerlo en los estados de pago no se tenía conocimiento frecuente.
Tiempo	Control del Programa	Si se controlan todas las actividades del programa, se desperdicia tiempo. Controlar las actividades críticas, son las que determinan el plazo final.
Calidad	Documentos	Informe de No Conformidad no se realizaba con conciencia ni de forma pensada.
Calidad	Documentos	La Calidad exige una gran cantidad de documentos, almacenándolos en las oficinas genera confusión y pérdidas en búsqueda de información.
Comunicaciones	Sistemas de Comunicación	Cuando se presentan varios sistemas de comunicación, el personal pierde tiempo buscando la información.
Comunicaciones	Documentos	Varios documentos para establecer comunicación en el proyecto.
Comunicaciones	Dueños de la información	Los responsables son dueños de la información haciendo más difícil el intercambio de información y creando tiempos de esperas
Riesgos	Planes de Respuesta	Al tener una extensa lista de riesgos, el personal no tiene conocimiento de los planes de respuesta perdiendo tiempo en revisarlos cuando ocurren.
Adquisiciones	Exceso de compras	Al comprar materiales extras que no van a ser parte del proyecto, crea excesos de costos.
Adquisiciones	Inventarios	Si se realiza la compra antes los materiales podrían dañarse, además que no permite realizar cambios en el proyecto.

Tabla 8 – Resumen de la identificación de desperdicios en caso de estudio  
Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 5 – IDENTIFICAR Y EVALUAR EXPERIENCIAS REALES

## 5.1 Estudios

### 5.1.1 Estudio realizado el 2015

En 2015, se realizó un estudio llamado “Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry”, donde se realizaron encuestas a siete empresas para diagnosticar la implementación de la filosofía, la cultura y tecnologías de Lean. Esto se llevó a cabo con herramientas tales como entrevistas, talleres y encuestas. Se realizó con la siguiente metodología:

Etapa	Objetivo
<b>1. Entrevista a gerentes</b>	Identificar la participación de la gerencia en temas operacionales de Lean.
<b>2. Talleres a implementadores de Last Planner System</b>	Identificar la experiencia en Last Planner System en el sitio.
<b>3. Visitas en el sitio</b>	Ver la implementación, el uso de herramientas y elementos de cultura. Básicamente, validar la información obtenida en la encuesta gerencial.
<b>2. Encuestas Masivas</b>	Comparar información obtenida en etapas anteriores.

Tabla 9 – Metodología del estudio  
Fuente: Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry

Los resultados que se obtuvieron en este estudio fueron los siguientes:

Etapa	Barreras para implementar Lean	Factores para mantener Lean
<b>Etapa 1</b>	Resistencia al cambio	Certeza organizacional
	Falta de entrenamiento	Gerentes deben promoverlo
	Liderazgo	
	Características de la industria	
<b>Etapa 2</b>	Falta de alineamiento	Certeza organizacional
	Resistencia al cambio	
<b>Etapa 3</b>	Falta de habilidades sociales	Habilidades sociales
	Falta de elementos clave de Last Planner System	
	Visual Management tiene uso limitado	
	No identificación de nuevas herramientas	

Tabla 10 – Resultados de las etapas del estudio  
Fuente: Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry

Se realizó una encuesta en las 10 empresas sobre el conocimiento y uso de las herramientas y tecnologías Lean, donde Last Planner System y Gemba obtienen un 100%. Además, una encuesta a los participantes de los proyectos sobre elementos de cultura.

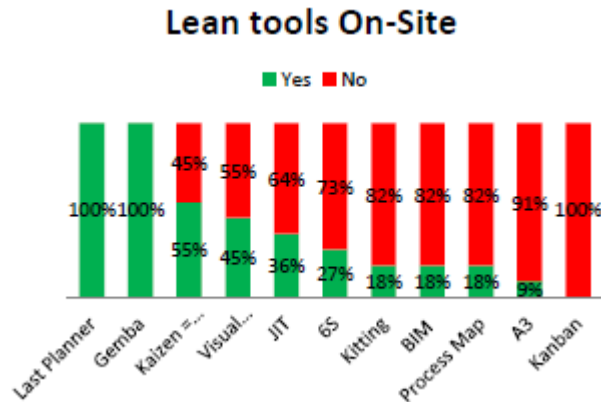


Figura 56 – Observación en el sitio sobre herramientas Lean  
Fuente: Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry



Se realizó una encuesta sobre el nivel de la implementación de Last Planner System, teniendo los siguientes resultados:

Phase	Practice	Average
Master Plan	Master Plan – Phases	100%
	Interactive Planning	27%
Intermediate Plan	Intermediate-Lookahead Plan	91%
	Percent Constraint Removed (PCR)	27%
	Executable Work Inventory (EWI)	36%
Weekly Plan	Weekly Plan	100%
	Percentage of Plans Completed (PPC)	82%
	Causes of Non-Completion (CNC)	64%
	CNC Solution	36%
	Weekly Meeting	100%
General	Standardization of Processes	9%
	Visual Information	36%
	Average Lookahead (weeks)	3.7

Figura 57 – Encuesta sobre la implementación de Last Planner System  
Fuente: Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry

## 5.1.2 Encuesta

Este estudio se hizo mediante una encuesta a profesionales, con el objetivo de analizar el conocimiento y la opinión de estos sobre la filosofía Lean. Se compone de 14 preguntas de selección múltiple, de manera online a un grupo de profesionales seleccionados del área de la Ingeniería Civil. Los datos fueron obtenidos en el mes de agosto del año 2018. Acá, se van a obtener los siguientes resultados:

- Información sobre los profesionales encuestados.
- Conocimiento de Lean
- Verificar el correcto uso de la filosofía en sus proyectos, aún si no tienen conocimiento de ésta.
- El nivel de conocimiento de las herramientas y metodologías Lean.
- Nivel de conocimiento de Last Planner System y sus elementos principales.
- Las situaciones, que no agregan valor, más frecuentes en la construcción.

### ➤ Antecedentes de los encuestados:

En el gráfico 1 se representa el área donde trabajan los profesionales encuestados, donde un 43,3% pertenecen a empresas de Ingeniería, luego una 13,3% trabaja en el área de Construcción y un 43,3% ha participado en ambas áreas.

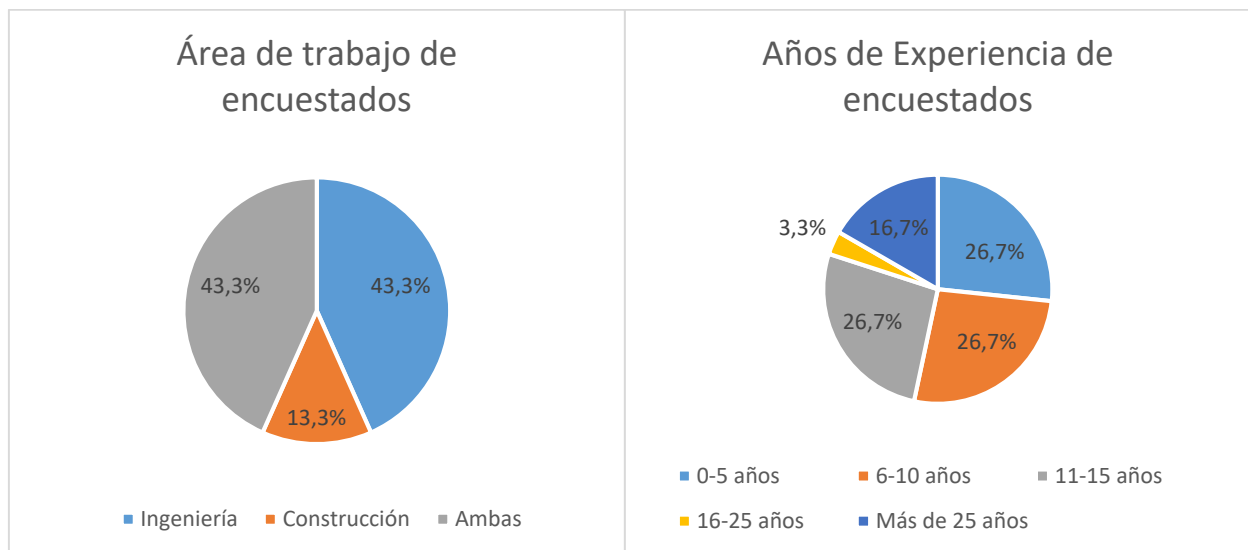


Gráfico 1 – Área de trabajo de profesionales  
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2 – Años de experiencia de los encuestados  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2 muestra los años de experiencia de los profesionales. Podemos observar que se tiene el mismo porcentaje para las categorías de 0 a 5 años, 6 a 10 años y 11 a 15 años (26,7%). Además, tenemos un 3,3% de profesionales en la categoría de 16 a 25 años y un 16,7% con más de 25 años de experiencia en la industria de la Ingeniería Civil.

Se puede ver en el gráfico 3 que se tiene una gran cantidad de experiencia en todas las Áreas de Conocimiento, en ambas etapas de un proyecto, la planificación y el Control. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Gestión del Tiempo: Se tiene una gran experiencia en ambas etapas (43%), mientras que un 17% solamente en Planificación y el mismo porcentaje en el control. Un 23% de los encuestados no tiene experiencia en esta gestión.
- Gestión de la Calidad: Un 43% de los encuestados tiene experiencia en la etapa de control de esta gestión, mientras que un 7% en la planificación. Se tiene que un 27% de los encuestados tiene experiencia en ambas etapas y un 23% en ninguna.
- Gestión de las Comunicaciones: En esta gestión, un 47% de los encuestados no tiene experiencia. Se tiene un 7% en planificación, un 17% en control y un 30% tienen experiencia en ambas etapas.
- Gestión de los Riesgos: Se tiene un 47% en ambas etapas, un 10% solamente en la planificación y un 17% en la etapa del control. Un 27% no tiene experiencia en esta gestión.
- Gestión de las Adquisiciones: Un 43% de los encuestados tiene experiencia en ambas etapas y un 37% en ninguna de las dos. Para la planificación y el control se tiene un 10% en ambas por separado.
- Gestión de los Costos: Se puede observar una gran experiencia en ambas, con un 60%. Además, se tiene que un 23% no tiene experiencia, 10% solamente en control y un 7% en planificación.
- Gestión del Alcance: Un alto porcentaje en ambas etapas (50%), mientras que un 13% en planificación, 13% en control y un 23% no tiene experiencia en esta gestión.

