



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EN OBRAS CIVILES

# MEDIDAS DE DETECCIÓN TEMPRANAS DE RIESGOS EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

**CONSUELO FRANCISCA FUENTES RENGIFO**

PROYECTO DE MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERA CIVIL EN OBRAS CIVILES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

**PROFESOR GUÍA: ARMANDO ISAIAS DURÁN BUSTAMANTE**

Curicó, Chile

2022

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



UNIVERSIDAD DE TALCA  
DIRECCIÓN  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE TALCA  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS  
CAMPUS CURICO

Curicó, 2022

<b>ÍNDICE</b>	
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
1.1 Introducción .....	6
1.2 Objetivos .....	7
1.2.1 objetivo general .....	7
1.2.2 objetivos específicos.....	7
1.3 Hipótesis de investigación .....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
2.1 La administración de proyectos.....	8
2.2 Herramientas de planificación.....	9
2.3 Planificación.....	10
2.4 Niveles de planificación .....	11
2.5 Sistemas y la planificación .....	12
2.6 Procesos de la planificación .....	12
2.7 La planificación y el riesgo .....	13
2.8 Técnicas básicas de planificación .....	14
2.9 Métodos de planificación .....	15
2.10 Control y gestión de procesos .....	16
2.11 Naturaleza del control de proyectos .....	17
2.12 Incertidumbre en la planificación de proyectos .....	18
2.12.1 Incertidumbre y riesgo en la programación.....	18
2.12.2 métodos cualitativos de manejo del riesgo.....	18
2.12.3 métodos probabilísticos, PERT .....	18
2.12.4 simulación de Monte Carlo .....	19
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>21</b>
3.1 Nivel de la investigación .....	21
3.2 Diseño de la investigación .....	21
3.3 Selección de la muestra .....	22
3.4 Operacionalización de variables.....	23
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	24
3.7 Metodología .....	25
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LOS PROBLEMAS DE PLANIFICACIÓN ...</b>	<b>26</b>
4.1 Análisis de fallos de planificación de un proyecto.....	26
4.2 Errores en la gestión de proyectos.....	28
4.3 Errores de gestión de control de costos .....	30
4.4 Estrategias de control en gestión de proyectos.....	32
<b>CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE CONTROL DE PLANIFICACIÓN.....</b>	<b>35</b>
5.1 Identificación de los proyectos seleccionados a investigar .....	35
5.1.1 Proyecto villa Futuro.....	35
5.1.2 Proyecto condominio social Laderas de Puerto Montt .....	39
5.1.3 Proyecto conjunto Justicia Social .....	42
5.2 Identificación de las actividades asociadas a la ruta crítica .....	44
5.3 Identificación de los recursos asociados a las actividades de la cadena crítica .....	45
5.4 Selección de estrategias para el control de proyectos de edificación de baja altura ...	53
5.4.1 Capacidad de instalación de faenas.....	54
5.4.2 Emplazamiento de los edificios .....	54
5.4.3 Izamiento vertical.....	55
5.4.4 Industrialización de procesos .....	55
5.4.5 Mano de obra .....	56
5.5 Selección de estrategias para el modelo de control de la planificación .....	56
5.5.1 Capacidad de instalación de faenas.....	57
5.5.2 Emplazamiento de los edificios .....	57
5.5.3 Izamiento vertical.....	58
5.5.4 Industrialización de procesos .....	59
5.4.5 Mano de obra .....	59
5.6 Análisis de la estructura sistémica y construcción del modelo de control .....	60
5.6.1 Capacidad de instalación de faenas.....	60
5.6.2 Emplazamiento de los edificios .....	62
5.6.3 Izamiento vertical.....	63
5.6.4 Industrialización de procesos .....	65
5.6.5 Mano de obra .....	67

<b>CAPÍTULO VI: DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE CONTROL INTEGRAL APLICADA A PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN PARA DISMINUIR LOS RIESGOS DE UNA PLANIFICACIÓN DE UN CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>70</b>
6.1 Etapa Pre-constructiva y Planificación	70
6.1.1 Diseño	70
6.1.2 Condiciones externas	70
6.1.3 Instalación de faenas	71
6.2 Etapa Constructiva	72
6.2.1 Obra gruesa	72
6.3 Etapa de Diseño y Ejecución	72
6.3.1 General	72
<b>CAPÍTULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>74</b>
7.1 Resultados Preliminares	74
7.2 Resultados	75
<b>CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>89</b>

## **ABSTRACT**

The construction industry in Chile plays a very important role regarding the national development, representing around 7% of the GDP. For a construction work to be developed according to the standards demanded by its principals, it is necessary to have a strategic planning, respect deadlines and adapt to the situations that may affect its development. This is the ideal scenario, and it is not always achieved. Almost all construction works fail to meet their deadlines, which is usually associated with low productivity rates, high labor costs, among others.

This work seeks to contribute to increasing productivity in low-rise construction works, using an early warning generation tool that allows maximizing resources. Thus, the development times of the works would be reduced, making possible to meet deadlines initially stipulated in the schedules. This tool for generating alerts of delays early in the planning of construction works, allows making decisions in advance and in a timely manner; It is based on the analysis of three different low-rise building works that are finally destined for family dwellings, where their planning (Gantt chart), yields, times used, critical path and the activities that compose it were analyzed. This way, strategic indicators on which the analysis is based are created, delivering early warnings considering approximately the first 4 months of project development in order to make informed decisions to avoid delays in the term.

It is concluded with this research that the use of the alert generation tool in future low-rise building projects, will contribute to making on time and smart decisions, thus, helping to reduce development times, which will increase worksite productivity, unlike when not incorporating the use of it. Finally, the risk of bankruptcy of the company decreases, profits increase and contributes positively to the development of the project, being a benefit for all those involved in it: workers, client, end user, environment and communities.

## RESUMEN EJECUTIVO

La industria de la construcción en Chile cumple un papel muy importante respecto al desarrollo del país, representa aproximadamente el 7% del PIB. Para que una obra de construcción se desarrolle de acuerdo con los estándares que exigen sus mandantes es necesario contar con una planificación estratégica, respetar plazos y adecuarse a las situaciones que pueden afectar su desarrollo, este escenario es el ideal y no siempre se alcanza. Casi la totalidad de las obras de construcción incumplen sus plazos, lo que generalmente va ligado con bajos índices de productividad, mayor gasto de mano de obra, entre otros

Este trabajo busca contribuir a aumentar la productividad en obras de construcción de edificaciones de baja altura, utilizando una herramienta de generación de alertas tempranas que permita maximizar recursos y de esta manera disminuir los tiempos de desarrollo de las obras logrando cumplir con los plazos estipulados inicialmente en las planificaciones. Esta herramienta de generación de alertas de atrasos de forma temprana de planificación de obras de construcción, permite la toma de decisiones de manera oportuna y con antelación; esta se basa en el análisis de tres diferentes obras de edificación de baja altura destinadas finalmente a viviendas familiares, donde se analizaron sus planificaciones (carta Gantt), rendimientos, tiempos empleados, ruta crítica y las actividades que la componen; creando de esta manera indicadores estratégicos en los cuales se basa el análisis entregando alertas tempranas considerando aproximadamente los primeros 4 meses de desarrollo del proyecto con el fin de tomar decisiones de manera informada para de esta forma evitar atrasos en el plazo.

Se concluye con esta investigación que el uso de la herramienta de generación de alertas en futuros proyectos de edificación de baja altura contribuirá a la toma de decisiones inteligentes y a tiempo de esta manera ayudando a disminuir tiempos de desarrollo, lo que aumentará la productividad en la obra a diferencia de si no se incorporara el uso de esta. Finalmente disminuye el riesgo de quiebre de la empresa, aumentan utilidades y aporta positivamente en el desarrollo del proyecto siendo un beneficio para todos los involucrados en esta, trabajadores, mandante, usuario final, entorno y comunidades.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1 Introducción

Desde tiempos remotos se ha utilizado, el concepto de planificación, quizá sin tener conciencia de ello. Planificación se define como “plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria, etc.” (*planificación- Real Academia Española*) es una herramienta muy poderosa, en este caso aplicado al área de construcción. Es por esta utilización del concepto que surge la necesidad de ir perfeccionando la coordinación de las diferentes tareas presentes en un proyecto de construcción con el fin de disminuir pérdidas económicas, los costos de mano de obra, mejorar la relación costo/tiempo, la calidad de empleo, entre otras variables. En definitiva, optimizar al máximo posible los tiempos, recursos dispuestos, mejorando así también el clima laboral. Pero por qué surge esta interrogante: casi la totalidad de los proyectos de construcción incumplen plazos, tienen baja productividad, presentan mayor costo de mano de obra, por lo que algunas de estas empresas llegan a quebrar y todo esto repercute finalmente en la sociedad. Por lo que la idea es llegar a una solución y/o mejora para lo anterior mencionado.

La problemática relacionada con los retrasos en las planificaciones de obra se observa en las consecuencias que esta genera como lo son el aumento del presupuesto inicialmente estudiado, incumplimientos de plazos de obra para mandantes ya sean públicos o privados, continuidad de fuente laboral que tienen los trabajadores con la empresa. Afecta la calidad de vida y a las comunidades relacionadas como el comercio aledaño, manufactureros, mano de obra, vecinos, etc. Disminuyendo la productividad y pudiendo finalmente llevar al quiebre de la empresa.

Existen variados métodos y herramientas de planificación que facilitan el proceso en el área de la construcción, aun así, existen problemas que se presentan en el transcurso de la obra, ya sean antes o durante la ejecución. Es por esto que se pretende proponer y crear una herramienta de simulación, que facilite a la empresa constructora la toma de decisiones de forma temprana para que de esta forma puedan evitarse retrasos en la planificación inicialmente propuesta del proyecto.

Es con esto que se pretende optimizar los recursos dispuestos para el proyecto, mejorando de esta manera productividad, relaciones laborales, reduciendo recursos económicos y finalmente disminuyendo el tiempo de ejecución, que es uno de los puntos más relevantes para un proyecto de construcción.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Proponer y crear herramienta de generación de alertas de atrasos de planificación, que facilite a la empresa constructora la toma de decisiones de forma temprana para evitar retrasos en la duración de obras de construcción de baja altura.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar los tipos de planificación más frecuentemente usados en un proyecto de construcción para seleccionar el que cumpla con el objetivo del estudio.
- Estudiar metodologías de planificación de proyectos de construcción para diagnosticar los problemas tempranos de atraso de un proyecto de construcción.
- Investigar y analizar las diferentes herramientas de simulación que son capaces de medir la productividad y/o planificación en obra con el objetivo de proponer soluciones de atraso en los plazos del proyecto.
- Analizar las actividades previas al inicio del proyecto que pueden generar atrasos a lo largo de la obra y que permiten proponer intervenciones para cumplir con los tiempos del contrato.
- Localizar y establecer señales-indicadores de detección de atrasos de la obra en forma temprana en la planificación de un proyecto.

## **1.3 Hipótesis de investigación**

El uso de la herramienta de generación de alertas de atrasos de planificación en forma temprana en un proyecto de construcción permite la toma de decisiones en forma oportuna y con antelación, logrando la disminución de los tiempos de ejecución de la obra.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 La administración de proyectos

Para abordar la administración es necesario saber cómo se define proyecto, el cual es un “conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería. (*Proyecto, Proyecta* / *Diccionario de La Lengua Española (2001)* / RAE - ASALE, n.d.)

La administración de proyectos es la función fundamental para llevar a cabo la ejecución de un proyecto. Proceso por el cual se obtienen, manejan y aplican recursos variados, necesarios para ejecutar el proyecto y cuyo desempeño se mide principalmente con base a los siguientes parámetros: costo, plazo, calidad y satisfacción del cliente y de los participantes del proyecto. (Serpell & Alarcón, 2001)

La administración de proyectos es la técnica o metodología utilizada para alcanzar objetivos en un tiempo estimado. Estos objetivos generalmente son eficiencia, productividad, reducción de costos y tiempos, control de riesgos, orden y evaluación continua de resultados.

Al administrar un proyecto se obtienen resultados más precisos y eficientes. Al tener un plan de proyecto es más evidente las fechas en las que se deben cumplir diferentes tareas específicas, por lo que al tenerlas estipuladas es más fácil y probable que se cumplan. Esto lleva a tener un cliente satisfecho, en este caso un mandante conforme, esto debido a que se cumplen fechas y avances propuestos inicialmente. Se incrementa la productividad ya que se reducen los procesos de trabajo. Se puede llegar a planificar rutas de trabajo optimizadas y ajustadas a la realidad, considerando contratiempos y recursos disponibles.

Fases de la administración de proyectos:

- Inicio: análisis de riesgos, de recursos necesarios y del alcance del proyecto para determinar su viabilidad. Determinar si es posible afrontar la realización del proyecto, lo que puede saberse mientras se realiza un plan estimado del mismo.
- Planeación: en esta fase se obtiene la ruta de trabajo óptima para alcanzar el objetivo del proyecto; además en esta fase se asignan responsabilidades. La planificación debe ser flexible, es decir abierta a posibles cambios durante su ejecución.
- Ejecución: detallar subtareas y se pone en práctica lo antes estipulado.
- Monitoreo y control: seguimiento continuo del proyecto.

- Cierre: analiza si el objetivo propuesto fue alcanzado durante el proceso de ejecución y el de monitoreo. (*¿En Qué Consiste La Administración de Proyectos?*, n.d.)

## 2.2 Herramientas de planificación

La primera herramienta de planificación fue desarrollada por Henry Gantt en 1917, carta Gantt o carta de barras. Gráfico en que las actividades se dibujan como barra en una escala de tiempo. Posteriormente Morgan Walker junto con James Kelly en 1956, desarrollaron un método racional para describir un proyecto en un computador, conocido como Método del Camino Crítico (CPM). En 1957 se diseñó una técnica particular de planificación para integrar 3.800 contratistas a cargo de la ejecución de 60.000 operaciones en un ambiente de alta incertidumbre, método de Técnica de Evaluación y revisión del programa (PERT).(Serpell & Alarcón, 2001)

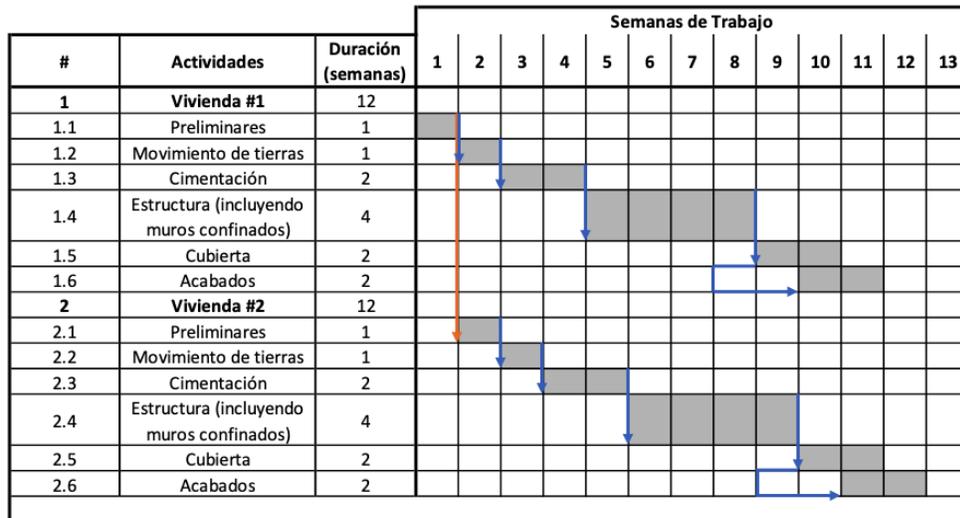


figura N°1: Ejemplo de Carta Gantt

Existen otros métodos de planificación, que se derivan de los anteriores mencionados, de los cuales los más importantes son:

- Método de Diagrama de Precedencia: introduce modificaciones a CPM, incluyendo relaciones entre las actividades de un proyecto.
- Decisión CPM (DCPM): incorpora esquema de los árboles de decisión al CPM tradicional.
- Técnica de Evaluación y Revisión Gráfica: método probabilístico, permite modelar planes incluyendo actividades que su ejecución es incierta, como también ciclos de retorno.

- Método de Líneas de Balance o gráfico de velocidad: son métodos lineales para proyectos que cuentan con tareas repetitivas, proyectos secuenciales.

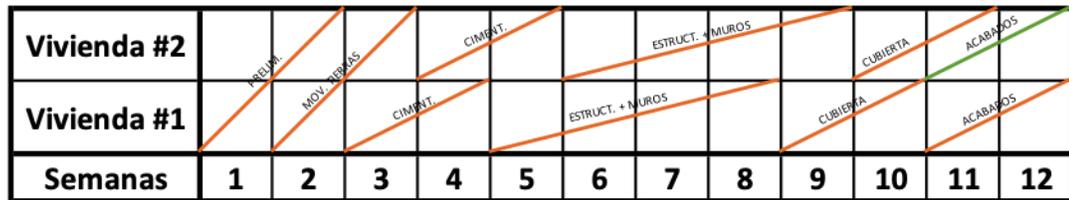


figura N°2: ejemplo líneas de balance o gráfico de velocidad

- Programación Rítmica: especial para proyectos repetitivos.

### 2.3 Planificación y ciclo de vida de un proyecto

La planificación es el proceso de desarrollar objetivos empresariales y elegir un futuro curso de acción para lograrlos. Comprende: a) establecer los objetivos de la empresa, b) desarrollar premisas acerca del medio ambiente en el cual han de cumplirse, c) elegir un curso de acción para alcanzar los objetivos, d) iniciar las actividades necesarias para traducir los planes en acciones y e) replantear sobre la marcha para corregir deficiencias existentes. (Welsch et al., 2005)

La planificación es muy importante para todo proyecto que se quiera ejecutar, es la base para que este tenga productividad y resultados positivos, cumpliendo de esta forma el objetivo planteado inicialmente. Es difícil que un proyecto que no presente planificación cumpla con lo que se le requiere, ya sean metas o plazos.

Se lleva a cabo dentro de un ciclo que se va repitiendo durante el desarrollo del proyecto. Este incluye las fases anteriormente expuestas en la administración de proyectos que son: inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control y finalmente el cierre.

Cada proyecto tiene una duración, involucrando desde su inicio hasta su cierre, las que se desarrollan en su ciclo de vida. Las principales etapas del ciclo de vida son:

- Factibilidad: incluye la formación del proyecto, planificación del diseño, de las adquisiciones, contrataciones. Diseño estratégico del proyecto.
- Planificación y diseño: planificación detallada, programación y presupuesto, términos y condiciones.
- Tareas previas: labores anteriores a la puesta en marcha, como instalaciones de faenas, ensayos, estudios, etc.

- Puesta en marcha: donde el proyecto se ejecuta, considerando las tareas ya planificadas.

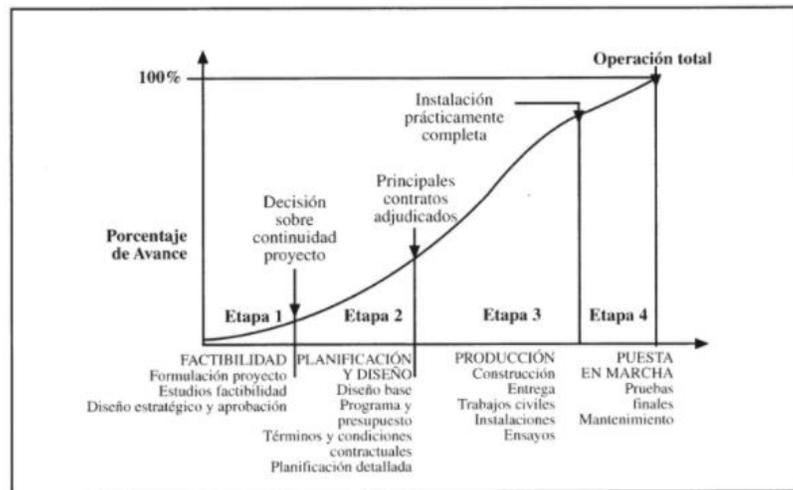


figura N°3: gráfica porcentajes de avance según etapa en el proyecto

## 2.4 Niveles de planificación

Es importante saber qué nivel de planificación es necesario implementar en cada etapa del proyecto a ejecutar. Es por esto por lo que se definen diferentes niveles de planificación, fundados en objetivos y detalle de tareas:

- **Planificación estratégica:** es el formular y establecer los objetivos de carácter prioritario, es decir a grandes rasgos, para posteriormente definir el curso de acción de los objetivos antes propuestos. Al definir de forma clara los objetivos se tiene una mejor meta para alcanzarlos. La planificación estratégica responde a la pregunta qué y por qué del proyecto. Se considera a largo plazo. (*Planificación Estratégica Rosario Bello, n.d.*)
- **Planificación táctica:** contiene los pasos específicos para implementar en la planificación, para los diferentes niveles de la empresa. Establece la prioridad de los pasos a seguir, para de esta manera cumplir los objetivos establecidos en la planificación estratégica. la planificación táctica tiene un alcance menor que la estratégica, pero más amplia que la operacional. Responde a la pregunta del cómo del proyecto y se considera a mediano plazo. (*Planeación Táctica: Características, Importancia y Ejemplos - Lifeder, n.d.*)
- **Planificación Operacional:** se encarga del detalle de las tareas a ejecutar en el proceso de ejecución del proyecto, proporcionando al personal una visión clara de las responsabilidades y tareas a desarrollar, para cumplir las tareas a nivel táctico. El plan operacional se limita a

sola una parte de la organización, es decir, es específica y diferente para cada tarea y/o parte de la empresa. Se considera a corto plazo, responde a las preguntas dónde nos encontramos, dónde queremos llegar y cómo medimos el progreso mediante este proceso. Esta planificación presenta información altamente detallada, para la realización de las tareas. (*Planeación Operativa: Características, Importancia y Ejemplo - Lifeder, n.d.*)

Es importante que exista una adecuada coherencia y relación entre los tres niveles de planificación, ya que abarcan diferentes magnitudes de la planificación, condiciéndose entre sí.

## **2.5 Sistemas y la planificación**

Se hace referencia a sistemas en el área de planificación como la solución que hace posible remover el problema o vacío en el entorno. Los proyectos son sistemas abiertos, con diferentes componentes que se deben de administrar integrándose entre sí, para que así se logre el objetivo inicialmente propuesto.

Puede decirse que un sistema involucra diferentes componentes que de forma ordenada conforman un gran total. El sistema tiene entradas y a su vez salidas. (Serpell & Alarcón, 2001)

La planificación se ha desarrollado constituyendo un subsistema del sistema de administración de proyectos, así como las otras funciones de la administración también lo son, como el control, organización, etc.

El sistema de administración de proyectos tiene como entrada los diferentes recursos como lo son los materiales, económicos, maquinarias, administrativos, entre otros; estos entran al sistema el cual aplica las fases de la administración de proyectos, para luego tener como salida resultados como lo son plazos, costos, calidad, eficiencia, etc.(Serpell & Alarcón, 2001)

## **2.6 Procesos de la planificación**

Cualquier proyecto requiere seguir pasos establecidos para que de esta manera se pueda llegar a cumplir el objetivo inicial.

- **Análisis del proyecto:** en este punto se realiza una especie de diagnóstico del alcance del proyecto, analizando su viabilidad. Analizando la necesidad o problema que se quiere resolver, definiéndolo y especificándolo. Se organiza y divide el proyecto en diferentes áreas, siendo de esta forma más fácil de abarcar. Se desarrolla el criterio de diseño que permita obtener una solución.

- Definición de objetivos: teniendo viabilidad en el proyecto se establecen objetivos, en este caso el objetivo principal del proyecto, que finalmente se determina su grado de cumplimiento, lo que hace al proyecto exitoso o no.
- Identificación de recursos: se establecen las herramientas, instrumentos y medios disponibles para la puesta en marcha del proyecto, ya sean propios o gestionados con diferentes entidades facilitadoras; es decir se verifica la factibilidad del proyecto.
- Plan de trabajo: en esta etapa se determinan fechas, plazos, recursos a utilizar en las diferentes tareas propuestas anteriormente y que en esta etapa se llevaran a cabo, optimizando las alternativas propuestas.
- Valoración de los resultados: en esta fase principalmente se analizan los objetivos propuestos en la etapa de definición de objetivos, se realiza una retroalimentación, elaborándose conclusiones acerca del cumplimiento de objetivos y del proyecto en general. (Serpell & Alarcón, 2001)(*5 Pasos Clave En La Etapa de Planificación de Un Proyecto / OBS Business School*, n.d.)

## **2.7 La planificación y el riesgo**

La planificación dentro de un proyecto es dinámica, esto quiere decir que puede variar a lo largo del desarrollo del proyecto en base a acciones que ocurren y que por diversos motivos no están contempladas en esta programación. Es por esto por lo que las mejores planificaciones no son las fijas y rígidas, sino las que se van adecuando al paso del tiempo, en base a los recursos disponibles y tareas a desarrollar, modificándose así a lo largo del proyecto.

Dicho de otra manera, la planificación debe estar abierta al cambio de acuerdo a las diferentes circunstancias posibles, lo que incluye abordar los riesgos que el proyecto involucra. Se define riesgo según Al-Bahar y Crandall (1990) como la exposición abierta a la posibilidad de que ocurran eventos que afecten en forma adversa o favorable a los objetivos del proyecto, como consecuencia de la incertidumbre existente.(Serpell & Alarcón, 2001)

En el proceso de la planificación deben de tenerse en cuenta los riesgos que pueden presentarse y a su vez las consecuencias que estos pueden desencadenar en él; eso es posible mediante el análisis y estudio minuciosos de estos posibles riesgos, integrándolos así en la planificación del proyecto, disminuyendo de esta manera las posibles consecuencias que pueden traer consigo.

## 2.8 Técnicas básicas de planificación

Como se definió en el punto 2.2 herramientas de planificación, existen variados métodos para la planificación de proyectos, de los cuales los más antiguos (carta Gantt) originaron lo demás métodos, que son modificaciones de estos mismos. Las cartas de barra y el análisis de mallas son las técnicas más básicas de planificación, que se detallarán en mayor profundidad que en el punto 2.2 a continuación.

La utilización de las diferentes técnicas de planificación es de criterio del profesional a cargo, esta elección se hace en base a la naturalidad del proyecto, dificultad, duración, si existe repetitividad, simplicidad, etc. Para que así la técnica escogida sea la más apropiada para el proyecto en particular.

Considerando los niveles de planificación definidos en el punto 2.5, pueden proponerse el uso de unas u otras técnicas para su desarrollo según los niveles de proceso de la planificación, general o más específica.

En la planificación estratégica, que es la que determina los planes más en el general, se suele utilizar una carta de barras (Gantt). Estas planificaciones generalmente dividen el proyecto en ítems generalizados entre los cuales se distribuyen las tareas, para las etapas iniciales. Para etapas más avanzadas en el tiempo esta técnica permite observar las relaciones entre los componentes principales, permitiendo de esta manera poder definir los objetivos generales o principales del proyecto. Posteriormente se van agregando actividades más específicas, pudiendo determinar puntos críticos dentro de la planificación de la obra.(Serpell & Alarcón, 2001)

En la planificación táctica y operacional se suelen usar las mismas técnicas de planificación. Aumentan la cantidad de detalles y especificaciones en comparación con la planificación estratégica, se deben de agregar más actividades a la carta de barras, lo que aumenta la división de las tareas que eran las más generales establecidas inicialmente; esto genera un aumento considerable en el total de tareas a crear en la carta Gantt, lo que aumenta la cantidad de barras y con esto finalmente puede convertirse en una herramienta poco dócil, por lo que se debe de tener especial cuidado al determinar los inicios de cada actividad y su duración, que dependiendo de la magnitud del proyecto puede presentarse en días, semanas o meses.(Serpell & Alarcón, 2001)

Respecto a las técnicas básicas de planificación se detallan a continuación:

Hitos: herramienta o marcador que se usa para trazar un punto en el cronograma del proyecto, los que pueden indicar inicio o finalización de partes importantes de la obra, se utilizan de esta manera para simbolizar que cualquier tarea inicia o termina. Estos se encuentran en software de gestión de

proyectos y se representan como diamantes en el diagrama de Gantt. Los hitos dividen el cronograma en etapas del proyecto. Con esta herramienta se puede calcular de mejor manera la holgura en el proyecto al ir dividiéndolo en intervalos o espacios de tiempos menores, lo que a su vez los hace más controlables. (*¿Qué Son Los Hitos En La Gestión de Proyectos?* - ProjectAdmin, n.d.)

Carta de barras (Gantt): la herramienta de planificación más conocida y utilizada, representación gráfica de la planificación de obra en barras, de fácil comprensión. Las actividades se disponen en el eje vertical, mientras que el eje horizontal representa el tiempo, completando las barras de cada actividad en el espacio de tiempo correspondido. (*¿Cuáles Son Los Métodos Básicos de Planificación En Construcción?* - Clase Ejecutiva., n.d.)