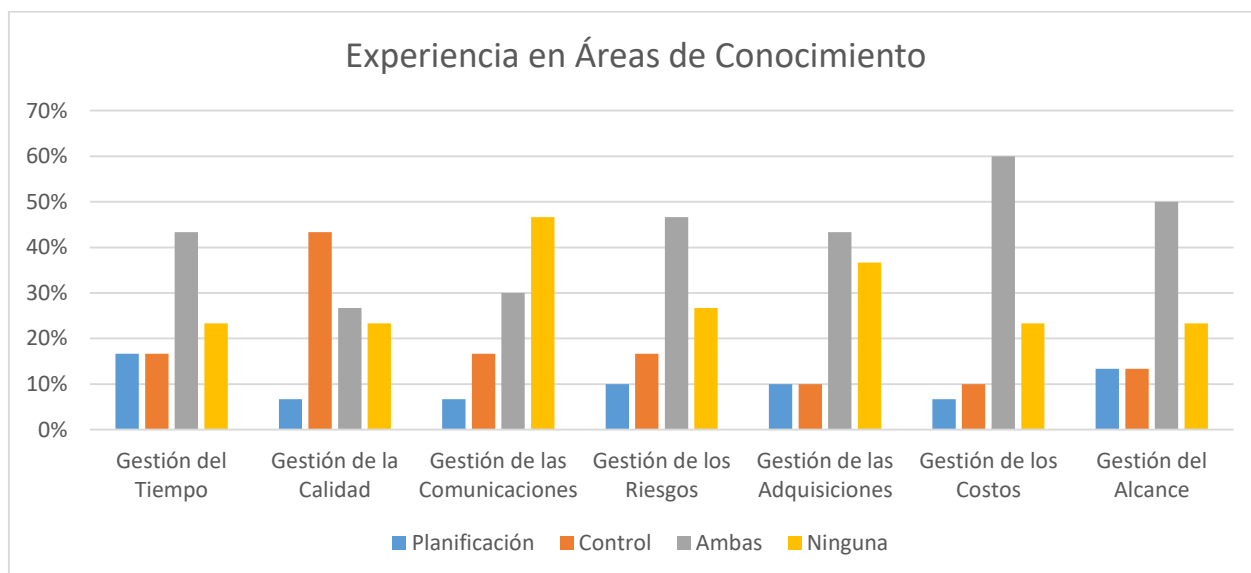


Gráfico 3 – Experiencia en Áreas de Conocimiento  
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico 3 se destaca la poca experiencia en las Áreas de Conocimiento que tienen los entrevistados que han participado solamente en la etapa de planificación.

En el gráfico 4 se presenta los tipos de proyectos que han participado los encuestados. Se consideran 5 tipos junto con la categoría “otros” en esta encuesta. La gran mayoría se tiene en la industria de la Minería con un 73%, luego con un 50% en proyectos industriales, 47% en Infraestructura, un 37% en proyectos de edificación y finalmente 23% en obras viales. Se obtuvo un 13% en otros proyectos no considerados en las categorías.

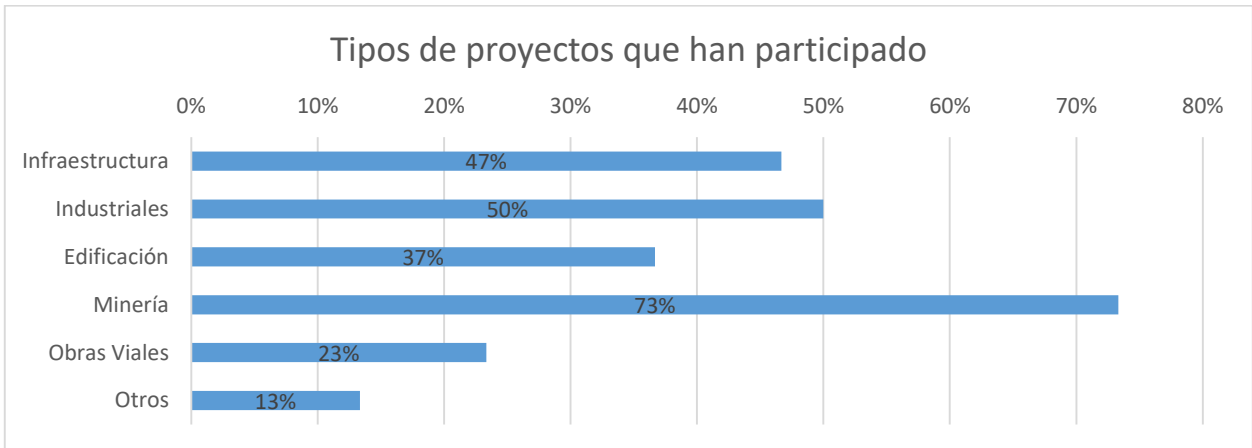


Gráfico 4 – Tipos de proyectos que han participado los encuestados  
Fuente: Elaboración propia

➤ **Conocimiento de Lean y su definición:**

Según el gráfico 6, un 70% de los encuestados piensa que Lean representa una filosofía de trabajo, mientras que con un 16,7% representa una metodología y un 13,3% una herramienta de trabajo. Además, según el gráfico 5, solamente un 3,3% de los encuestados presentan un alto conocimiento de la filosofía Lean, mientras que un 20% y 46,7%, nulo y bajo respectivamente. Estos últimos resultados son a juicio de cada profesional encuestado.

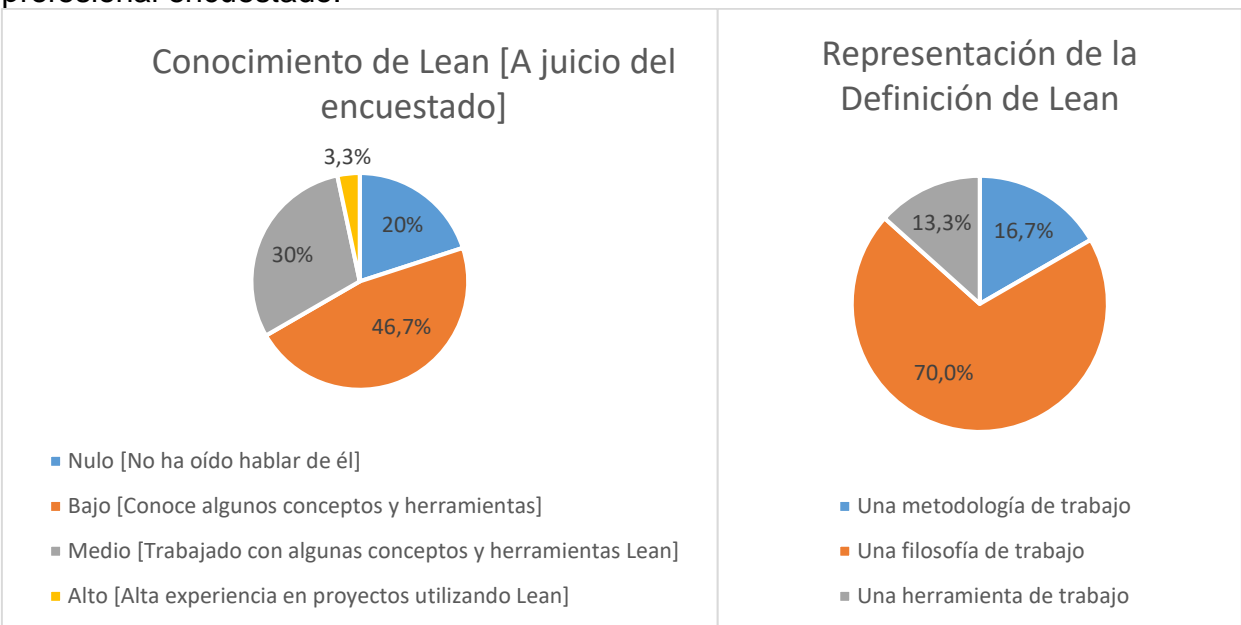


Gráfico 5 – Conocimiento de Lean a juicio propio  
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 – Representación de Lean  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el gráfico 7 se preguntó sobre los conocimientos de las herramientas principales de la filosofía Lean y se obtuvieron los siguientes resultados con la siguiente escala:

- Nulo: No ha oído hablar de él
- Bajo: Conoce algunos conceptos
- Medio: Ha trabajado con ella
- Alto: Alta experiencia

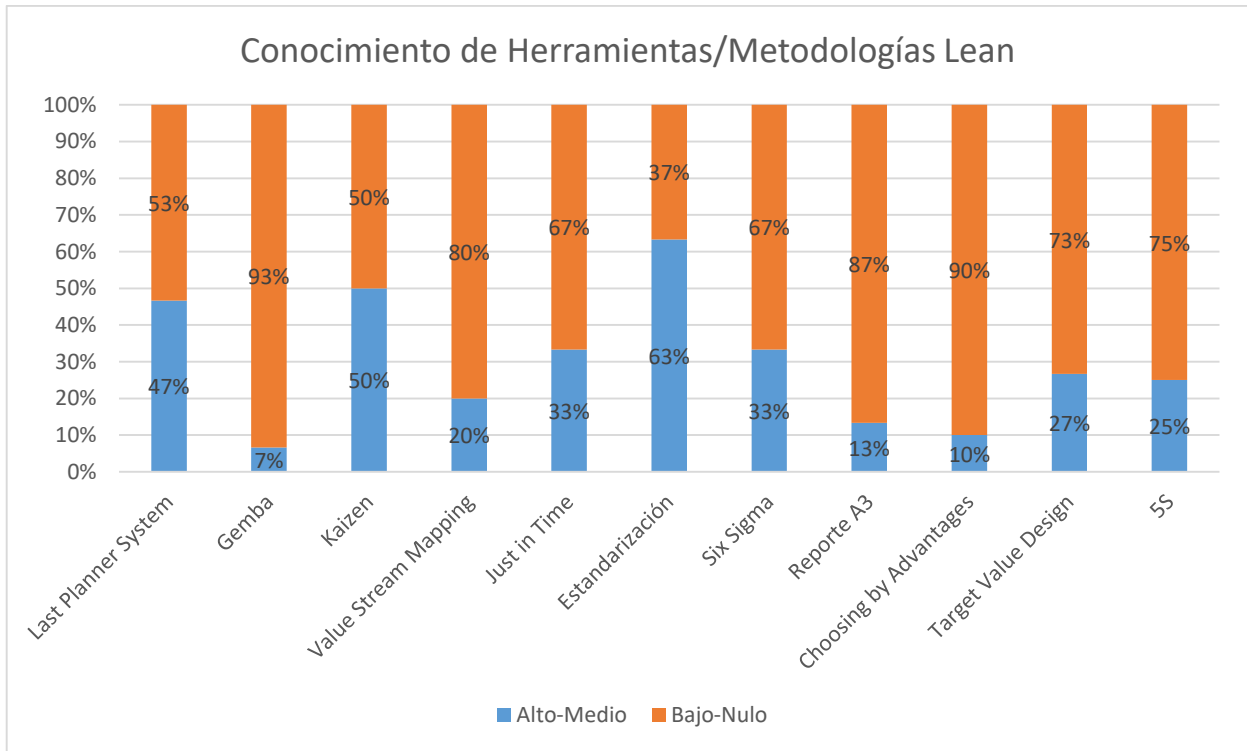


Gráfico 7 – Herramientas/Metodologías Lean  
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Herramientas/Metodologías	Bajo – Nulo [%]	Medio-Alto [%]
5S	75%	25%
Target Value Design	73%	27%
Choosing by Advantages	90%	10%
Reporte A3	87%	13%
Six-Sigma	67%	33%
Estandarización	37%	63%
Just in Time	67%	33%
Value Stream Mapping	80%	20%
Kaizen	50%	50%
Gemba	93%	7%
Last Planner System	53%	47%

Tabla 11 – Resultados de conocimiento sobre herramientas y metodologías Lean  
Fuente: Elaboración Propia

Luego, utilizando la misma escala que el gráfico 7, se obtuvo el nivel de conocimiento sobre Lean Project Management representado en el gráfico 8. Se puede ver que un 39,3% no ha oído hablar de LPM, mientras que un 3,6% tiene un alto conocimiento. Además, un 35,7% conoce algunos conceptos y definiciones de LPM y un 21,4% ha trabajado con ésta, con un conocimiento medio.

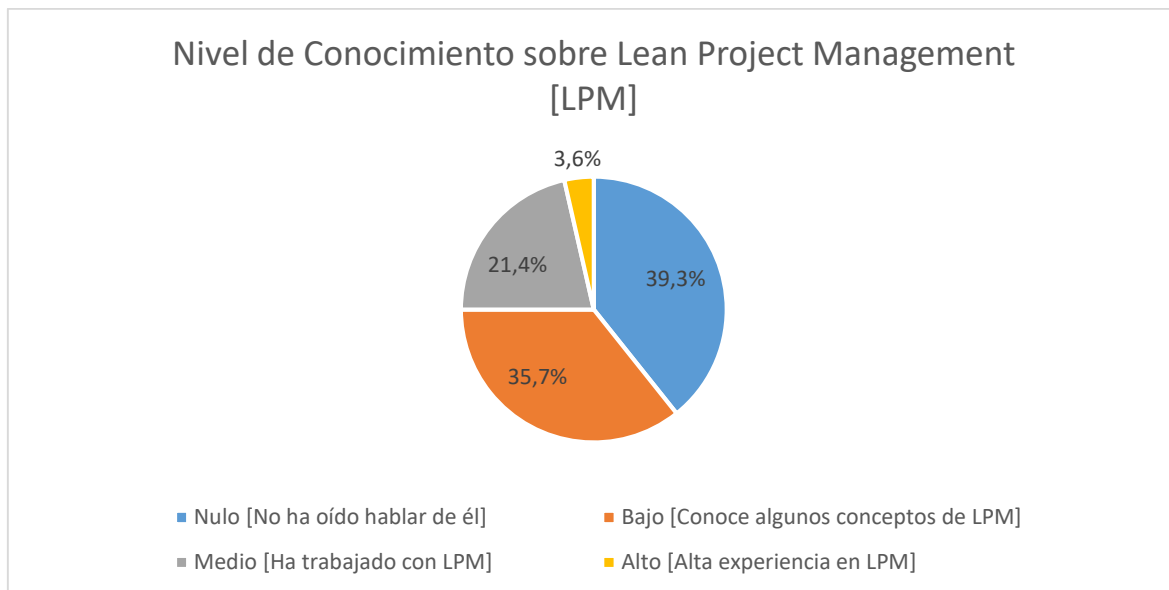


Gráfico 8 – Nivel de conocimiento de Lean Project Management  
Fuente: Elaboración propia

➤ **Conocimiento Last Planner System:**

El gráfico 9 muestra el grado de experiencia que tienen los profesionales encuestados sobre Last Planner System. Se tiene un 33% con un nivel de conocimiento nulo y bajo. Además, un 23% de los encuestados tiene un nivel medio y un 10% tiene un alto conocimiento con experiencia en Last Planner System.

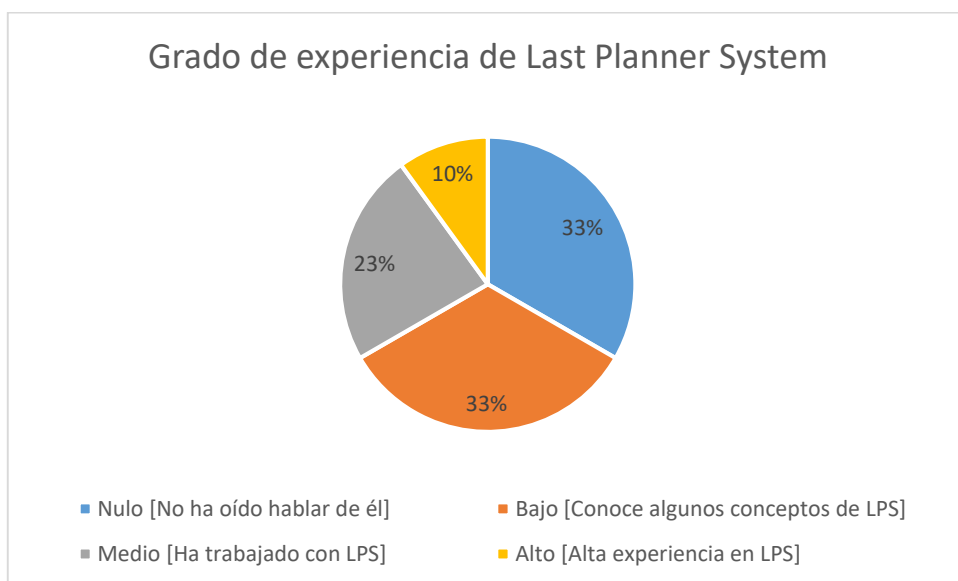


Gráfico 9 – Grado de experiencia de Last Planner System  
Fuente: Elaboración propia

Además de medir el nivel de conocimiento de Last Planner System, se obtiene qué elementos de esta metodología son los más utilizados en los proyectos. En el gráfico 10 podemos destacar los niveles de utilización de le Plan Semanal (53%) y la Reunión Semanal (60%). Además, se tiene un bajo porcentaje de utilización en el Inventario de Trabajos Ejecutables (13%), Soluciones a las Causas de No-Cumplimiento (13%) y la Planificación Interactiva (23%). El Plan Máster tiene un 33% de utilización, junto con un 47% de los encuestados que no lo han usado en sus proyectos.