Diagramas lógicos (mallas) flecha-actividad y nodo-actividad: representan al proyecto como una malla de actividades relacionadas entre sí, con sus interrelaciones y secuencias correspondientes. El de flecha-actividad se compone de flechas como actividades y los nodos como eventos. El de nodo-actividad representa las actividades por nodos y las relaciones de procedencia entre las tareas como flechas, recomendado para relaciones más complejas. (*¿Cuáles Son Los Métodos Básicos de Planificación En Construcción?* - Clase Ejecutiva., n.d.)

Método de la ruta crítica (CPM): algoritmo diseñado para facilitar la planificación de un proyecto. Consiste en un cronograma, en el cual se conoce la duración total de este y a su vez la clasificación de sus actividades según su nivel crítico. Para establecer un cronograma se debe tener en consideración la relación de precedencia entre las tareas, para así poder determinar la ruta crítica. (*Método de La Ruta Crítica - CPM - Ingeniería Industrial Online*, n.d.)

Método del diagrama de precedencia (PDM): se usa para crear un diagrama de red del programa de trabajo, utiliza casillas que se conectan con flechas, que muestran dependencias entre las actividades, también se le llama actividad en el nodo y es usado por la mayoría de los softwares de gestión de proyectos. Este método presenta diferentes relaciones que son: final a inicio, final a final, inicio a inicio e inicio a fin. (CASTRO SALAMANCA, 2018)

## **2.9 Métodos de planificación**

La planificación tradicional considera las planificaciones basadas en la carta de barras (Gantt) anteriormente analizadas.

El método de construcción sin pérdidas (lean construction) se orienta hacia la administración de la producción de la construcción, para reducir o eliminar tareas que no agreguen valor al proyecto y optimizar las que sí. Creando herramientas aplicadas en el proceso de producción. Su objetivo es

diseñar sistemas de producción para minimizar o eliminar desperdicio de materiales y la excesiva producción de residuos, con el fin de generar la cantidad máxima de valor. (Porrás Díaz et al., 2014)

El sistema del último planificador (last planner). Se basa en aumentar el cumplimiento de las actividades mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la misma planificación. Contiene 3 niveles de planificación, donde cada vez se va disminuyendo la incertidumbre. Estos son: programa maestro, planificación intermedia, proceso de planificación semanal. El programa maestro genera el presupuesto y programa del proyecto. La planificación intermedia controla el flujo de trabajo considerando todos los componentes del proyecto, recursos humanos, proveedores, contratistas, etc. también en esta etapa se desglosa lo planteado en el programa maestro creando así tareas de menor envergadura para su fácil manejo. El proceso de planificación semanal presenta un gran nivel de detalle y debe de supervisarse continuamente en obra. (Angeli Gutiérrez, 2017)

Building information modeling (BIM) es una metodología para el desarrollo y uso de los modelos BIM (modelo digital paramétrico del producto de construcción) para decisiones de diseño, construcción operación durante el ciclo de vida del proyecto. Existen dos definiciones para BIM mencionado anteriormente, por lo que puede determinarse que estas son complementarias entre sí; la metodología BIM requiere un modelo BIM y viceversa. Esta tecnología facilita la planificación y control de los procesos de diseño y puesta en marcha de los proyectos. Esta tecnología no está libre de errores, pero si permite detectarlos rápidamente, para su corrección. (Trejo, 2018)

## **2.10 Control y gestión de procesos**

El control y la gestión del proyecto son tan importantes como la misma planificación esto debido a que nos permite hacer comparaciones a lo largo del desarrollo del proyecto del desempeño real y con el planeado inicialmente.

El seguimiento es la obtención y el análisis de la información del desempeño del proyecto hasta el momento en que se realiza el control, esto en base a lo programado inicialmente en la planificación, con lo que pueden identificar variaciones en esta planificación y puede realizarse una proyección de cómo se desarrollará el proyecto en un futuro.

El control refiere a las acciones que van a realizarse basado en el desempeño analizado en el seguimiento, para interferir en el desarrollo del proyecto y así controlar las variables que se alejen de lo presupuestado en un inicio; es decir el seguimiento consiste en identificar y el control en actuar.

Un proceso es una secuencia de pasos a seguir que presentan cierta lógica y que se siguen para poder lograr un resultado específico. (*Definición de Proceso - Qué Es y Concepto*, n.d.).

Considerando este significado se toma lo anterior expuesto sobre el control y seguimiento que fue definido en torno al avance del proyecto en su totalidad, y que se aplica de igual manera en todos los procesos, actividades y funciones que lo componen el proyecto en el general.

Para realizar un seguimiento y un control adecuado se debe contar con una estructuración de las actividades y procesos de control, con el fin de identificar en que estado se encuentra el proyecto, que pueda identificarse áreas referidas a problemas que deban de atenderse con una mayor atención.

### **2.11 Naturaleza del control de proyectos**

El control dentro de la planificación tiene como fin el evaluar el desempeño real del proyecto y compararlo con los objetivos planteados al inicio de este. Existen diferentes variables a considerar para realizar esta comparación, la principal generalmente es el tiempo de desarrollo del proyecto, igualmente se tienen costo, calidad, avance físico, etc.

El control puede definirse en tres diferentes etapas:

- Especificación: se define el resultado que se quiere alcanzar, con objetivo y estándares delimitando indicadores con el fin de obtener unidades medibles.
- Ejecución: se materializa el control del proyecto, cumpliendo el objetivo planteado en la especificación.
- Inspección: se determina si la ejecución del control cumple con lo especificado. Se determina si es suficiente, o si es necesario implementar otras especificaciones.

El control del proyecto puede dividirse en un control preliminar, el cual tiene el fin de prevenir posibles problemáticas o desvíos de la planificación inicial. Control recurrente, en el cual se realiza un seguimiento constante de las diferentes actividades comprobándose su correcto desarrollo de acuerdo con la planificación inicial y sus objetivos y finalmente control de retroalimentación, donde se analiza los resultados finales, en el que se determina cuáles de los indicadores disponibles serán de ayuda en el análisis del desempeño del proyecto.

### **2.12 Incertidumbre en la programación de proyectos**

La incertidumbre es una expresión que manifiesta cierto grado de desconocimiento acerca de una condición futura, no se conoce la probabilidad de que ocurra determinada situación, puede ser derivada de la ausencia de información o desacuerdo acerca de la información que se tiene; la incertidumbre es la falta de seguridad, no se tiene respuesta exacta o concreta.(RAE, n.d.)

### **2.12.1 Incertidumbre y riesgo en la programación**

El riesgo se trata de un hecho o condición incierta que, si ocurriese, podría tener un efecto positivo o negativo, considerando oportunidades o amenazas, sobre algún objetivo o variable dentro del proyecto, como lo pueden ser los costos, avance físico, entre otros.

El concepto de riesgo está asociado a la probabilidad de ocurrencia del hecho referido a la incertidumbre y por otra parte al impacto que este mismo hecho produce en los resultados esperados inicialmente del proyecto.

La incertidumbre y el riesgo son conceptos que van de la mano. La incertidumbre va relacionada a una acción que es la que finalmente genera el riesgo dentro del proyecto. Es importante mencionar que los riesgos no son exclusivamente en desencadenante de efectos negativos para el proyecto; es posible que se tenga un riesgo y que finalmente se tenga un resultado positivo para el desarrollo de la planificación.

### **2.12.2 Cualitativos de manejo del riesgo**

Al referirse a cualitativos consideramos recopilación de datos o análisis de estos de una manera no numérica, es decir evaluamos las condiciones referentes a su calidad y propiedades valga la redundancia, propias en este caso de las actividades y tareas presentes en el proyecto. En este caso referente al análisis de manejo de riesgos en el proyecto es una herramienta rápida y económica de establecer prioridades para la organización de la respuesta a los riesgos; igualmente se sientan las bases para el posterior análisis cuantitativo de riesgos si se requiere.

### **2.12.3 Métodos probabilísticos, PERT**

En proyectos con gran incertidumbre el análisis y manejo de los riesgos involucrados debe ser explícitamente dentro de la programación, ya que es un punto con mucha incidencia dentro de la planificación. Esto no es posible con los métodos tradicionales como lo son el método del camino crítico o el método de precedencia, que son más bien acotados y básicos, al menos en el caso de alto grado de incertidumbre.

En este caso es conveniente aplicar los métodos probabilísticos, estos tienen un enfoque probabilístico que permite una mejor comprensión de la exposición global de la programación de un proyecto y considera un análisis de actividades posiblemente críticas, que con métodos tradicionales no serían consideradas como de importancia.

Uno de los principales métodos probabilísticos es el método PERT (program evaluation review technique) que suele emplearse cuando las actividades que componen el proyecto están sujetas a posibles variaciones, lo que involucra un alto grado de incertidumbre, esto en las diferentes actividades y partidas, que finalmente afectan y varían el resultado final del proyecto.

El sistema PERT se basa en el análisis de diagramas lógicos de malla y reconoce la estimación probabilística de las duraciones de las actividades, considerando tres diferentes duraciones para estas. Duración optimista, pesimista y la duración más probable. La duración optimista considera las condiciones más favorables. La duración pesimista considera que la actividad es ejecutada en las peores condiciones posibles, es decir las más desfavorables. La duración más probable aquella que se espera en condiciones normales, con recursos normales, es la que tiene mayor probabilidad de ocurrir.

#### **2.12.4 Simulación de Montecarlo**

El análisis de Montecarlo es un método utilizado para, mediante una simulación matemática compleja, aproximar el resultado de cálculos de los que no se puede obtener una solución exacta. Utilizado para realizar estimaciones en caso de que existan parámetros que presentan variabilidad.

La simulación de Montecarlo es un método de simulación que, en planificación, permite calcular estadísticamente el valor final de una secuencia de sucesos no deterministas, es decir que están sujetos a variaciones, asociados a incertidumbre, como pueden ser el avance físico y los costos del proyecto. Este consiste en ejecutar varias veces los diferentes sucesos variando aleatoriamente su valor entre 0 y 100, asemejando este valor a la probabilidad de ocurrencia del riesgo; basándose en la función estadística que los define, dando como resultado conjunto de valores, de esta manera se puede calcular el valor medio de estos y obtener así la variabilidad para el conjunto de resultados obtenidos con la simulación. Este método permite calcular resultados en base a un determinado grado de confianza y de esta manera determinar qué tan realista es la planificación realizada para el proyecto y así poder ajustar los objetivos iniciales del proyecto. (*Método de Montecarlo | Cómo Usarlo Para Hacer Simulaciones*, n.d.)

Este método no suele aplicarse a proyectos de menor envergadura, ya que estos presentan grados de incertidumbre bastante pequeños, para emplear el método de Montecarlo es necesario prescindir de algún software computacional, debido a su complejidad matemática.

## CAPÍTULO III: MARCO METOLÓGICO

### 3.1 Nivel de la investigación

La investigación realizada contempla los grados descriptivos y explicativos, que se detallan a continuación:

- Descriptiva: se describen las partidas y correlaciones presentes en las planificaciones de las obras de edificación a utilizar.
- explicativa: se busca encontrar el porqué de los hechos ocurridos en la planificación de las obras analizadas estableciendo relaciones causa-efecto y de esta manera establecer medidas posibles para que en futuras obras no ocurran como en las muestras.

### 3.2 Diseño de la investigación

En el marco de la presente memoria se desarrolla un diseño de investigación descriptiva, explicativa y aplicada científica, en la cual se van a medir y analizar diferentes variables, con el fin de pronosticar en un futuro diferentes consecuencias en base a las posibles decisiones que se toman. (*Tipos de Investigación - Significados*, n.d.) Se basa en la variante transversal, es decir que se recolectan datos en un único momento para describir y analizar su relación. En esta investigación se tendrá un grupo de control, el cual consiste en tres obras de edificación, específicamente edificios de baja altura (máximo 5 pisos), en cada una de estas se va a analizar la planificación de la construcción. Se considera como grupo de control y no experimental, puesto que este no presenta variaciones con la investigación realizada, sino que se utilizan los datos recolectados de los proyectos, sin incidencia de la investigación en su desarrollo.

Anterior a la selección de las obras que se van a considerar como las muestras, se considera oportuno solamente contemplar obras de construcción de edificios de baja altura, con el fin de unificar la recolección de datos de las planificaciones, de esta manera se cuenta con partidas similares entre cada una de las muestras seleccionadas a fin de crear una herramienta genérica para este tipo de obras.

Se inicia la investigación con la selección de las obras a considerar dentro del grupo de control a definir. Se consideran obras que ya hayan finalizado su ejecución, para de esta manera analizar las diferentes variables que pudieron afectar en el desarrollo de estas. Por lo que es imprescindible que las obras que se seleccionen cuenten con la mayor cantidad de información disponible para el observador y su análisis.

Posteriormente se estudian las obras en detalle a lo largo de su desarrollo, considerando variables como las siguientes:

- Plazo
- Emplazamiento
- Planificación
- Trabajadores
- Rendimientos

Se estudia la planificación de cada una de las obras, su carta Gantt, las diferentes partidas involucradas, duración, las relaciones entre cada una de ellas y se contrasta con lo realizado en las obras. De esta manera se tiene antecedente de las partidas que presentan atraso y/o problemas en su desarrollo. Teniendo los antecedentes anteriormente mencionados se determinan indicadores estratégicos que son claves en la detección de los riesgos en la planificación de una obra de edificación.

Los indicadores estratégicos son parte muy importante en el desarrollo de la investigación, esos se crean basándose en los puntos débiles de las planificaciones y desarrollos de las obras escogidas como muestras. Primeramente, se determina la ruta crítica para las obras, posterior se analizan las temáticas que a criterio del autor son indispensables tratar para una mejora del desarrollo. Los indicadores son creados bajo el análisis de las planificaciones, rendimientos de las obras, ruta crítica general y los problemas y fallos en una planificación.

Un punto de gran importancia al diseñar los indicadores que conformarán la herramienta de generación de alertas de atrasos en forma temprana contempla el desarrollo de los primeros 4 meses de desarrollo de las obras, considerando ejecución de obras como también etapa de diseño.

Teniendo los diferentes indicadores estratégicos referidos a los atrasos en las planificaciones de las obras se desarrolla con estos una matriz de indicadores, la que finalmente es la que determinará cuales son los elementos decisivos en la planificación, para de esta forma detectar de manera temprana los riesgos presentes en la planificación de obra.

### **3.3 Selección de la muestra**

Se tratará de una muestra no probabilística, ya que se escogerá en función de la finalidad de la investigación, es decir con el fin de proponer una herramienta de generación de alertas, que facilite la toma de decisiones de forma temprana anteponiéndose a los posibles riesgos.