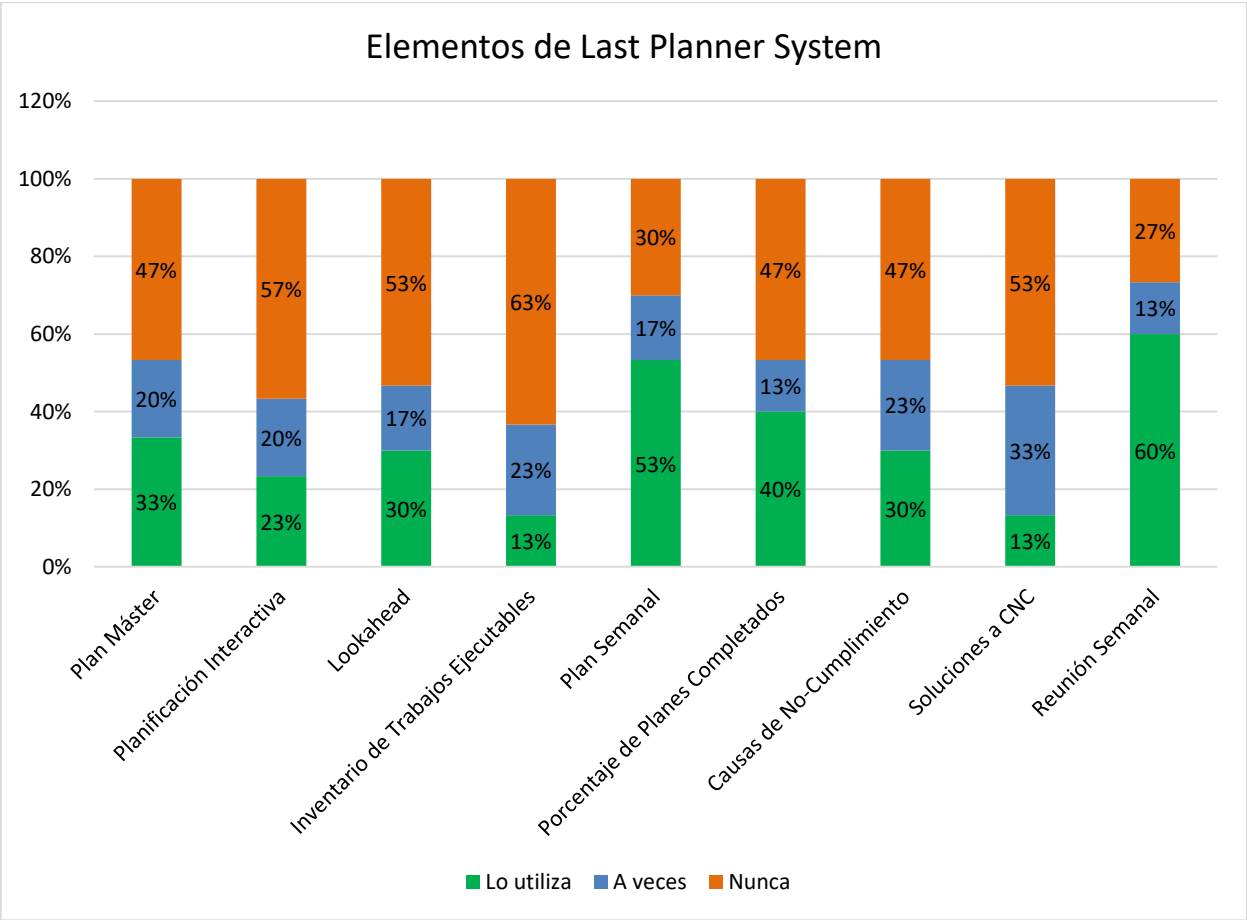


Gráfico 10 – Nivel de Conocimiento sobre elementos de Last Planner System  
Fuente: Elaboración propia

➤ **Situaciones que no agregan valor más frecuente:**

En el gráfico 11, las situaciones que no agregan valor al cliente que son más frecuentes destacan los problemas de comunicación entre los participantes del proyecto con un 83,3% y lo sigue los tiempos de espera con un 60%. Las otras situaciones que presentan un porcentaje de frecuencia significativa son el Transporte Innecesario (40%), Defectos de producción (30%), Sobre-procesamiento (30%), Inventarios (20%) y la Obsolescencia de Equipos (20%). Según los profesionales encuestados, los movimientos innecesarios (6,7%), sobreproducción (10%) y la transportación innecesaria (3,3%) son las situaciones que tienen la menor frecuencia.

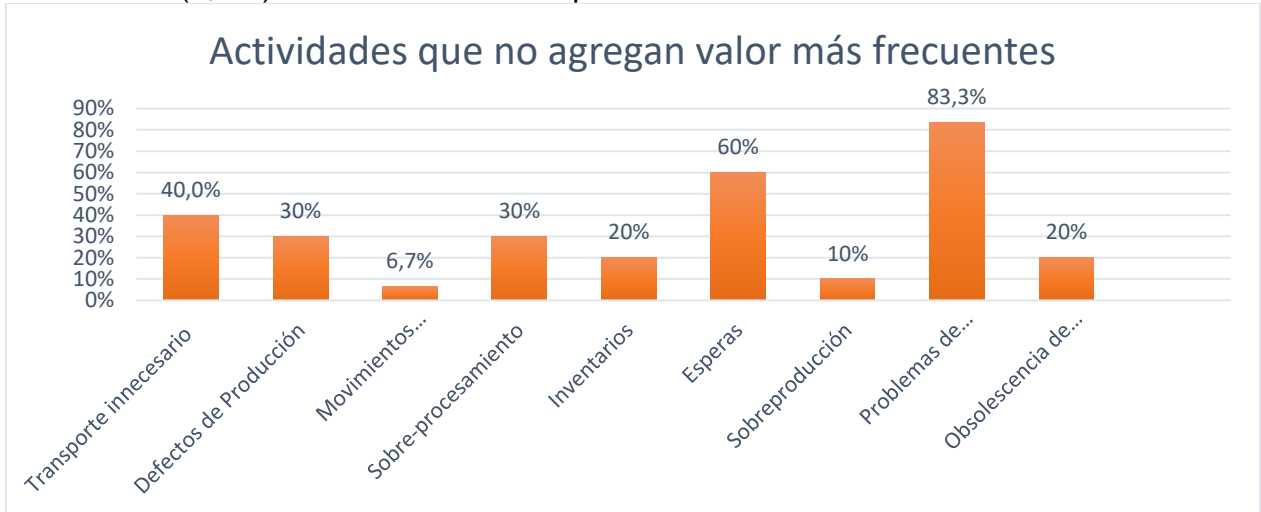


Gráfico 11 – Desperdicios más frecuentes en la construcción  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 12, muestra el nivel de conocimiento del profesional encuestados de los 5 principios Lean. En resumen, los encuestados tienen un conocimiento básico de todos los principios de Lean con excepción de el “Pull” del cliente, el cual tiene un 64,3% de conocimiento nulo. Además, se presenta una gran diferencia en los principios, con un porcentaje bajo el 20% de conocimiento alto y con mayores porcentajes de conocimiento nulo.

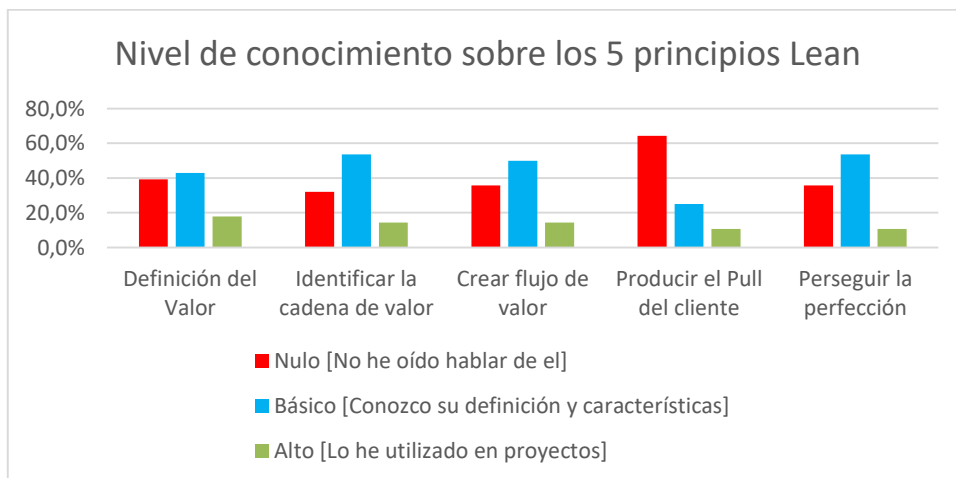


Gráfico 12 – Nivel de conocimiento sobre los 5 principios Lean  
Fuente: Elaboración propia



En el gráfico 13, se representan 4 preguntas evaluando la utilización de las características importantes de la filosofía Lean. Un 27% de los profesionales nunca analiza los procesos para encontrar actividades que no agregan valor, mientras que un 53% lo realiza ocasionalmente, un 33% regularmente y un 3% con alta frecuencia. Cuando finalizan un proceso del proyecto, un 7% de los encuestados realiza un análisis para buscar optimizar los procesos utilizados. Un 37% lo hace regularmente, un 57% ocasionalmente mientras que un 30% nunca lo realiza. Antes de comenzar un proyecto, un 10% realiza una identificación de los procesos que van a estar... Un 40% lo realiza regularmente, un 23% ocasionalmente y un 10% con alta frecuencia. ¿Tiene alguna interacción con el cliente en cada etapa del proyecto? Un 10% nunca interactúa, un 13% ocasionalmente, un 40% regularmente y un 37% con alta frecuencia.

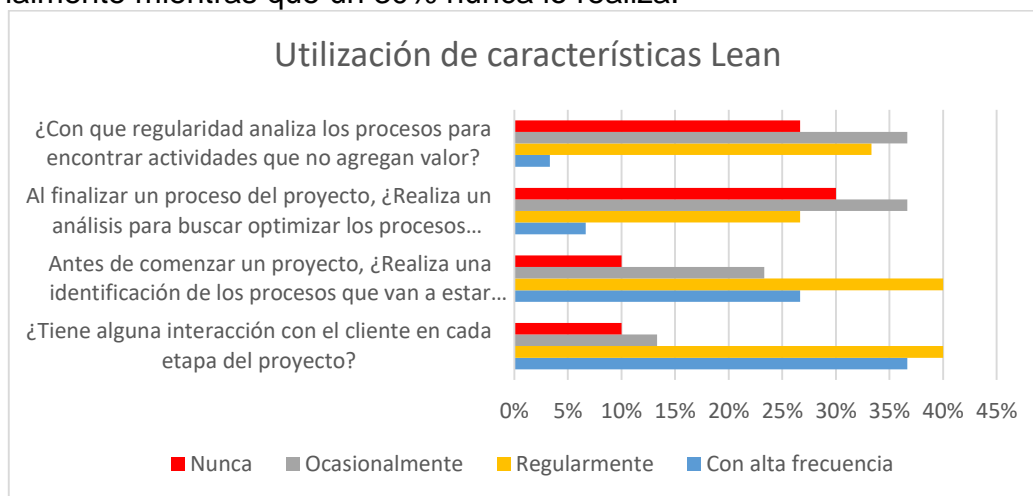


Gráfico 13 – Utilización de características Lean en los proyectos  
Fuente: Elaboración propia

El gráfico 13 también representa que un 27% de los encuestados realiza con alta frecuencia una identificación de los procesos que van a estar presentes en el proyecto y además su flujo continuo. Un 40% lo realiza regularmente, 23% ocasionalmente mientras que un 10% no identifica los procesos y un flujo continuo. Un 37% de los encuestados tienen interacción con el cliente en todas las etapas del proyecto, mientras que un 40% lo realiza regularmente, un 13% ocasionalmente mientras que un 10% de los profesionales encuestados no interactúa en todas las etapas.

En el gráfico 14 muestra las Áreas de Conocimiento que se verían beneficiadas por la filosofía Lean según los profesionales encuestados, donde claramente muestra que ambas etapas, Planificación y Control, se verían beneficiadas en cada gestión del proyecto.

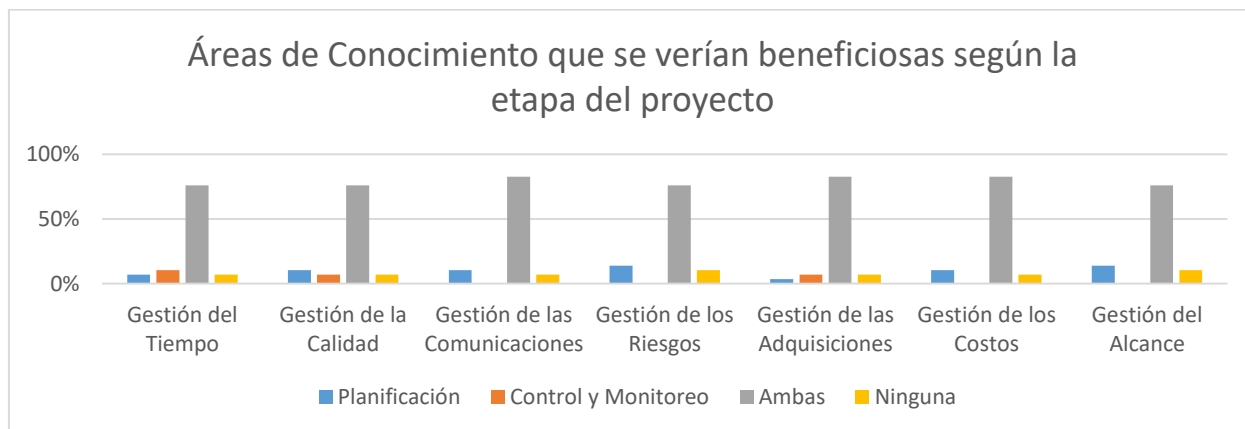


Gráfico 14 – Áreas de conocimiento que se verían beneficiadas según la etapa del proyecto  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Entrevistas a expertos Lean

### 5.2.1 Experto Lean 1

Entrevistando al primer experto Lean, se obtuvieron las siguientes realidades sobre el estado de Lean en Chile:

Se deben fomentar los tres pilares del triángulo Lean en los procesos del proyecto para tener una mejora continua, con un correcto entendimiento de la filosofía Lean y sus principios, un desarrollo de la cultura en la empresa y las tecnologías para mejorar la productividad.

La herramienta más común que utilizan la mayoría de las empresas familiarizadas con Lean en Chile es el Last Planner System. La incorporan en todos sus proyectos para mejorar sus productividades, pero la mayoría no lo realiza correctamente. Incluyen los elementos generales tales como reuniones de planificación, lookahead del trabajo semanal o plan maestro y no se enfocan en los elementos más avanzados, tales como la planificación interactiva, causas de no-cumplimiento e inventario de trabajos ejecutables.

Siguiendo el triángulo propuesto con los tres pilares Lean, las empresas en Chile solamente utilizan las tecnologías y metodologías Lean en sus proyectos, no incorporan elementos de cultura o de aprendizaje de la filosofía. Lean en Chile presenta una baja comprensión e implementación en los proyectos.

### 5.2.2 Experto Lean 2

La base de la filosofía Lean está en su teoría. La aplicación de esta teoría a los proyectos es distinta en cada proyecto por el alto nivel de variabilidad que se presenta día a día. En Chile no se ha puesto en práctica la filosofía Lean, solamente enfocado a la teoría haciendo más difícil la interpretación y su aplicación a las necesidades de cada proyecto. En lo más práctico que se han enfocado es la herramienta Last Planner System, de una manera básica. Esta última herramienta necesita tener consistencia a través de todo el proyecto, para así llevar buenas métricas y aprovecharla al máximo y obtener todos los beneficios que ésta entrega. Por esto, la implementación de la filosofía Lean comienza a alargarse porque nunca se visualiza el resultado de la herramienta.

Las herramientas de Lean se pueden usar sin una metodología definida, pero esta es la que determina el éxito de todo lo que es Lean y Last Planner System. Al ordenar la metodología de una manera consciente, se logra tener éxito con cualquier herramienta.

El personal que realiza los procesos, generalmente son expertos en el tema, por lo que es de gran dificultad que reduzca tiempos o realice mejoras. Lo que produce desperdicios es cuando dos expertos interactúan entre sí en procesos secuenciales, pudiendo provocar tiempos de espera u otras situaciones que no agreguen valor. Donde se produce la mayor cantidad de variables no es en los procesos mismos, si no que en el flujo.

Los márgenes de la construcción son pequeños y susceptibles a una variedad de situaciones. Un cambio tecnológico se considera difícil debido a que necesitan tener profesionales dedicados a esta nueva implementación aumentando los costos. Las grandes empresas, al llevar varios años utilizando su propia metodología, no ve la necesidad de un cambio. Aun así, estas empresas deben fomentar las nuevas tecnologías dado que, al hacer ofertas para nuevos proyectos, los procesos propios van a ser de mayor costo que otras empresas. En Chile no hay exigencia, de parte del mandante, para la utilización de herramientas Lean.

La construcción, frente a otras industrias tales como la manufacturera, existe un desfase tecnológico significativo. En las empresas de manufactura la mayoría de los procesos son automatizados, mientras que los procesos productivos de la construcción no lo son. Lo más cercano son los procesos pre-fabricados, pero existe una barrera, al no realizarlo en terreno, existe el riesgo de no realizar el montaje por defectos del elemento. Además, en el transporte se puede perder material, mientras que en la faena puede tener soluciones menos costosas y seguras.

# CAPÍTULO 6 – COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

## Aplicabilidad de Lean en la Dirección de Proyectos

- Lean en Chile presenta una baja comprensión e implementación en los proyectos. Solamente utilizan tecnologías y metodologías Lean sin incorporar elementos de filosofía y cultura.

## Problemas u obstáculos en la implementación Lean

- No existe exigencia del mandante para utilizar elementos Lean. Además, las empresas no ven la necesidad de cambio ya que aumentan costos, personal y riesgos, sin conocer las oportunidad de beneficios que trae.

## Conocimiento de Lean en Chile

- Se tiene un bajo conocimiento de la filosofía Lean según la encuesta realizada. Aún así, los profesionales aplican la filosofía de una manera inconsistente.

Figura 58 – Conclusiones  
Fuente: Elaboración propia

## 6.1 Aplicabilidad de Lean en la Dirección de Proyectos en Chile

De la entrevista con los expertos se puede concluir que para poder aplicar Lean en los proyectos de construcción se deben fomentar los tres pilares de Lean -filosofía, cultura y tecnología- en los procesos del proyecto para tener una mejora continua, con una constante eliminación de las actividades que no agregan valor.

Según los expertos, las empresas en Chile solamente utilizan las tecnologías y metodologías Lean en sus proyectos, sin incorporar elementos de cultura o de aprendizaje de la filosofía. Por esto, es importante fomentar el aprendizaje de esta filosofía con sus elementos y herramientas y una cultura en los empleados con un liderazgo Lean y organizaciones motivadas, para tener éxito en la aplicación Lean.

En conclusión, Lean en Chile presenta una baja comprensión e implementación en los proyectos.

Según la opinión de los expertos, se concluye que en Chile se tiene una aplicabilidad solamente teórica de Lean. La base está en la teoría, pero al no aplicarla de manera práctica, se hace difícil la aplicación debido a la variabilidad que tienen los proyectos.

Además, según la identificación de desperdicios realizada en esta memoria se concluye que en todos los proyectos es posible encontrar actividades que no agregan valor, ya sea, en un proceso en particular o en la interacción de este con otro que, en caso de ser secuenciales, provocan tiempos de espera u otros desperdicios relacionados.

## 6.2 Problemas u obstáculos en la implementación Lean

La entrevista de los expertos nos muestra que los cambios tecnológicos en la industria se consideran difícil de implementar, dado que no se exigen por parte del mandante y aumentan los costos dada la necesidad de nuevos profesionales a cargo. Además, las empresas que tienen su propia metodología para llevar a cabo sus procesos no ven la necesidad de un cambio ya que eso lleva a aumento de costos, personal y no están dispuestos a tener el riesgo de no favorecer a la empresa. En Chile, no hay exigencia, de parte del mandante para que en los proyectos de construcción se utilicen las herramientas y metodologías Lean y tampoco un control para verificar que la estén utilizando correctamente, para aprovechar su máximo potencial.

También se concluye que en la construcción la mayoría de los procesos no son automatizados, tal como en la industria de manufactura. Algunas herramientas no podrían aplicarse a gran parte de los procesos de un proyecto, tal como se muestra en la entrevista a los expertos los elementos pre-fabricados.

## 6.3 Conocimientos de Lean en Chile

Según los profesionales encuestados, el gráfico 5 y 7, se tiene un bajo conocimiento de la filosofía Lean, donde las herramientas y/o metodologías más conocidas son la Estandarización y Kaizen (Mejora Continua). El resto posee bajo conocimiento y, por ende, una aplicación mínima o nula en la industria de la construcción.

Lean se caracteriza como una filosofía que constante minimiza las actividades que no agreguen valor. Los desperdicios más encontrados en los proyectos de construcción, según los encuestados en el gráfico 11, son los problemas de comunicación entre todos los participantes del proyecto, además de tiempos de esperas en materiales, por no cumplir con los plazos, entre otros.

Según los expertos Lean, la herramienta más común que utilizan las empresas familiarizadas con Lean en Chile es el Last Planner System. La incorporan en todos sus proyectos para mejorar sus productividades, pero según la figura 57 la mayoría no lo realiza correctamente. Incluyen los elementos generales tales como reuniones de planificación, lookahead del trabajo semanal o plan maestro y no se enfocan en los elementos más avanzados, tales como la planificación interactiva, causas de no-cumplimiento e inventario de trabajos ejecutables.