En este caso la muestra a considerar serán tres obras de edificación, obras ya ejecutadas las cuales tuvieron retrasos en su ejecución, diferencias entre sus planificaciones y lo realmente ejecutado, entre otros factores relevantes en relación con sus planificaciones.

Se tiene en consideración que las muestras a utilizar serán obras específicamente de obras de construcción de edificios de baja altura.

### **3.4 Operacionalización de variables**

La variable por considerar en esta investigación va a ser el tiempo, a pesar de considerarse siempre como una variable independiente, en este caso lo que va a medirse es la variación que tiene la duración del proyecto (meses, días u otro) en relación con la planificación inicial. Se analiza el tiempo estimado inicialmente y el tiempo real de ejecución de la obra, el cual va a variar dependiendo de los riesgos que se presentaron a lo largo del desarrollo de la obra de edificación analizada. Esto con las tres muestras a considerar.

Se considera igualmente otras variables secundarias, que tienen también incidencia como lo son el presupuesto, impacto social e impacto sobre los trabajadores de la empresa, entre otras variables.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Principalmente la recolección de datos en la investigación se realiza mediante la técnica de la observación directa, en la cual se estudian las obras seleccionadas, todo esto sin intervenir o alterar su desarrollo, ya que se trata de obras que ya finalizaron, por lo que se trata de una observación directa en cubierta, ya que en inicio del desarrollo de estas no se tenía idea de que se estudiarían. (*Tipos de Investigación - Significados*, n.d.)

Se recolectan todos los antecedentes disponibles acerca de cada una de las muestras, fotografías, sistemas de planificación, partidas críticas, emplazamiento, entre otros. De esta manera al tratarse de una observación directa en cubierta, se asegura que el desarrollo de las obras pertenecientes a la muestra se desenvuelve en completa normalidad, sin necesidad de cambiar su comportamiento en base a una observación, por lo que se tendrá una obra de cierta manera “limpia”, sin modificaciones de externos, en este caso del observador, que es quien va a llevar a cabo la investigación.

### **3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

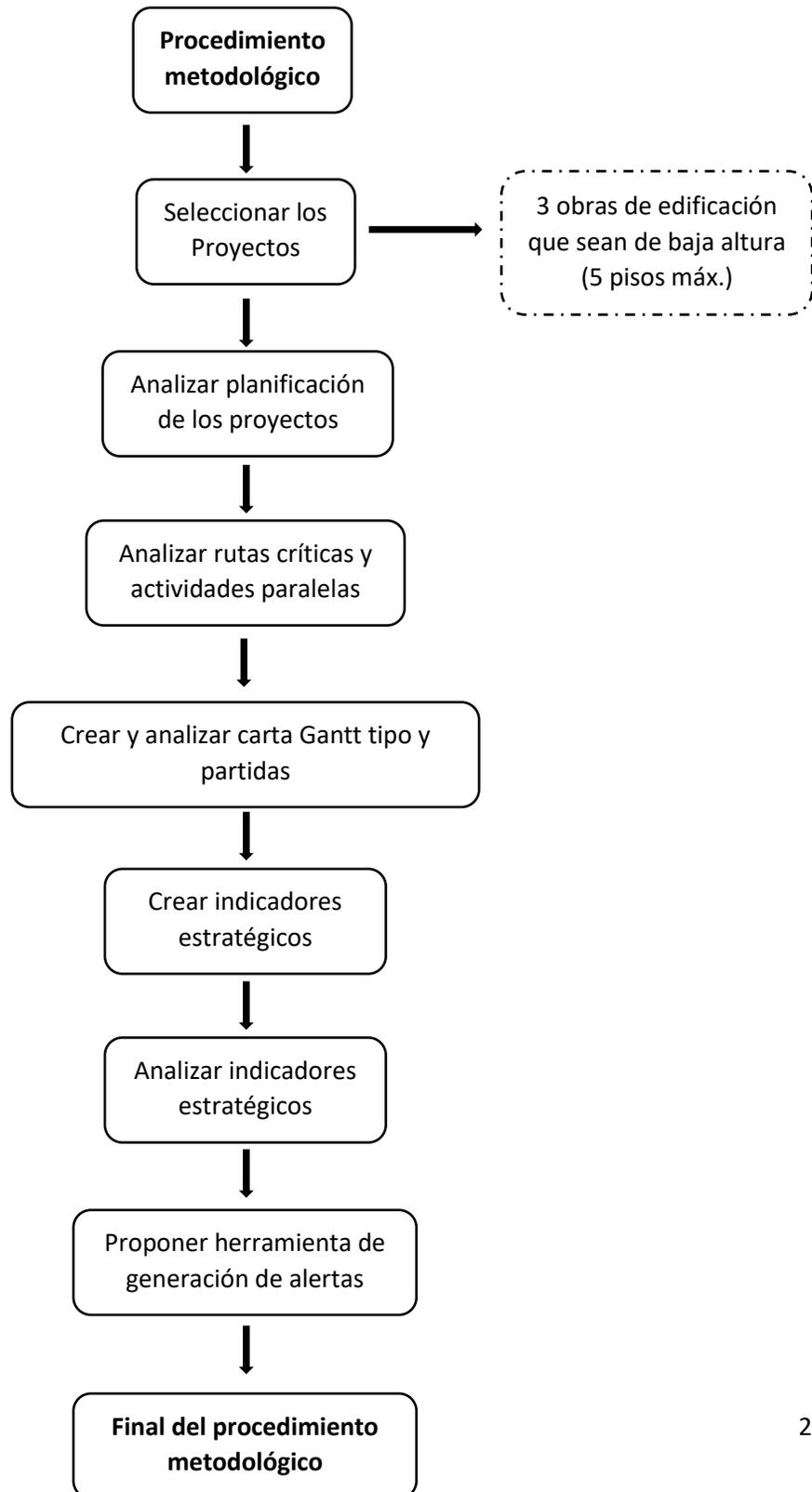
Los datos obtenidos en la investigación se registran, se tabulan y con ellos se crean indicadores con los cuales se generará una matriz de indicadores, con la que, en base a un análisis de las obras pertenecientes a las muestras, que presentan deficiencias respecto a seguir su planificación inicial, de detectarán tempranamente en obras futuras los riesgos en relación con la planificación de estas.

En lo referente al análisis de los datos obtenidos del análisis de las muestras, se realizará mediante técnica lógica:

- Técnica lógica: se deducirá de acuerdo con lo observado en las obras pertenecientes a las muestras, cuáles son los puntos que desencadenan la desincronización de las planificaciones con lo realmente efectuado en la obra, cuáles fueron los riesgos que no fueron divisados y por esto tampoco pudieron tomarse medidas respecto a esta situación, de los cuales se desprenderán los indicadores mencionados con anterioridad. Se analizarán los datos obtenidos, la matriz a realizar con la cual se concluirá que conlleva cada uno de los datos de las muestras.

### 3.7 Metodología

A continuación, se detalla el procedimiento metodológico a seguir durante el proceso de investigación, con un diagrama de flujo. Se detalla en carta Gantt en Anexo N°1



## CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LOS PROBLEMAS DE PLANIFICACIÓN

### 4.1 Análisis de fallos de planificación de un proyecto

Una planificación de una obra de construcción debe realizarse con una estrategia, los fallos en esta pueden agravar la situación si estos son más de uno o son en conjunto, y así desencadenar en una situación delicada para la empresa a cargo de la obra (Ardila, 2015). A continuación, se detallan fallos comunes al momento de planificar un proyecto y que ciertamente deben evitarse:

- **Establecer metas difusas:** la meta final generalmente se tiene en claridad, la que generalmente se trata de cumplir con los plazos estipulados para el desarrollo de la obra a ejecutar, pero cuales son las metas intermedias que llevar a la meta final a cumplirse, muchas veces no son claras, lo que lleva a no cumplir con los plazos de ejecución.
- **No analizar diferentes escenarios:** la ejecución de una obra está sometida a múltiples factores que pueden intervenir en su desarrollo, que finalmente afectan en los plazos, por tanto, se hace de máxima necesidad el saber reconducir y afrontar diferentes escenarios. No basta con el considerar la ejecución de la obra en el caso particular o quizá en el más favorable, sino ponerse en diversas circunstancias y saber cómo afrontar cada una de estas. Analizar los diferentes temas y decidir cuál es el idóneo en cada uno de los casos. Por sobre todos los casos tener una segunda opción en caso de que la planificación inicial no sea viable. Se deben plantear diferentes escenarios, elegir, tomar acción y si las cosas no se guían por lo inicialmente planificado sacar otras opciones rápidamente, lo importante es enfocarse en la solución y no en el problema.
- **No conocer la obra:** es imposible que una obra funcione de manera óptima en conjunto con su planificación, si no se tiene conocimiento pleno de la misma. Se debe de conocer en profundidad, para de esta manera poder tomar decisiones adecuadas, no solamente se trata de conocer la planificación en detalle, el saber rellenar una carta Gantt, sino el conocer el desarrollo de la obra en tiempo real. El saber cómo debe de estar trabajando y el cómo funciona realmente el proyecto, sino ocurre esto no será posible detectar diferencias y finalmente tener un desarrollo óptimo de la obra en ejecución.
- **No sectorizar:** el llevar una obra puede parecer algo imposible o de una dificultad bastante alta y ciertamente puede serlo, si no se divide en diferentes sectores. El sectorizar facilita el seguimiento de las diferentes tareas, priorizando unos por sobre otros, lo principal es el decidir cuál de todos los sectores es el más prioritario el cual permita alcanzar metas intermedias lo antes posible y de esta manera ir abriendo la obra en su máxima capacidad. Al

ir dividiendo de esta manera la obra igualmente se debe de ser capaz de llevarlas todas a la misma vez.

- **Ser demasiado positivo:** ser positivo es algo importante y ciertamente práctico, en su justa medida. El pensar en todo momento que todo lo planificado va a ocurrir tal cual es demasiado positivo e irreal, en cualquier momento puede ocurrir un imprevisto, que pueda afectar a la planificación inicial; ya que los enemigos del plazo son demasiados, cualquier detalle que a priori puede parecer ínfimo puede acabar retrasando la obra. Por tanto siempre se debe de estar atentos a prever posibles desviaciones más allá de lo normal.
- **Falta de flexibilidad:** el ser rígido con la planificación que se tiene de un inicio es un fallo que puede llevar a consecuencias graves. Si se llega a tener un imprevisto ya sea en plazos, tareas a ejecutar, escenario económico o de cualquier tipo, se debe de adecuar a la circunstancia presente sabiendo llevar los escenarios, aun no estando previstos inicialmente en la planificación. La falta de flexibilidad suele verse reflejada en no asumir errores al planificar la obra, en las decisiones que se toman, en la manera de resolver conflictos, de la forma que se analizan las consecuencias negativas de diferentes acciones y decisiones, entre otros aspectos.
- **No tener en cuenta la fase del año y emplazamiento:** no considerar las acciones del clima, pueden considerarse un fallo. Una obra desarrollada en invierno presenta muchos más riesgos que una obra desarrollada en verano, no se tendrán las mismas precauciones ya que las estaciones condicionan el desarrollo de la obra, diferencias de temperaturas, precipitaciones, heladas, entre otros, la obra debe adecuarse a las diferencias de cada estación. Igualmente, con el emplazamiento existen diferencias en situar una obra en una zona geográfica o en otra con diferentes altitudes, temperaturas, precipitaciones. Por tanto, es de gran importancia considerar la fase del año y el emplazamiento para una correcta ejecución de la obra de acuerdo con la planificación inicial.
- **No optimizar plazo:** con optimizar plazo se hace referencia a gestionar tareas dispuestas en fechas futuras y llevarlas a medida de lo posible a fechas próximas, siempre y cuando no interfiera en el desarrollo de la obra, modificando de esta manera la planificación para mejor, optimizando plazos de diferentes partidas, que, si se hace con criterio, puede dar holgura para tareas críticas en su desarrollo. De esta manera se optimiza plazo que finalmente lleva a una optimización de recursos, que ciertamente es un punto de los más importantes para las empresas constructoras.
- **No realizar un seguimiento:** la planificación de una obra está en constante modificación, esto debido a que lo realmente ejecutado nunca es una copia genuina de lo planificado, por

lo que al ir siguiendo la obra se observan las diferencias entre estos y que da el paso a modificar lo que inicialmente se tenía contemplado en la planificación; de esta manera igualmente se pueden controlar los desvíos y no convertirlos en grandes problemáticas. Es prescindible entonces llevar un seguimiento, mensual, semanal o diario.

## 4.2 Errores en la gestión de proyectos

La gestión de proyectos y la programación pueden tener una serie de problemas y riesgos que desencadenan en errores, que deben de tenerse en cuenta (*Gestión de Proyectos. Problemas y Riesgos Más Comunes.*, n.d.). Los más significativos y/o comunes se detallan en seguida:

- **No conocer si las actividades se están desarrollando de acuerdo con el programa:** si no se tiene conocimiento acerca de cómo se están llevando a cabo las diferentes partidas y tareas que componen el proyecto es bastante difícil llevar una programación y una gestión que se ajusten a la obra, puesto que no se tiene control ni seguimiento de las actividades.
- **No tomar decisiones en el momento adecuado:** el no saber actuar a tiempo y tomar las decisiones acertadas desata errores en la gestión del proyecto. Este retraso en la toma de decisiones puede deberse a variados factores, entre los cuales se encuentra el poco riguroso control y seguimiento, el poco conocimiento de la obra a ejecutar, la falta de flexibilidad, el no tener metas claras, entre otros.
- **No tener un orden y disciplina de trabajo:** el no llevar un orden se considera un error en la programación y la gestión del proyecto, puesto que si no se lleva un orden es probable que sea de gran dificultad el poder desarrollar un seguimiento acorde a la obra y de igual manera con la disciplina en el trabajo. Es importante ser constante, ordenado y disciplinado para obtener una gestión exitosa.
- **Planificaciones no ajustadas a la realidad:** esto debido a estimaciones inexactas, falta de recursos, pudiendo ser económicos, maquinaria, materiales, humanos, entre otros. Modificaciones de fechas, de requisitos o documentaciones necesarias. El utilizar herramientas, técnicas y datos adecuados para dimensionar el esfuerzo, costo y recursos, pueden ayudar a disminuir estos errores.
- **No tener una visión del estado real de los proyectos:** lo que lleva a no tener una visibilidad de la evolución del proyecto. La mejor herramienta para contrarrestar este error en la programación es el llevar un seguimiento del proyecto, ya sea mediante visitas, reuniones, establecer hitos principales, etc.

- **Retraso en la entrega de partidas:** el tener atraso en la entrega de partidas o actividades la programación de la obra se ve afectada, debe modificarse, para poder evitar estos retrasos en las actividades es una buena iniciativa el realizar un análisis del porqué se obtuvo aquel resultado, considerando los diferentes problemas, riesgos y puntualidades que conllevaron al resultado de obtener retraso en los plazos de entrega de las partidas.
- **Falta de comunicación:** un error grave en la programación de proyectos es el no considerar una comunicación fluida en las distintas direcciones en el ámbito de un proyecto, si no existe comunicación entre las partes es posible que existan deficiencia en las diferentes actividades a realizar, tanto partidas propias del desarrollo mismo de la obra, como tareas administrativas, deficiencias que genera descoordinación entre las mismas partes y que finalmente afectan plazos y presupuestos del proyecto. El desarrollar un plan de comunicación inicial en el que se establezcan las necesidades de comunicación durante el desarrollo de la obra, ya sea con reuniones o algún otro método, puede ser una buena medida para evitar esta problemática.
- **Falta de funciones determinadas:** la existencia de personal que compone el equipo de trabajo que no tenga una responsabilidad o función específica atañe en el desarrollo pleno del proyecto, afectando principalmente a la gestión de costos y en la producción de la obra. Con el fin de que esto no ocurra, es una iniciativa positiva el definir roles y responsabilidades de todos los miembros del equipo de trabajo de acuerdo con la programación de la obra a ejecutar.
- **Modificaciones del alcance en el transcurso del proyecto:** el modificar el alcance que tendrá el proyecto es un punto sensible si de programación y gestión se trata, puesto que esto requiere incorporar ítems que no estaban presupuestados en la obra lo que de cualquier manera afectará la planificación de esta, considerando recursos económicos, humanos, maquinaria, entre otros. Sin contar que involucrará un aumento el plazo final de entrega de obra.

Al analizar los diferentes errores anteriormente mencionados se puede deducir que tienen un punto en común, la mayoría de los errores en la programación y gestión de proyectos pueden disminuir o eliminar sus efectos negativos con un seguimiento exhaustivo del desarrollo de la obra como también de la misma planificación. Puede tomarse en consideración entonces que un seguimiento y un control aportan considerablemente en el desarrollo de la obra a ejecutar, pudiendo acercarse al objetivo final que generalmente se trata de cumplir plazos y metas de rendimientos y costos.

### 4.3 Errores en gestión de control de costos

La industria de la construcción y las actividades asociadas a este rubro son hoy en día un entorno altamente competitivo donde los imprevistos no tienen cabida, por este motivo es esencial el disponer de sistemas eficientes de organización de recursos, ya sean humanos, técnicos o financieros.(Puga, 2020)

Referido a los recursos financieros son un tema de especial cuidado, puesto que un error o fallo en ellos, puede desencadenar graves efectos, incluso llegando a la quiebra de la empresa constructora a cargo del proyecto.

Se debe tener en cuenta que el margen de utilidad de una obra se suele fijar como un porcentaje de la obra total y la competitividad que se genera entre empresas es al fin y al cabo en lo que puede llegar a bajarse este porcentaje. De esta manera al ser tanta la competitividad cualquier error en la gestión de estos costes puede suponer un riesgo inminente para la empresa. Es por este motivo que las empresas suelen sentirse inseguras con respecto a la planificación organización y la ejecución de obra ya que suelen tratar de contener cualquier desviación respecto a lo planificado en un inicio, ya sea en costes, tiempos, plazos, entre otros. Asegurar una planificación y el cumplimiento de esta requiere que exista control sobre gastos, de personal, de contratistas, proveedores, estructura, administrativa y técnica. De esta forma se tiene en cuenta que son muchos los ámbitos que se deben de controlar para no llegar a errores en la gestión de los costos de una obra.

Son diversos los errores que pueden cometerse a la hora de gestionar los recursos económicos, que son los recursos que condicionan el funcionamiento de una empresa, al fin y al cabo (*Diferencias y Errores Comunes En El Control de Costos y Gastos / Grandes Pymes*, 2018). Se enumeran a continuación errores comunes en el control de costos:

- Cambios en la compra de insumos sin una cobertura debida, que genera una exposición a riesgos.
- No anticipar demanda de materiales y diferentes recursos, acumulándolos de esta manera, sin incrementar en ese tiempo su valor.
- No supervisar la calidad del trabajo realizado, es decir contar con controles de calidad que no ejecuten su trabajo adecuadamente.
- No contar con un ambiente de trabajo grato, óptimo, no capacitar al personal. No contar con las condiciones adecuadas para que el personal sea lo más productivo posible

- No dar el mantenimiento adecuado a maquinarias y equipos dispuestos en la obra, lo que puede llevar a una descomposición de estos, que a fin de cuentas afecta la planificación y requiere un desembolso de dinero no contemplado inicialmente.

Existen diferentes medidas para evitar errores en la gestión de los costos disponibles para la obra a ejecutar, entre los cuales se tienen:

- Controlar desviaciones: evitar los errores, es decir reducir riesgos y el factor de error humano. Llevar un seguimiento eficaz que sea capaz de detectar errores y de esta manera controlar las desviaciones que puedan generarse de acuerdo con la planificación de la obra, que repercute en la gestión de recursos económicos.
- Racionalizar recursos: eliminar procesos, personal e infraestructura que no sean necesarias. Tener un sistema que gestión de la obra, que toda la obra tenga accesibilidad, con el fin de facilitar el trabajo de cada uno de los trabajadores del proyecto, y de esta manera optimizar los recursos disponibles.
- Comparar y controlar costes: el hecho de cotizar con diferentes proveedores, comparar entre sí y aliarse con los que ofrezcan mejores precios en el mercado es un punto bastante importante para considerar, el vender controlando los márgenes de utilidades de la empresa igualmente se considera un punto significativo.
- Disponer de estadísticas e históricos: controlar el desarrollo del proyecto comparando con proyectos anteriores similares, considerando igualmente las diferencias de precios por año de ejecución. Comparar con la competencia, precios de venta, márgenes de utilidades, entre otros.
- Establecer procesos de negocio estructurados: en el cual se detalle todos los gastos necesarios, eliminando de esta manera los costes inesperados y fuera de lo planificado, permitiendo de esta manera llevar un seguimiento y control adecuado y exhaustivo de los costes relacionados con el proyecto.
- Monitorizar la empresa: hacer seguimiento de los recursos dispuestos para el proyecto de acuerdo con el avance de este. Saber que pasa en la obra, cuando está presupuestado y que monto debe de desembolsarse para poder llevarlo a cabo.

#### 4.4 Estrategias de control en gestión de proyectos

*“Estrategia es un plan para dirigir un asunto. Una estrategia se compone de una serie de acciones planificadas que ayudan a tomar decisiones y a conseguir los mejores resultados posibles. La estrategia está orientada a alcanzar un objetivo siguiendo una pauta de actuación”*(Significado de Estrategia (Qué Es, Concepto y Definición) - Significados, n.d.)

Para poder llevar un control en la gestión de un proyecto es necesario el contar con estrategias que faciliten el poder alcanzar los objetivos de este, para poder guiarse en el proceso y así mantener el avance de la obra según el cronograma(5 Estrategias Para La Gestión de Proyectos Encaminados, 2020). El riesgo de la estrategia es la posibilidad que un proyecto fracase y por tanto la estrategia maneja el proyecto con tal de que esto no ocurra.

El control de proyectos no es algo que se realice de la noche a la mañana, requiere de una planificación basada en parámetros y criterios establecidos con anterioridad, sin olvidar que es una labor dinámica y que día adía necesita ajustes y por tanto requiere de flexibilidad que permita la incorporación de estos ajustes.(Pérez, 2017)

Existen diferentes estrategias las cuales guían la gestión de un proyecto, a continuación, se detallan algunas de estas:

- **Aclarar los detalles del proyecto antes de comenzar:** antes de comenzar a planificar y programar un proyecto se debe de tener en consideración lo que esto conlleva; iniciar con el proyecto final, lo que se quiere obtener a fin de cuentas y así ver que es lo necesario para poder llegar a este objetivo. Este proceso se debe de hacer con tranquilidad y considerando todos los recursos que se van a necesitar a lo largo del proyecto, a medida que se vayan aclarando detalles del proyecto, se comenzará a tener mayor claridad y se debe de adoptar de una metodología para gestionar el proyecto.
- **Definir parámetros específicos de control:** mientras mejor estén definidos los parámetros de control mejor se desarrollarán las diferentes tareas y labores, es imposible hacer un seguimiento y control sin tener claridad de qué es lo que se espera sacar en limpio de la actividad que se monitorea. Junto con esto es primordial el establecer rangos de valores que permiten saber cuándo hay déficit o por el contrario, cuando se cumple por sobre las expectativas propuestas en un inicio.
- **Proporcionar información actualizada:** la información es clave a la hora de controlar un proyecto, por tanto, debe estar actualizada y debe ser proporcionada con rapidez, por este motivo es necesario que el personal maneje y conozca la obra en ejecución, así la información

se obtendrá con una mayor rapidez y de esta manera es más fácil adoptar las medidas que mejorarán las acciones o corregirán fallos que pueden surgir a lo largo del desarrollo de la obra.

- **Evaluar el proyecto desde varias perspectivas:** las estrategias de gestión de proyectos en construcción se verán diferentes para un capataz, que para un arquitecto o un ingeniero de la misma obra. El plan de proyecto debe tener en cuenta las necesidades de cada rol y anticipar los problemas comunes a los que cada persona podría enfrentarse. Es una buena opción que personas pertenecientes al proyecto y que no lo hayan analizado, lo hagan y lo examinen para que de esta manera desde otra perspectiva observen cosas que quizá por las personas que manejan comúnmente la planificación de la obra hayan podido pasar por alto.
- **Elegir a las personas adecuadas para que formen parte del equipo del proyecto:** se deben elegir los miembros del equipo por las habilidades que aportan al proyecto, no todas las personas quedarán bien en cualquier puesto de trabajo ni en cualquier proyecto, esto hará que el proyecto sea tan exitoso como las personas que componen el equipo en sus roles específicos.
- **Habilitar vías para una retroalimentación eficaz:** además de considerar labores específicas para cada trabajador y tener personas a cargo del control y monitoreo, es esencial el asegurarse que lo observado en el monitoreo sea comunicado en el momento adecuado y por vías eficaces y realmente útiles.
- **Establecer hitos viables para medir el progreso:** es posible que los proyectos corran el riesgo de desviarse del curso programado, o retrasarse si no se cuenta con hitos para medir el progreso, no existen puntos medios para medir avance y progreso. Establecer hitos divide el proyecto en puntos menores para poder controlar y seguir constantemente el desarrollo de la obra. Es una buena opción igualmente para poder delegar responsabilidades de acuerdo a cada hito en integrantes del equipo, pudiendo de esta manera ajustar el cronograma de todo el proyecto de acuerdo va avanzando.
- **Evaluar las soluciones:** es cierto que muchas veces la contingencia del mismo desarrollo del proyecto, hacen que sea primordial el resolver problemáticas con mucha rapidez. Esto no quiere decir que se tomen decisiones a base de la improvisación y la desesperación que conlleva el apuro del momento. Se debe de identificar el error o fallo y la incidencia que tiene este, por tanto, es necesario analizar las soluciones que surjan en el momento y evaluarlas con criterio, teniendo en cuenta los objetivos finales y específicos del proyecto y en base a esto escoger la que se adecúe de mejor manera.

- **Liderazgo y autoridad del director de proyectos:** el contar con un líder con el sentido de equilibrio, capacidad de respuesta y facilidad para la comunicación es una estrategia bastante positiva, el contar con un líder con estas habilidades genera un ambiente grato de trabajo y que al fin y al cabo son habilidades adicionales a su rol de líder y capacidad de gestión y que como líder debe desplegar un director a la hora de llevar a cabo las labores de control.
- **Evaluar el proceso después de completar el proyecto:** posterior de los resultados obtenidos, con los diferentes informes y análisis, se tiene que evaluar el proyecto una vez finalizado. No solo a grandes rasgos considerando si fue un proyecto exitoso o si no cumplió con las expectativas iniciales, se debe de observar cada uno de las partidas, actividades e hitos que compusieron la obra, que fue lo que se hizo para poder desarrollarlo y cuál fue el porcentaje de logro de cada uno de ellos. De esta actividad puede identificarse los momentos en que el proyecto no fue un completo éxito, que se puede cambiar en el próximo proyecto para evitar los mismos problemas, esta revisión ayuda a perfeccionar el proceso de la gestión de un proyecto y mejorará con cada proyecto que se realice.

Se realiza una planilla que incorpora los errores y fallos mencionados en los puntos 4.1 y 4.2. disponible para que se utilice en futuros proyectos y pueda se analizar si existen problemas respecto a la planificación y la gestión de proyectos a grandes rasgos, la cual debe rellenarse debidamente con puntajes que varían desde 0 a 5, siendo el menor puntaje el que indica que no existen problemas y el puntaje mayor indicador de presencia de errores graves que requieren de atención y/o corrección inmediata. Esta planilla se adjunta en el anexo N°2 en el cual se desarrolla con puntajes arbitrarios, con fines explicativos.

Cuando se obtienen puntajes mayores a 20 puntos en cualquiera de los dos resultados (planificación y gestión) se recomienda que se sigan las estrategias de control de fallos detalladas con anterioridad en el punto 4.4 en este mismo capítulo.

Es importante mencionar que el uso de esta planilla va a ser de utilidad para el usuario de la herramienta de detección de alertas tempranas y que puede considerar el uso de esta anterior a la herramienta.

# CAPÍTULO V CARACTERIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE CONTROL DE PLANIFICACIÓN

## 5.1 Identificación de los proyectos seleccionados a investigar

### 5.1.1 Proyecto Villa Futuro

- Descripción: el proyecto Villa Futuro se compone de tres etapas, villa futuro I, II Y III. Con un total de 352 departamentos ubicados en sector la marquesa Calle Carmen s/n sitio N°1, Santa Fe, comuna de Curicó, región del Maule. A continuación, se deja la distribución de las tres etapas que componen el proyecto, el cual se desarrolla en hormigón armado.