En el caso en estudio, aunque no tuviesen conocimientos de la filosofía, si aplicaban algunos conceptos Lean en sus procesos. Sin embargo, la aplicación era mínima, pues lo hacían de manera inconsciente y no fue suficiente para aprovechar los beneficios que trae su la aplicación. Para esto sería necesario que tomaran conciencia y se informaran sobre Lean.

# CAPÍTULO 7 – RECOMENDACIONES

Según los procesos utilizados en el caso estudio para cada área de conocimiento y las conclusiones obtenidas, se recomiendan los siguientes aspectos para aplicar Lean a la Dirección del Proyecto:

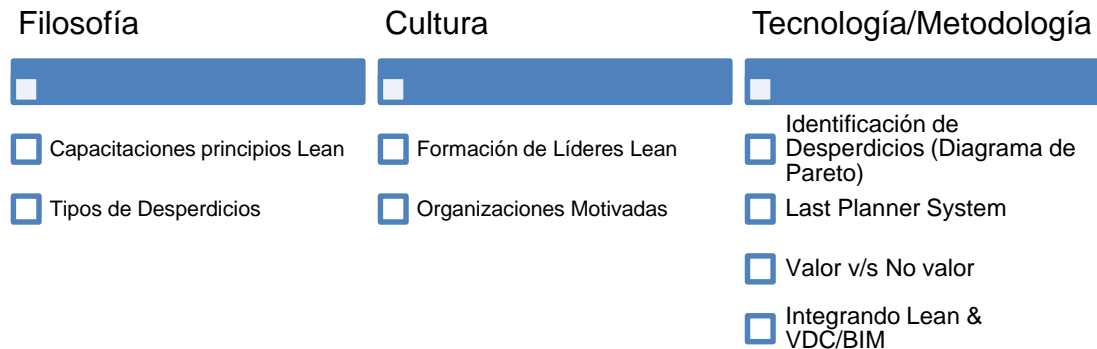


Figura 59 – Elementos a considerar para la aplicación de Lean  
Fuente: Basado en Integrando Lean & VDC/BIM

## 7.1 Filosofía

### 7.1.1 Capacitaciones principios de Lean

Para poder aplicar la filosofía Lean en la empresa del caso de estudio, es importante quienes formen parte de ella tengan un conocimiento básico de la definición y los principios de esta filosofía, lo cual se logra a través de capacitaciones a su personal. Así, se familiarizan con los conceptos de mejora continua y reducción de desperdicios, lo cual agrega valor a la empresa.

Esta capacitación debe ir dirigida hacia aquellos que se dedican a la planificación, control y gestión del proyecto. Esto comprende algunos cargos de Gerentes, Ingeniero Residente, Jefe de Obra y Operaciones y profesionales en Oficina Técnica, entre otros.

Es imprescindible que esta capacitación considere los siguientes aspectos para que la gerencia y el personal involucrado pueda aplicar correctamente la filosofía Lean:

1. Que es Lean, definiciones y teoría.
2. Que beneficios otorga Lean, esto para que crean en la filosofía.
3. Las distintas herramientas y metodologías que se presentan en Lean y que sean aplicables a la empresa.
4. Formas de encontrar improductividades y desperdicios.
5. Cómo formar Líderes Lean

Las formas que se pueden capacitar al personal de la empresa varía según disposición de tiempo, lugar en donde trabajan y costo. En el caso de estudio la obra se presentó en la ciudad de Arica y las oficinas centrales de la empresa se encuentran en Santiago, por lo que se necesitan distintas formas de capacitar. A continuación, se muestran diferentes formas de capacitar:

- A través de Asesorías especializadas en Lean, las cuales a través de presentaciones enseñan la filosofía Lean y ayudan a implementar tecnologías en todos los procesos del proyecto.
- Contratación de experto Lean para generar cambios en la empresa y mejorar la productividad a través de tecnologías Lean y crear una cultura dentro de la directiva para luego alcanzar al resto del personal.
- Cursos Online y capacitar a través de videos realizados por empresas especializadas o experto Lean.
- Afiches y cuadros explicativos en la oficina central y de obra

### 7.1.2 Tipos de Desperdicios

Además del conocimiento de la filosofía Lean dentro de la empresa, se necesita saber cuáles son los desperdicios que entrega la literatura para eliminar de la mejor manera posible lo que no agrega valor al cliente. Estos desperdicios se pueden clasificar de la siguiente manera:

<b>DESPERDICIOS LEAN EN LA CONSTRUCCIÓN</b>	
Sobreproducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de múltiples aplicaciones de baja aportación de valor</li> <li>• Aprovisionamiento a niveles más rápidos de los que el usuario realmente requiere</li> </ul>
Defectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrabajo</li> <li>• Cambios de baja calidad</li> <li>• Errores en el desarrollo</li> </ul>
Esperas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones con bajo rendimiento</li> <li>• Mecanismos manuales para el escalado de peticiones</li> <li>• Búsqueda de información</li> </ul>
Exceso de movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte on-site innecesario o poco optimizado</li> <li>• Reuniones innecesarias si la descripción y asignación de tareas y la documentación fueran adecuadas</li> <li>• Reuniones sin sentido</li> </ul>
Actividades que no agregan valor al proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación de detalles que se vuelven obsoletos demasiado rápido</li> <li>• Exceso de burocracia / formularios / aprobaciones innecesarias</li> </ul>
Exceso de inventario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exceso de licencias o licencias no utilizadas</li> <li>• Sobredimensionamiento de las arquitecturas técnicas</li> </ul>

Tabla 12 – Tipos de Desperdicios  
Fuente: Integrando Lean & VDC/BIM

Además, la Cámara Chilena de la Construcción realizó un estudio sobre improductividades que se presentan en el sector de la construcción minera, donde se puede llevar a los proyectos de construcción. A continuación, se presenta un listado de las improductividades con sus buenas prácticas asociadas.

<b>N°</b>	<b>Actividad que no agrega valor</b>	<b>Buenas prácticas</b>
1	El tiempo destinado por la empresa contratista y por el mandante para habilitar a un trabajador, desde la firma del contrato de trabajo a estar disponible para operar es extenso.	Disminución de los Tiempo de Acreditación
2	Falta de antecedentes e información clave entregada por el contratista para realizar la planificación y programación de tareas.	Información completa y oportuna de Ingeniería y disponibilidad de suministros claves
3	Existen tiempos perdidos asociados a la metodología con la cual se está trabajando y la tecnología que lo soporta.	Metodologías y Tecnologías
4	Se invierten grandes cantidades de recursos en informes de avance para el mandante y la administración, sin que quede mucho tiempo para la búsqueda de soluciones a los problemas de proyección de plazos y redistribución de recursos para el cumplimiento de la planificación.	Mejora de los procesos de Planificación y Administración de recursos
5	Ocurren causas de pérdida que afectan directamente a los recursos, a los humanos y a los equipos.	Mejora de logística de obra y abastecimiento
6	Pérdidas resultantes de actividades consideradas en las Detenciones Autorizadas y las actividades de soporte, dada la incidencia y variabilidad. Se utiliza más tiempo para actividades previas, intermedias y posteriores al trabajo.	Optimización de los traslados de inicio y fin de jornada
7	Exceso de tiempo destinado a charlas al inicio de jornada.	Focalización de charlas de inicio de jornada, seguridad y Programa Trabajo Seguro
8	Resulta incidente el tratamiento que se da a los tiempos de traslados pre y post colación, así como el propio tiempo de colación.	Control de tiempos de colación y traslados
9	Tiempos perdidos que se producen por la necesaria coordinación de actividades y tareas entre turnos.	Coordinación efectiva de cambios de turnos
10	No hay problema	Polifuncionalidad
11	En una jornada de trabajo, se estima que cerca de 1 hora diaria se desaprovecharía de trabajadores calificados.	Uso eficiente del personal especializado
12	No existe un consenso claro sobre cuáles son los parámetros de productividad por los que se rige el mercado, por lo tanto cada empresa crea sus propios.	Mejora del entrenamiento y capacitación del personal propio

Tabla 13 – Improductividades encontradas por la CChC

Fuente: Buenas prácticas en la construcción minera, CChC



## 7.2 Cultura

### 7.2.1 Formación de Líderes Lean

El líder Lean debe tener como trabajo participar y revolucionar el día a día de la constructora para reducir desperdicios, mejorar la productividad y el ambiente de trabajo. Los líderes deben estar abiertos a nuevas tecnologías o métodos para incentivar al personal de la constructora, además de tener la capacidad óptima para motivar y enseñar estrategias y metodologías Lean. Es de suma importancia la presencia en todas las etapas del proyecto, para estar en el desarrollo en primera persona y los potenciales problemas que podrían ocurrir en el día a día. Esto sirve para demostrar preocupación en los procesos, a lo que agrega valor y al proyecto mismo.

Según el libro de Akdeniz, los líderes Lean deben poseer una gran habilidad de observación no solamente con los trabajadores, también con la maquinaria, los procesos y en el producto final. Además, Akdeniz propone las siguientes características son las más encontradas en los líderes Lean:

- Visionario: La habilidad de reconocer y recomendar cambios en la organización de la empresa.
- Liderar a través del ejemplo: Con esto se consigue el respeto y lealtad del equipo de trabajo.
- Coaching: Estar constantemente enseñando al personal en todos los niveles del organigrama.
- Aprendizaje: Líderes Lean tienen que estar comprometidos a aprender y desarrollarse.
- Humilde: El líder debe tener en cuenta que no lo sabe todo, y debe aceptar que todo el personal de la empresa tiene algo que aprender.
- Experimentales: Deben creer que para mejorar deben experimentar con nuevas ideas, y tener en cuenta que hay que aprender de los experimentos fallidos.
- Pensamiento Lean: Los líderes necesitan un conocimiento básico de la filosofía, las herramientas y cultura además del principio de Kanban.
- Delegación: Esta característica se considera la más importante dentro de un líder Lean. Delega en todos los departamentos, de los cuales cada departamento debe hacerse responsable de la parte asignada en el proyecto.

Para adoptar Lean en el liderazgo de la empresa es necesario integrar al cliente en todos los procesos, para tener en cuenta lo que para él significa el Valor. Hay que buscar constantemente la perfección, para desarrollarse en lo profesional y a la empresa. Considerando que al tener un proyecto exitoso no significa que necesiten resolver todos los problemas presentados, que la mayoría de los problemas se pueden resolver fácilmente, estandarizando los procesos y mantener el orden resultan eficientes.

## 7.2.2 Organizaciones Motivadas:

Para las empresas, el rendimiento se basa en el comportamiento humano, y una de las formas para llegar al rendimiento óptimo es mediante la creación de organizaciones motivacionales en la empresa. Se debe tener un alto grado de motivación en lo personal y en lo colectivo, dado que sin esto las herramientas serían mal implementadas y usadas.

Todas las personas se motivan de distintas maneras, en tiempos distintos y en circunstancias diferentes. Entendiendo esto, se propone fomentar una cultura de mejora continua al personal, manteniéndolos motivados y teniendo aprendizaje constantemente a través y una vez finalizado el proyecto. Para esto, se propone una asamblea de desarrollo y mejoramiento continuo a cada uno de los participantes del proyecto. En esta asamblea se deberán hablar sobre experiencias, lecciones aprendidas, resoluciones de problemas que hayan tenido para además desarrollar a las personas a un liderazgo efectivo.

La filosofía Lean propone una multifuncionalidad en los trabajadores. Con esto, cada uno de los trabajadores tiene una visión sobre todos los procesos del proyecto y no solamente la actividad que pertenecen. Esto, lleva a que todos los trabajadores del proyecto puedan influir en la toma de decisiones, tener a cada uno detectando problemas o fallas en el flujo y ayudar a prevenir o detectar para mantener un flujo continuo y perseguir la perfección.

## 7.3 Tecnologías/Métodos

### 7.3.1 Identificación de los desperdicios

Para tener un correcto entendimiento de la filosofía Lean, es necesario saber identificar y reducir los tipos de pérdidas, mediante herramientas, presentes en todos los procesos del proyecto. La reducción de éstas lleva a una mejor productividad en los proyectos realizados por la empresa.

Existe una herramienta considerada dentro de la gestión de calidad como sistema de control, que consiste en una ficha informática sobre la distribución del tiempo de cada trabajador en las distintas áreas de la obra. Mencionar que estas observaciones deben ser de corta duración y aleatorias para llegar a una estadística general del equipo de trabajo.

Vamos a definir las siguientes distribuciones de tiempos a medir (Botero, Luis (2005)):

1. Trabajo Productivo: Tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna actividad que proporcione avance en tiempo al proyecto.
2. Trabajo Contributivo: Tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna actividad que sea necesaria para realizar el trabajo productivo.
3. Trabajo No Contributivo: Cualquier otra actividad realizada por el trabajador que no se clasifique en las otras categorías.

A continuación, se presenta un formato a utilizar de la ficha informática:

Área 1						
Área 2						
...						
Nombre	Área	Tiempo total de la actividad	Tiempo Productivo	Tiempo Contributivo	Tiempo no Contributivo	Observaciones
<b>Tiempo Total</b>						
<b>Porcentaje</b>						

Tabla 14 – Ficha informativa sobre productividad  
Fuente: Basado en Botero, Luis (2006)

Con esta planilla se puede ver qué áreas del proyecto y trabajadores tienen una mayor productividad, ayudando a una mejor planificación y optimización de equipos de trabajo. Con esto además se obtiene un porcentaje de productividad en cada área de trabajo clasificada por la empresa, para tener más claridad sobre las áreas que se deben mejorar.

Área	Tiempo Productivo [%]	Tiempo Contributivo [%]	Tiempo no Contributivo [%]
Área 1			
Área 2			
...			

Tabla 15 – Ficha informativa sobre productividad según áreas  
Fuente: Basado en Botero, Luis (2006)

### 7.3.2 Last Planner System:

Herman G. Ballard desarrolló un sistema de planificación y control de proyectos en mayo de 2000 llamado “Last Planner System of Production Control”, que consiste en una mejora la utilización de los recursos de los proyectos y el cumplimiento de sus actividades.

En esta metodología se caracteriza por tener un programa maestro, una planificación intermedia y semanal que serán explicados a continuación:

#### 1. Programa Maestro

Este es un programa que se desarrolla a partir de los objetivos que fueron planteados al inicio del proyecto. Se establecen las fechas importantes de los objetivos, consideradas como hitos, y se dejan afuera acontecimientos con duraciones despreciables. Este programa tiene la función de controlar los hitos de los objetivos que se plantearon en el proyecto.

#### 2. Planificación Intermedia

Esta planificación es una mirada al futuro para tener una idea de qué actividades se van a programar, donde se coordinan todos los recursos, diseño, proveedores, mano de obra, etc., para que esta actividad se realice. La función principal de esta planificación es el control del flujo de trabajo, creando una secuencia de actividades y eliminar los tiempos muertos que se producen en el proyecto. Esta planificación sigue la siguiente secuencia:

- a. Obtener el intervalo de tiempo que abarcará la mirada al futuro para planificar, el cual va a variar dependiendo del proyecto.
- b. Se definen cuáles van a ser las actividades que van a ser programadas en el intervalo de tiempo establecido anteriormente.
- c. A cada una de las actividades que van a ser programadas, se realiza un análisis de las restricciones que podrían afectar el desarrollo de ésta. Estas restricciones pueden ser:
  - i. Diseño: actividades que no estén definidas en el proyecto.
  - ii. Materiales: disponibilidad de materiales que se van a utilizar en la actividad.
  - iii. Mano de Obra: claridad sobre la cantidad de mano de obra disponible.
  - iv. Equipos y Herramientas: Disponibilidad de equipos y herramientas que se necesitan en el momento indicado.
  - v. Pre-requisitos: Actividades que deben finalizar antes de comenzar con la que corresponde.



### 7.3.3 Valor v/s No Valor:

Una forma de llevar una estadística sobre las causas de detenciones y esperas en la obra se puede realizar mediante una encuesta a los supervisores en terreno, mostrando todas las horas hombre pérdidas durante todo el ciclo de vida del proyecto. Esta encuesta habla sobre todos los problemas, en las actividades principales, que se pueden producir en el proyecto, teniendo como formato la siguiente planilla:

Área Realizada	Fecha		
Problemas	Respuestas		
	Horas [hrs]	N° Trabajadores	HH pérdidas [hrs]
Espera recursos de bodega			
Espera de materiales por proveedor			
Esperando herramientas no disponibles			
Espera de Maquinaria			
Espera por falta de sincronización			
Espera en llegada de documentos			
Modificaciones por el diseño			
Modificaciones por errores de fabricación			
Modificaciones por errores de construcción			
Esperando información			
Interferencia con otras cuadrillas			
Sectores congestionados con trabajadores			
Movimientos innecesarios o ineficientes de trabajadores			
Realizar nuevamente el trabajo (Re-hacer)			
Tiempo Innecesario en Reuniones			
Otros			

Tabla 16 – Entrevista para encontrar desperdicios  
Fuente: Basado en Botero, Luis (2006)

Es importante tener una estadística sobre las acciones que generan la mayor cantidad de desperdicios en las obras de la constructora. Para así guiar a la empresa a la mejora continua en todos los procesos. A nivel gerencial ayuda a la toma de decisiones para los cambios que se deben realizar para mejorar la productividad en los proyectos atendiendo los desperdicios que más ocurren en los proyectos.

Luego, con esta información se pueden visualizar cuáles son las situaciones que no están agregando valor al proyecto y, además, mediante el diagrama de Pareto, llevar una estadística sobre cuáles hay que trabajar para disminuir su ocurrencia.

### 7.3.4 Integrando Lean & VDC/BIM:

El Diseño y Construcción Virtual (VDC) posee las siguientes características:

- Métodos de VDC proveen medios para capturar, conservar y crear valor en cada fase del ciclo de vida del proyecto.
- Involucrar a los participantes del proyecto en una etapa temprana en diseño y planificación con los métodos de VDC.
- VDC se anticipa a la etapa de ejecución del proyecto permitiendo identificar, de forma temprana, restricciones e inconsistencias en el proyecto.

Con el objetivo de desarrollar la empresa continuamente, creando culturas inspiradas y motivadas al cambio y la innovación, se necesita integrar el Diseño y Construcción Virtual (VDC) con la filosofía Lean en las empresas. Es importante dado que, según Luis Fernando Alarcón (Integrando Lean & VDC/BIM):

- VDC no es suficiente para cumplir el objetivo.
- Lean provee procedimientos eficientes y efectivos para mejoramiento continuo.
- Lean es un marco conceptual para implementar modelos VDC porque el impacto de VDC están asociados directamente con principios Lean.
- Se considera necesario conectar los métodos que ofrece VDC, que automatizan flujos, con los métodos Lean que optimizan esos flujos.

En la teoría, el Diseño y Construcción Virtual (VDC) integra a todos los participantes, incluyendo al dueño del proyecto, en el desarrollo de todo el ciclo de vida del proyecto. En la práctica, se pueden ver ciertas actividades que no agregan valor al producto tales como la logística innecesaria, re-trabajos, falta de coordinación, procesamiento extra y errores en el desarrollo entre otros.