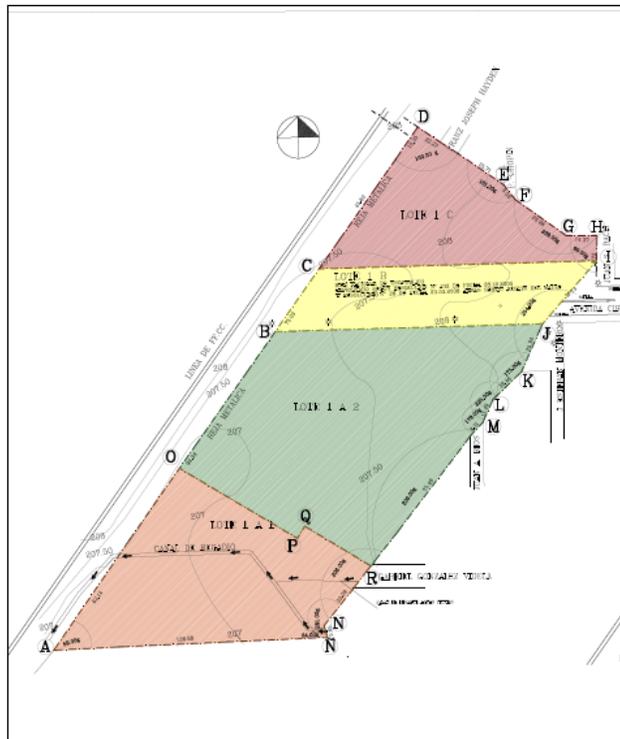
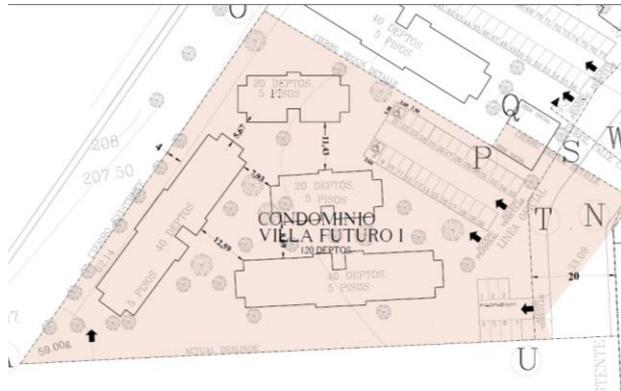


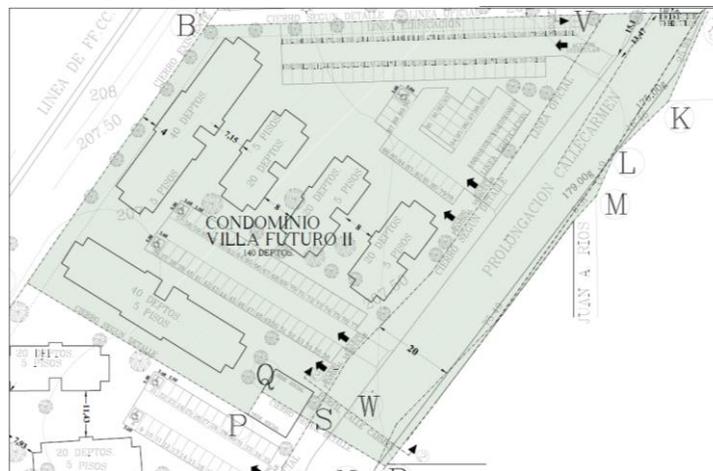
figura N°4: Distribución etapas proyecto Villa Futuro

El proyecto de viviendas sociales condominio villa futuro I se compone de 120 departamentos distribuidos en 4 torres de 5 pisos cada una. Contiene un total de 60 estacionamientos, 58 normales y 2 estacionamientos discapacitados. La etapa contempla la construcción de una sede social.



*figura N°5: Emplazamiento villa futuro I*

El proyecto de viviendas sociales condominio villa futuro II se compone de 140 departamentos distribuidos en 5 torres, de dos tipos diferentes tres de 20 departamentos cada una y dos con 40 departamentos cada una. El proyecto cuenta con 70 estacionamientos, 67 normales y 3 estacionamientos discapacitados. La etapa contempla la construcción de una sede social.



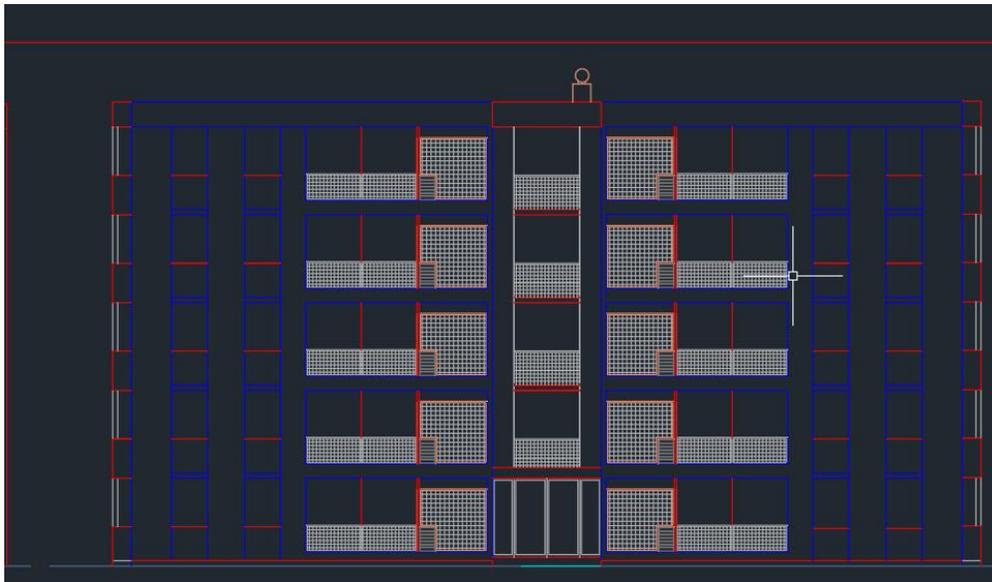
*figura N°6: Emplazamiento villa futuro II*

La etapa villa futuro III se compone de cuatro torres. Dos de estas torres son de 4 departamentos por nivel, de cuatro pisos de altura, otra igualmente de cuatro departamentos por nivel, con 5 pisos de altura y por último una torre de 8 departamentos por nivel con 5 pisos de altura. Estos hacen un total de 92 departamentos. El proyecto cuenta con 46 estacionamientos, dos de los cuales son para discapacitados.

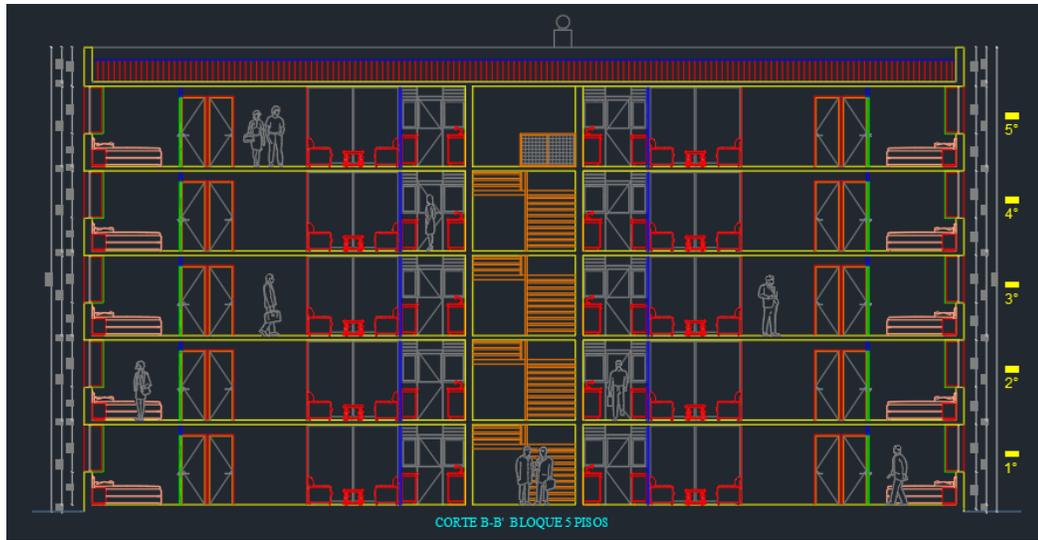


*figura N°7: Emplazamiento villa futuro III*

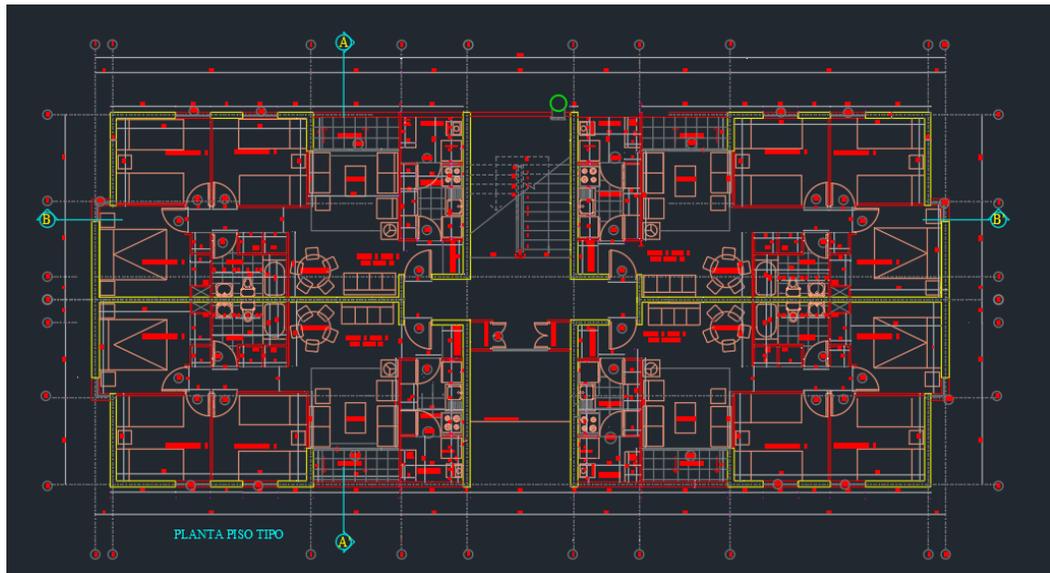
En las tres etapas del proyecto villa futuro se presentan dos tipos de torres tipo 1 con cuatro departamentos por piso y tipo II con ocho departamentos por piso, los dos tipos con 5 pisos por torre.



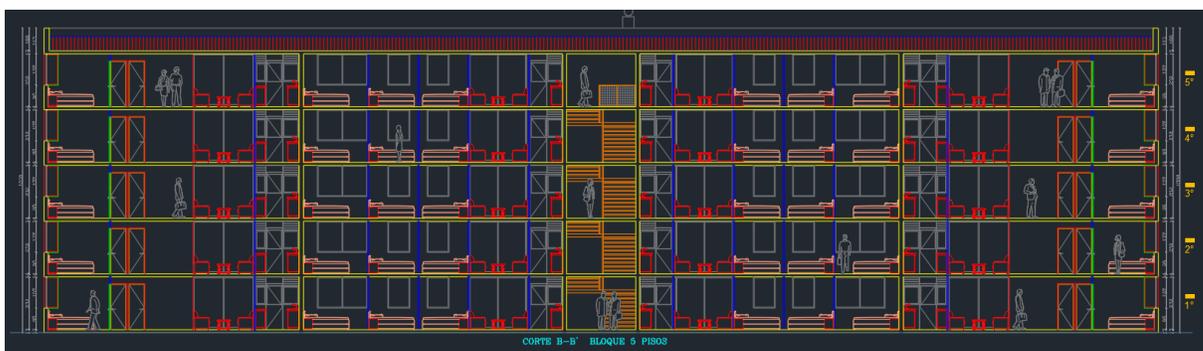
*figura N°8: Elevación acceso torre tipo I*



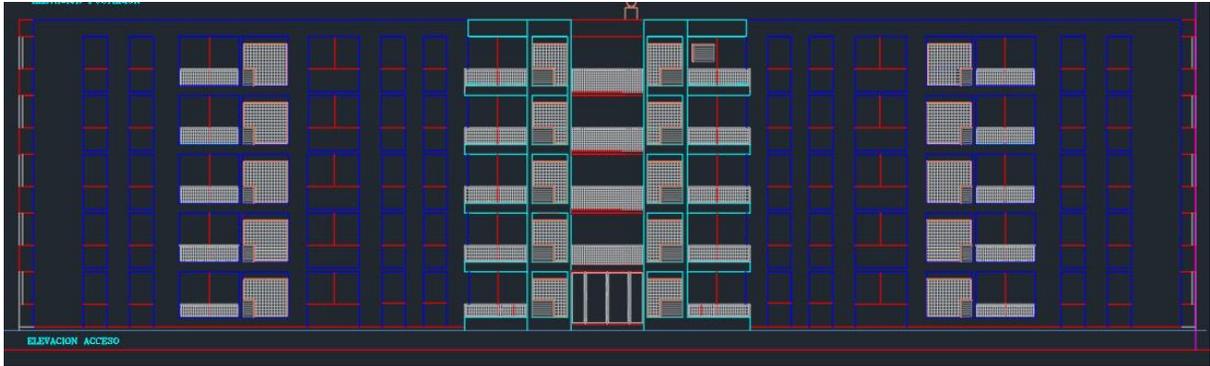
*figura N°9: Corte elevación torre tipo I*



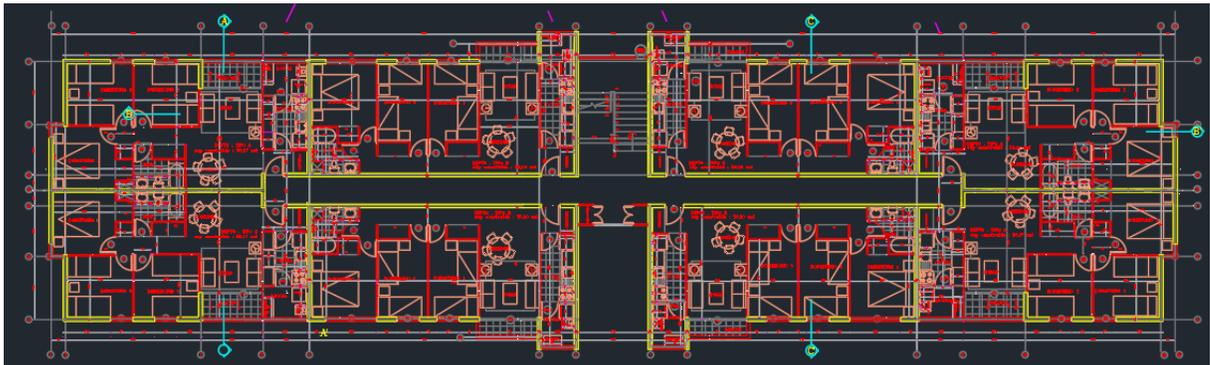
*figura N°10: Planta tipo piso torre tipo I*