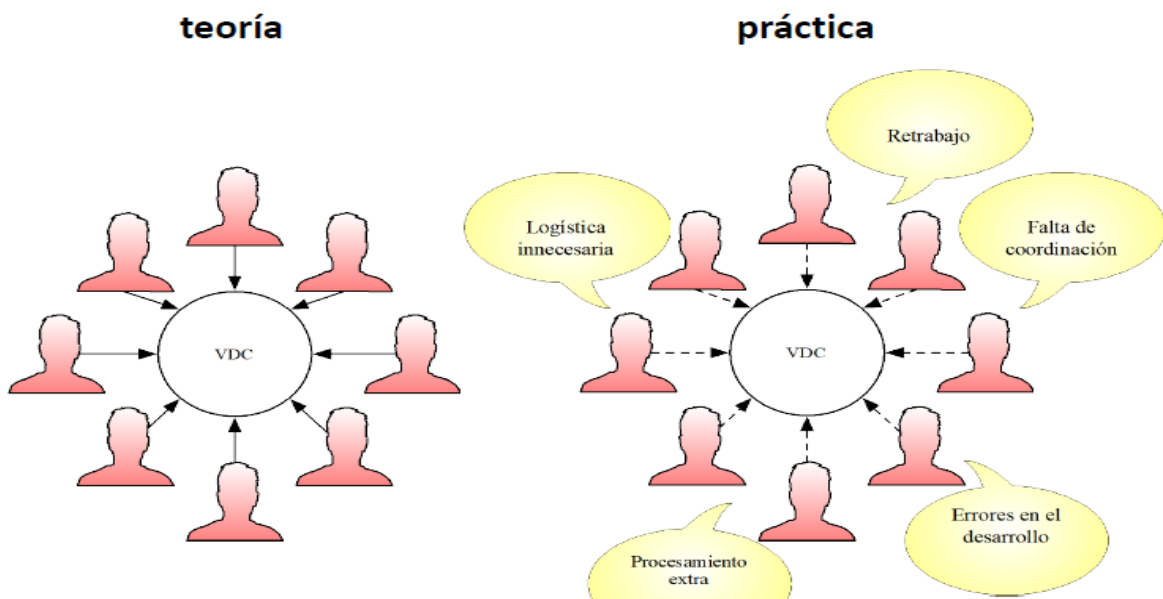


Figura 61 – VDC en la teoría y en la práctica  
Fuente: Integrando Lean & VDC/BIM

Según Mandujano (2015), el método de meta-análisis se mostraron varios desperdicios dentro de la práctica actual de la VDC. Por lo tanto, una integración de la filosofía Lean en los proyectos, además de herramientas de Diseño y Construcción Visual, puede impactar en todos los procesos de VDC, incluyendo el flujo de información. Con esto, se tiene la relación representada en la figura 62.

## LEAN & VDC

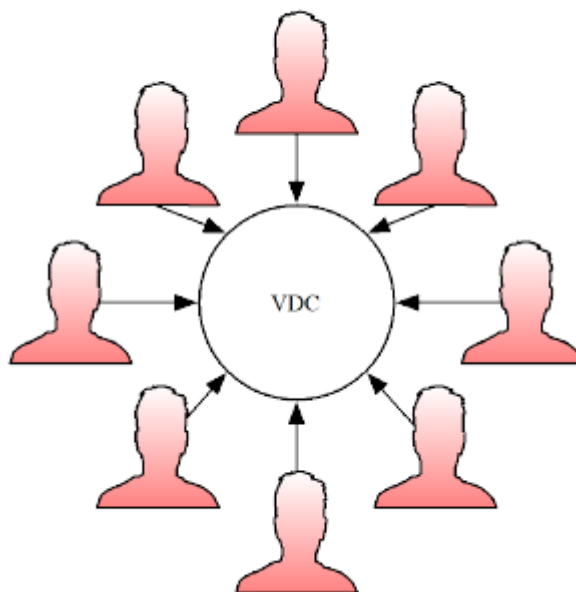


Figura 62 – Lean & VDC/BIM  
Fuente: Integrando Lean & VDC/BIM



# BIBLIOGRAFÍA

1. Koskela L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*.
2. Womack, J.P., y Jones, D.T. (2003), *Lean Thinking*. Nueva York: Free Press.
3. Hernán Porras, Omar Giovanni, José A. Galvis (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*.
4. Karim A., Nekoufar S. (2011). *Lean Project Management in Large Scale Industrial & Infrastructure Project via Standardization*. Faculty of Built Environment and Engineering, Queensland University of Technology.
5. Lledó P. Rivarola G. Mearu R. Cucchi D, E. J. (2006). *Administración LEAN de proyectos Eficiencia en la gestión de múltiples proyectos*. México: Pearson Pentice Hall
6. Hamed U. (Julio 2013). *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on Project construction time*. Alexandria Engineering Journal, vol (52), 697-704.
7. Alarcón L.F., Pellicer E., *Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas*. Revista de Obras Públicas N°3496 (febrero 2009).
8. Marín, J.A. (2015). *Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción (Memoria de Título)*. Universidad de Chile.
9. Akdeniz C. (2015). *Lean Project Management Explained*.
10. Valencia S. (2013). *La filosofía LEAN aplicada en la Gerencia de proyectos*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
11. Cámara Chilena de la Construcción (CChC), *Macroeconomía y construcción. Informe MACH 45 Balance 2016 – Proyecciones 2017*.
12. Ballard G. (2002). *Lean Project management*, Lean Construction Institute and University of California at Berkeley.
13. Manotas D.F., Rivera L. (2007). *Lean Manufacturing Measurement: The Relationship between Lean Activities and Lean Metrics*.
14. Reed D. (2008). *LEAN CONSTRUCTION Opportunities | Concepts | Practices*, Lean Construction Institute.

15. *Sánchez T., Palacios A., Prida B. (septiembre, 2008). Conocimiento, aplicación y resultados de las técnicas de Lean Manufacturing en las empresas españolas. Llevado a cabo en la Conferencia de XII Congreso de Ingeniería de Organización, Burgos, España.*
16. *Liker J.K. (2004). The Toyota Way 14 Management Principles from the world's greatest Manufacturer, New York: McGraw-Hill.*
17. *Pekuri A., Herrala M., Aapaoja A., Haapasalo H. (2012) Applying lean in Construction – cornerstones for implementation. Proceedings of the 20th Annuean Conference of the International Group for Lean Construction, 18-20 July 2012, San Diego.*
18. *Project Management Institute (2013). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Quinta Edición. Estados Unidos de América.*
19. *Project Management Institute (2008), Construction Extension to The PMBOK® Guide Third Edition. Estados Unidos de América.*
20. *Espejo A., Véliz J.L. (2013). Aplicación de la Extensión para la Construcción de la Guía del PMBOK – Tercera Edición, en la Gerencia de Proyectos de una presa de relaves en la unidad operativa Arcata-Arequipa (Tesis para Título). Pontificia Universidad Católica del Perú.*
21. *Alarcón L.F., Calderón R. (2013). Implementing Lean Production Strategies in Construction Companies. Llevado a cabo en Construction Reserch Congress.*
22. *Alarcón L.F. (octubre, 2016). Lean Project Management: una nueva visión para la gestión de proyectos.*
23. *Apuntes de Clases Curso CI5511 “Dirección de Proyectos”, Universidad de Chile*
24. *Alarcón L.F., Salvatierra J.L., López A., Velásquez X. (2015). Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry: towards more sustainable lean practices and tools. 23<sup>rd</sup> annual conference of the international group for Lean Construction. Perth, Australia, July 29-31, pp. 642-651.*
25. *Díaz D. (2007). Aplicación del Sistema de planificación “Last Planner” a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura (Memoria de Título), Universidad de Chile*
26. *Botero L.F., Álvarez M.E. (2004). Guía de mejoramiento continuo, Revista Universidad EAFIT Vol. 40, N°136, pp. 50-64.*
27. *Castillo G. (2013). Implementación de metodologías Lean en desarrollo minero (Tesis para magíster), Universidad Católica de Chile.*

28. *Martínez J. (2011). Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción (Tesis de Magíster), Universidad Nacional de Colombia.*
29. *Cámara Chilena de la Construcción (2015). Buenas prácticas en la construcción minera, Mesa de trabajo de productividad. Consejo minero junio 2015.*
30. *García R. (2004). Ingeniería Concurrente y tecnologías de la información, Ingenierías, enero-marzo 2004, Vol. VII, No. 22.*
31. *Mandujando M. (2016). A method to identify virtual design n construction implementation strategies from a lean Construction perspective (Tesis de Doctorado), Universidad Catolica de Chile).*
32. *Orihuela P. (2011). Sistema integrado para la gestión lean de proyectos de construcción, IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC), Santiago, octubre, 2011.*
33. *Womack J.P., Jones D.T., Roos D. (1990). The Machine that Changed the World. Nueva York: Free Press.*
34. *Lledó P. (2014). Gestión Lean y Ágil de proyectos, Lean Project Management. Pablolladó, trafford.*

# ANEXO

## Perfil de los entrevistados

### Experto N°1:

Ingeniero civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile (1975 – 1985). Master of Engineering, University of California (1989 – 1991), Master of Science en University of California (1993 – 1994). Gran experiencia en el área de administración de la construcción y la docencia. Se desempeñó como director de Magíster en Administración de la Construcción en Universidad de Chile (2007-2014), desde el año 2000 hasta la fecha se desempeña como Director del centro de excelencia en Gestión de Producción (GEPUC) en Pontificia Universidad Católica de Chile, además fue director del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción en Pontificia Universidad Católica de Chile (2009-2014). Desde 1985 a la fecha, trabaja como profesor del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción en Pontificia Universidad Católica de Chile. Además, desde el 2014 trabaja como director de Extensión, Educación Profesional y Continua, y se desempeña como Presidente de DICTUC SA. En su labor académica ha sido miembro de comités de Doctorado en Universidades Norteamericanas, europeas, australianas y Latinoamericanas. En el año 2008 fue nominado Shimizu Visiting Professor en la Universidad de Stanford. Es miembro fundador del International Group for Lean Construction (IGLC) y es asesor experto de Centros de Investigación de la Universidad de Reading y de la Universidad de Salford en Inglaterra. A la fecha, es miembro del directorio del International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB.

### Experto N°2:

Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Santiago de Chile (2001-2008). Se desempeñó como Profesional de obras y estudios, analista de desarrollo y jefe de proyectos de desarrollo e innovación en la empresa Ingeniería y Construcción Vial y Vives S.A. (2009-2013). Luego como Ingeniero Implementador en el consorcio Bechtel VyV (2013) siguiendo con Ingeniero Implementador Líder, Jefe de Planificación y Jefe de Excelencia Operacional en Vial y Vives – DSD S.A. (2014-2017). Actualmente se desempeña como Chief Operations Officer en IPSUM (desde 2018).