*figura N°11: Corte elevación torre tipo II*



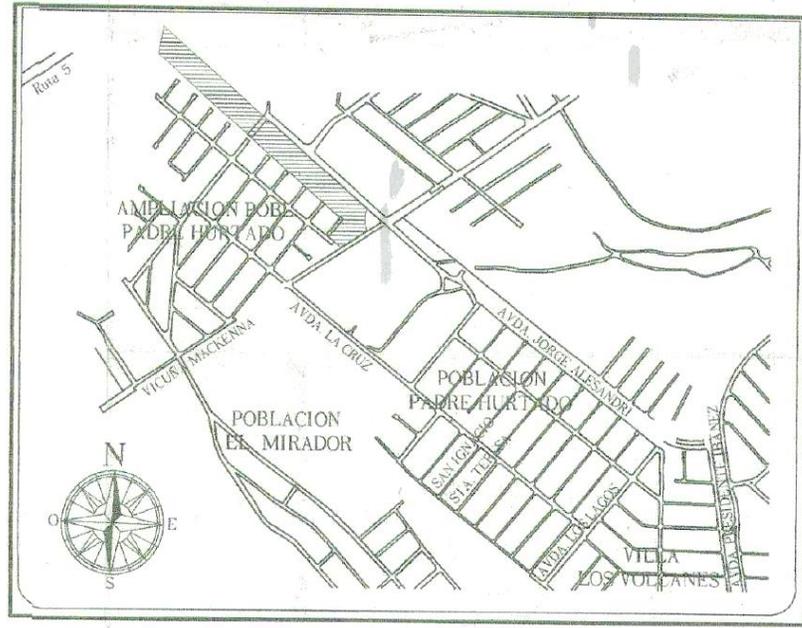
*figura N°12: Elevación acceso torre tipo II*



*figura N°13: Planta tipo piso torre tipo II*

### **5.1.2 Proyecto condominio social Laderas de Puerto Montt**

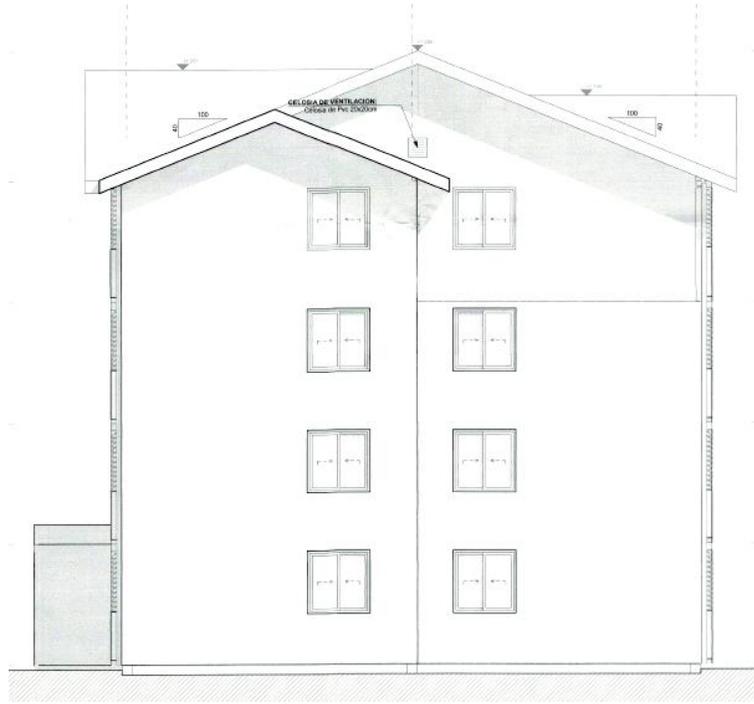
- Descripción: el proyecto corresponde a un conjunto habitacional ubicado en calle Av. Jorge Alessandri S/N, lote 8, en la ciudad de Puerto Montt, este se conforma de 7 edificios, cada uno de 4 niveles, con 4 departamentos por nivel, sumando de esta manera un total de 112 departamentos.



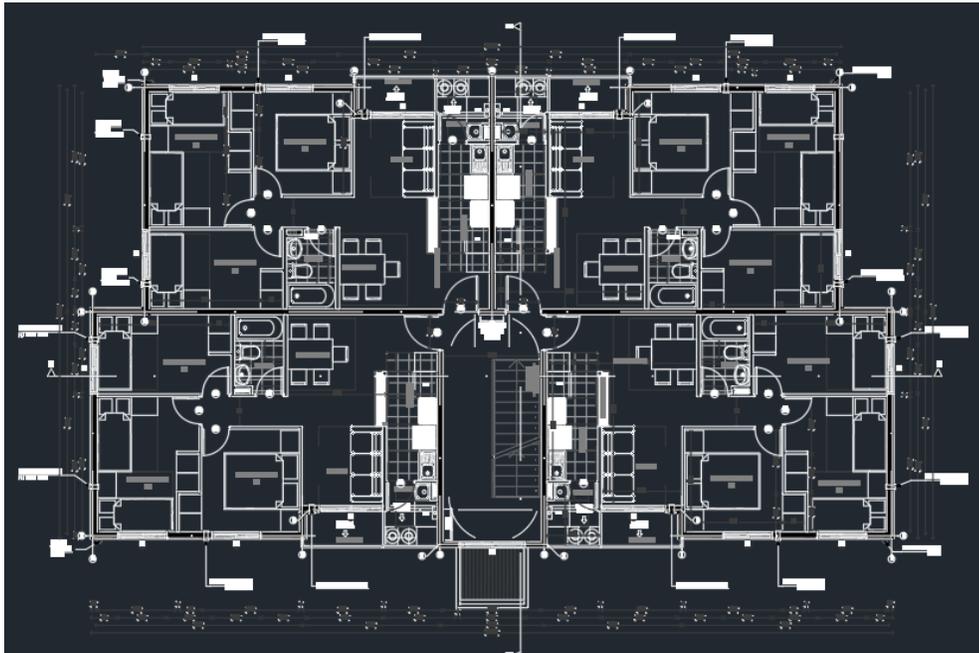
*figura N°14: Ubicación Laderas de Puerto Montt*



*figura N°15: Elevación frontal de acceso edificio tipo*



*figura N°16: Elevación lateral edificio tipo*



*figura N°17: Planta edificio tipo*

### 5.1.3 Proyecto conjunto justicia social

- Descripción: el proyecto conjunto habitacional justicia social se ubica en la comuna de Recoleta, región Metropolitana. Es un edificio que tiene dos módulos de 5 pisos cada uno, que se conectan mediante barandas metálicas. El proyecto contiene en total 38 unidades habitacionales de 55 m<sup>2</sup> cada una, igualmente el proyecto cuenta con 7 estacionamientos, uno de estos para discapacitados.



figura N°18: Planta de ubicación condominio justicia social



figura N°19: Elevación norte edificio justicia social



figura N°20: Elevación poniente edificio justicia social

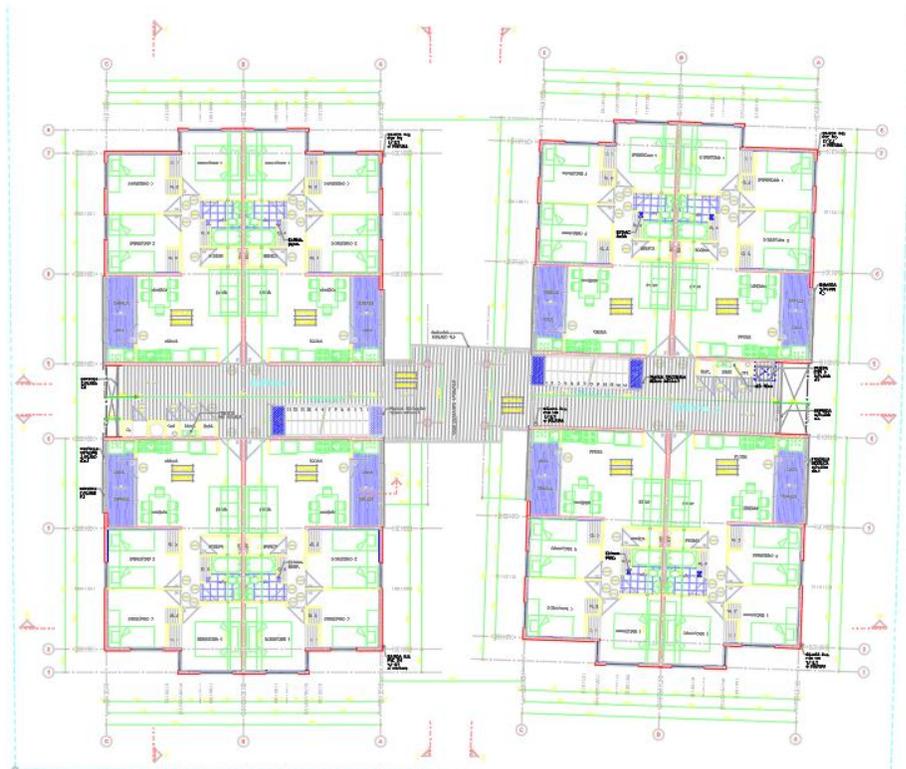


figura N°21: Planta edificio tipo

## 5.2 Identificación de las variables asociadas a la ruta crítica

Cuando se habla de las variables asociadas a la ruta crítica se hace referencia a las actividades y partidas que inciden y componen la ruta. Para poder determinar la ruta crítica es necesario contar con la información de las obras pertenecientes a la muestra, en el anexo N°2 y N°3 se presentan las planificaciones (carta Gantt) de dos de las obras, mientras que en el anexo N°4 se presentan rendimientos, funciones de mano de obra y comparación de rendimientos de diferentes tareas que forman parte de la ruta crítica.

Previo a analizar actividades pertenecientes a la ruta crítica es necesario conocer los puntos en común que presentan las obras presentadas en el punto anterior, para de esta manera tener claridad anterior a desarrollar la ruta crítica. A continuación, se detallan las características que tienen en común los proyectos pertenecientes a la muestra:

- Los edificios son de baja altura (5 pisos como máximo).
- Los proyectos son desarrollados con el fin de ser conjuntos residenciales familiares.
- Las obras se realizan en Hormigón armado.
- Las muestras son proyectos que terminaron su ejecución.

Anterior a desarrollar la ruta crítica de las obras es necesario conocer el tipo de planificación que presentan los proyectos. Al contar todas las obras con los puntos mencionados anteriormente es posible hacer una analogía y determinar que las tres cuentan con una planificación rítmica, esto debido a que cuentan con actividades repetitivas a lo largo de su desarrollo.

Las obras inician con obras previas, posterior se desarrollan las obras de habilitación y finalmente se encuentran las obras de edificación (obra gruesa). Es importante mencionar que la herramienta de detección de riesgos a desarrollar considera medidas tempranas, por lo que las obras se van a analizar en sus primeros 4 meses de ejecución, considerando de esta manera las partidas que componen las partes mencionadas en el caso de obras de edificación solo se considera obra gruesa, incluyendo enfierradura, moldaje y hormigonado de las diferentes partes del edificio como lo son las fundaciones, sobrecimiento, muros y losas; por este mismo motivo no se considera obras referidas a techumbre, terminaciones y obras de urbanización.

A continuación, se detallan las partidas y tareas que componen la cadena crítica a seguir en el desarrollo de los indicadores que compondrán la herramienta:

- **Instalación de faena**
  - Construcciones provisorias
  - Empalmes y conexiones provisorias
  - Instalación de cierros provisorios
  - Nivelación y replanteo
  - Demoliciones
  - Excavación
  - Retiro de rellenos y escombros
- **Obra gruesa (fundaciones, muros, losas)**
  - Enfierradura
  - Moldaje
  - Hormigonado

Las actividades enumeradas son comunes para las tres obras pertenecientes a la muestra, por lo que se desarrolla un modelo de ruta crítica global, es decir que aplica a cada uno de los proyectos. En el Anexo N°2 puede consultar el esquema (carta Gantt) de la ruta crítica general desarrollada para los proyectos.

Es posible observar en la ruta crítica solamente las partidas pertenecientes a instalación de faenas y obra gruesa, dentro de las cuales solamente se consideran aquellas influyentes para el desarrollo de actividades posteriores a ellas.

Es importante mencionar que los tiempos considerados en el esquema son arbitrarios, es decir pueden ser diferentes de los presentados ya que varía dependiendo de cada una de las muestras. La ruta crítica se hace con el fin principal de mostrar la coordinación de las actividades entre si (predecesoras y posteriores) y no con el fin de determinar exactamente el tiempo que conlleva cada una; para después analizar este orden dispuesto.

### **5.3 Identificación de los recursos asociados a las actividades de la ruta crítica**

Para el desarrollo de las actividades mencionadas en el punto anterior se requiere de recursos como materiales, mano de obra, equipos y maquinarias. A continuación, se detallan cada uno de estos de acuerdo con las actividades críticas mencionadas con anterioridad.

Un punto muy importante por considerar en el desarrollo de las diferentes partidas es el punto de la mano de obra disponible para realizar las tareas de la obra. Muchas veces se les exige a los trabajadores que realicen sus tareas eficientemente, pero no siempre existe el conocimiento, es por

esto por lo que una medida de gran importancia y que beneficia tanto a la empresa como a los mismos trabajadores es el capacitarlos. Existe una oferta de trabajadores para el área de la construcción muy escasa últimamente, ya sea por ofertas laborales de otros rubros, emprendedores, o debido a la pandemia, los trabajadores que deciden trabajar con las empresas constructoras no siempre cuentan con los conocimientos necesarios para desarrollar las tareas que se les asignan, por otra parte las inducciones que se realizan en el rubro se centran en detalles administrativos, legales y de seguridad dentro de la obra, pero nunca relacionados a como se deben desempeñar en sus tareas. Por lo que una buena medida sería implementar inducciones en donde se capacite al nuevo personal, muchas veces esto mira desde el punto de vista del contratista como una pérdida de tiempo, por lo que puede motivárseles implementando bonos de capacitaciones, para que estas no afecten el desarrollo y productividad de la obra pueden efectuarse fuera de las horas laborales, ya sea después de la jornada laboral o los días sábado, optando de esta manera a mejorar la productividad en obra, al contar con personal capacitado, existe menos riesgo de fallas en las partidas, menos actividades tienen que rehacerse y disminuyen los tiempos de desarrollo de las mismas. Estas capacitaciones deben realizarse por personal capacitado y que cuente con el conocimiento, en las diferentes partidas, como, por ejemplo, moldaje, hormigonado, entre otras. Si la empresa o contratista no cuentan con alguien con estos conocimientos se debe contratar a un externo que si los tenga y sea capaz de instruir al personal recién contratado.

Es por lo anterior mencionado que es un excelente idea el crear un cargo exclusivo para el control de riesgos de planificación de la obra, únicamente dedicado al tema de planificación del proyecto, es decir encargado de determinar y controlar quien va a capacitar a los trabajadores, horarios, coordinación en general. Esto debido a que el profesional de obra no puede dedicarse a esto, o si lo hace, no cuenta con el tiempo necesario y muchas veces lo deja de lado, priorizando otras tareas. De esta manera se crea una figura externa a lo que generalmente se ve en un proyecto, que ve el control de riesgos de planificación del proyecto, el profesional entrega información al director, que siempre se encuentra muy ocupado, para poder realizar esta tarea por sí solo.

### **Instalación de faenas**

#### Construcciones provisorias

Las construcciones provisorias necesarias para el desarrollo de la obra consisten en oficinas, bodegas, zonas de acopio de materiales, baños, entre otros. Estas construcciones son idealmente prefabricados, es decir llegan al emplazamiento de la obra listos para ser ubicados en el sitio señalado por la planimetría. En la mayoría de los casos las oficinas son modulares en base a container, puesto

que presentan medidas estándares por lo que resulta sencillo planificar su emplazamiento de esta manera; de igual manera con las bodegas. Para las zonas de acopio de materiales o talleres de fabricación se fabrican construcciones en madera, con techumbre de malla raschel para obstruir el paso del sol.

- Materiales: construcciones modulares. Perfiles de madera de pino, clavos, malla raschel.
- Mano de obra: maestro carpintero, jornales.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores (martillo, cinta métrica, entre otros), camión con grúa hidráulica.

#### Empalmes y conexiones provisionarias

Los empalmes y conexiones provisionarias a electricidad o a agua potable son solicitados a las empresas correspondientes, para la empresa de agua y alcantarillado se estimas los consumos y gastos que se utilizarán como consumo de obreros, consumos de ejecución y de obras menores. Para el caso de el empalme provisorio de electricidad se solicita a la empresa eléctrica correspondiente a la zona para la cual se debe enviar una solicitud adjuntando diferente documentación.

- Materiales: propuestos por la empresa de electricidad y de agua potable y alcantarillado correspondiente
- Mano de obra: dispuesta por la empresa a desarrollar
- Equipos y maquinaria: propuestos y facilitados por la empresa a ejecutar

#### Instalación de cierros provisionarios

Los cierres perimetrales provisionarios suelen desarrollarse en madera, debido a su rápida instalación y economía, en ocasiones se combinan con cierres de malla galvanizada cubierta con malla raschel.

- Materiales: planchas de OSB, perfiles de madera de pino, clavos. Malla raschel, malla de alambre galvanizado
- Mano de obra: maestro carpintero, jornales.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores (martillo, cinta métrica, pala punta de huevo, chuzo, picota, entre otros)

Uno de los principales problemas que suelen presentarse dentro de esta partida, más que referido a la ejecución misma de la tarea de instalar los cierres provisionarios, es respecto a la ubicación de los

ingresos a la obra, principalmente los de vehículos. Generalmente los proyectos de edificios de baja altura destinados a viviendas se ubican en zonas urbanas, lo que muchas veces significa espacios viales como los anchos de calles reducidos, con mucho tránsito vehicular, sumado a esto los estacionamientos públicos que se encuentran en la misma vía, por lo que un punto muy importante y que muchas veces se obvia es la ubicación de los ingresos, en los cuales no se consideran dimensiones de los vehículos, flujo vehicular, radio de giro de camiones o incluso los recorridos que realizan estos para poder llegar a la ubicación del proyecto; cuando no son considerados estos puntos es muy probable que se generen congestiones vehiculares, retrasos en la llegada de materiales, hormigones, entre otros. Por esta misma razón es importante que se implementen medidas anteriores al inicio de la obra, como por ejemplo hacer un estudio de tránsito vial, determinar radios de giro de las calles aledañas al proyecto, determinar cuales de las calles colindantes es la más idónea para ubicar la o las entradas considerando mejor opción las que cuenten con menor tránsito evitando de esta manera desviaciones de tránsito como también estacionamientos aledaños, considerar los radios de giro de los camiones que ingresarán a la obra y optar por las calles que cuenten con radios de giro mayores a estos. Con esto es posible hacer un diagnóstico de la vialidad urbana, pudiendo tomar mejores decisiones para optimizar tiempos de transporte, ingreso a obra y retiro de materiales, maquinarias, equipos e insumos que se requieren en el proyecto.

#### Nivelación y replanteo

El replanteo es la ubicación de todos los puntos necesarios para materializar la obra que se idealiza en la planimetría, posterior se realiza la marca de niveles de la obra.

- Materiales: clavos de acero, pintura, tizadores, estacas
- Mano de obra: topógrafo, alarife, jornales.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores (martillo, cinta métrica, entre otro) y equipos topográficos.

#### Demoliciones

Las demoliciones por desarrollarse en la obra van a depender de las características topográficas del terreno, por lo que pueden ser demoliciones con herramientas de apoyo manual, por empuje y arrastre como por aserrado y perforado. Por lo que los materiales y maquinarias van a depender de la obra.

- Materiales: no considera material para su desarrollo, solo equipos. Se obtiene material (escombros) de su realización.

- Mano de obra: jornales y operadores de maquinarias.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores (combo, cincel, entre otros), sierras circulares taladro hidráulico o rompe pavimentos, excavadora.

#### Excavación

Remover volúmenes de material y tierra con el fin de cumplir con lo solicitado por los estudios topográficos y replanteo de la obra conllevan el disponer de distintos recursos para su desarrollo.

- Materiales: no considera material para su desarrollo, solo equipos. Se obtiene material (tierra) de su realización
- Mano de obra: operadores de maquinarias, jornales
- Equipos y maquinaria: herramientas menores, cargadora frontal.

#### Retiro de rellenos y escombros

El presentar excavaciones dentro de la obra conlleva a considerar el retiro de los rellenos producidos como pasa de igual forma con las demoliciones, que traen consigo el retiro de escombros. Por lo anterior se requiere el cargado y traslado de estos.

- Materiales: materiales producidos como tierra y escombros, que deben ser trasladados a botaderos permitidos
- Mano de obra: jornales y operadores de maquinaria
- Equipos y maquinaria: herramientas menores, cargadora frontal, camión para traslado de material.

#### **Obra gruesa (fundaciones, muros, losas)**

##### Enfierradura

- Materiales: barras de acero, alambre, separadores.
- Mano de obra: jornales (dobladores de fierro, tejedores), capataz, operador de grúa.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores, herramienta para el doblado de fierros

Una medida a implementar en el proceso de enfierradura es la industrialización de la misma, es decir se solicita la enfierradura, dependiendo de la especificaciones por planimetría para en obra solamente instalar o realizar doblados simples y todos especificados por la misma maestranza para poder disminuir el tiempo de desarrollo de la partida, al considerar esta opción de solicitar a maestranza se certifica que la elaboración de las enfierraduras necesarias para el proyecto están

certificadas, es decir cumplen con los ángulos de doblados, diámetros necesarios, entre otros que son solicitados por el diseño.

Muchas veces al contar con enfierradura desde maestranza lo que puede generar inconvenientes es su traslado y descarga, por lo mismo es muy importante el considerar estos puntos en la planificación para optimizar tiempos. Una medida que puede implementarse es el optimizar recorridos de camiones de traslado, considerar radios de giro de estos y de las calles por las cuales va a circular, para no presentar retrasos en la llegada a la obra, atrasando de esta manera la partida del desarrollo de esta tarea, considerar las dimensiones de las enfierraduras a llegar a obra, para considerar al momento de descargar el camión y posterior traslado de estas al lugar de trabajo mediante el sistema de elevación utilizado en el proyecto, si existen tareas que se desarrollen simultáneamente que esta se debe asegurar el uso del sistema de elevación para la partida de enfierradura, ya sea coordinando turnos para una sola grúa o en su defecto a fin de optimizar plazos disponer de una grúa específicamente para esta partida, lo que puede ser muchas veces un incremento en el presupuesto total de la obra, por lo que es una medida que debe analizarse y considerar que el planificar turnos de utilización de una misma grúa para cuadrillas de enfierradura como también las otras partidas simultáneas es una gran opción, pero que requiere de mucha coordinación y de respetar horarios de desarrollo de las actividades.

#### Moldaje

- Materiales: moldajes
- Mano de obra: jornales, capataz, operador de grúa.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores, grúa.

Muchas veces los problemas relacionados con la partida de moldaje y descimbre no está relacionado con la actividad propiamente tal, sino lo que esta puede afectar en el desarrollo de otras partidas ya sean simultáneas o posteriores; principalmente se considera el momento en el que se descimbra puesto que los moldajes utilizan espacios, que muchas veces están considerados para ser utilizados por cuadrillas de otras tareas.

Una medida a implementar para optimizar el desarrollo de esta partida es incorporar zonas de acopio de moldajes, equipos, maquinarias y herramientas utilizadas, a medida que se van construyendo las diferentes plantas generar espacios destinados al acopio, lo que mantendrá los demás espacios libres y despejados para posteriores trabajos que deban realizarse. Para complementar la medida se sugiere crear una cuadrilla externa a la de la partida de moldaje, que se encargue de la limpieza en la obra, pudiendo implementarse posterior a las horas de trabajo habituales, por lo que se

les puede dar la oportunidad a los mismos trabajadores con los que ya cuenta la empresa a que desarrollen esta labor, otorgando gratificaciones extras o implementando bonos de producción. Lo importante es que al momento de desmoldar se encuentre todos los espacios limpios y despejados ya que generalmente se encuentra la cuadrilla de enfierradores o de hormigonado trabajando en los mismos espacios.

#### Hormigonado

- Materiales: hormigón
- Mano de obra: cuadrilla de jornales, capataz, operador de grúa.
- Equipos y maquinaria: herramientas menores, capacho, grúa.

En el proceso de hormigonado se considera poco personal, como puede observarse en la tabla N°6 del anexo N°5 por ejemplo, en el caso de hormigonar con capacho se contempla un total de 4 personas considerando dos para el manejo del capacho, una para vibrar el hormigón y por último otro jornal para llenado del capacho. Considerando este punto importante es positivo el hecho de que se necesite poco personal para esta partida que es una de las más importantes, ya que muchas veces no se cuenta con gran cantidad de personal como se explicó anteriormente.

Para evitar retrasos en entregas de partidas como estas es positivo el implementar extensiones de horarios de trabajo o crear turnos desfasados en relación a las jornadas regulares de todas las otras partidas, posterior a estas. Un beneficio de implementar turnos en desfase es que los camiones transportadores del hormigón reducen sus tiempos de traslado, por lo que existe una optimización de plazos, en horarios posteriores a las jornadas habituales la congestión vehicular disminuye, por lo que para ingresar a la obra existen menos inconvenientes, al ser desfasado de las demás partidas en temas de horario existe un número reducido de personal en obra, por lo que existe una mayor libertad al trabajar, no se debe de tener cuidado con los trabajadores de otras partidas que pueden acercarse o interferir en el desarrollo del hormigonado. A pesar de tener un costo mayor al hormigonado usual se compensa con el beneficio de disminuir plazos.

Otro punto a favor es el tema de la utilización de la grúa o sistema de elevación que se utilice en el proyecto, al ser una sola partida en desarrollo se tiene la seguridad de que la grúa se encuentra disponible para su utilización, por lo que es posible que puedan reducirse costos referentes a contratación de grúas extras para el proceso de hormigonado ya que se utiliza la misma que para las diferentes partidas que se desarrollan en el horario usual. Para poner en práctica esta medida es necesario planificar y gestionar con la empresa proveedora del hormigón, para el preparado y traslado de este en horarios poco usuales.

Una medida positiva para implementar es el capacitar al personal que se va a desempeñar en la partida de hormigonado, utilizando la misma dinámica detallada con anterioridad al inicio del punto 5.3 del documento.

A continuación, se presenta una tabla con turnos sugeridos para implementar la partida de hormigonado en horarios desfasados de las partidas usuales.

Turno	Hora de inicio	Hora de término
Día	08:00 Hrs	18:00 Hrs
Noche	20:00 Hrs	06:00 Hrs

*Tabla N°1: Turnos sugeridos, elaboración propia.*

En los turnos sugeridos existen dos horas de desfase, por si se requiere implementar horas extras o existe algún inconveniente de esta manera no se atrasa el ingreso del siguiente turno. En el turno de día, se desarrollan todas las partidas, excluyendo hormigonado, que es la partida que se dará prioridad a desarrollarse en el turno de noche.

A continuación, se presentan imágenes del desarrollo de actividades de ruta crítica del proyecto Villa Futuro, una de las obras perteneciente a la muestra de estudio.



*figura N°22: Registro fotográfico enfierradura de muros villa futuro*



*figura N°23: Registro fotográfico enfierradura y encofrado de muros villa futuro*



*figura N°24: Registro fotográfico ubicación grúa torre villa futuro desarrollo edificios*

#### **5.4 Selección de estrategias para el control de proyectos de edificación de baja altura**

Posterior a la creación de la ruta crítica se deben establecer los indicadores que conformarán la herramienta de generación de alertas de atrasos en forma temprana, estos son creados bajo el análisis de las planificaciones, rendimientos de las obras, la ruta crítica general y los problemas y

fallos en una planificación que son detallados en el capítulo IV. Cabe mencionar que la herramienta a diseñar no solo contempla los primeros 4 meses de ejecución de la obra, sino que también la etapa de diseño.

#### **5.4.1 Capacidad de instalación de faenas**

La instalación de faenas es el primer proceso en el cual el proyecto diseñado se comienza a materializar, por lo que tiene gran importancia en el desarrollo de la obra. La instalación de faenas considera cierres provisorios, bodegas de materiales y herramientas, unidades de servicio higiénico, empalmes provisorios, oficinas de las diferentes unidades de la obra. Para que el proyecto pueda seguir la planificación indicada la instalación de faenas debe ser apropiada considerando:

- Tipo de proyecto
- Cantidad de personal en la obra
- Espacio disponible

Es muy importante considerar estos puntos desde el inicio, ya que así será posible realizar un diseño adecuado a las condiciones del proyecto.

Para hacer un buen diseño de instalación de faenas se debe considerar dimensiones de la obra, si no se tiene la capacidad, ya sea de superficies de bodegaje, oficinas, espacios de circulación, dimensiones de ingresos, difícilmente se tiene un desarrollo propicio.

#### **5.4.2 Emplazamiento de los edificios**

La distribución que tienen los edificios en el loteo es de gran relevancia para el desarrollo del proyecto afectando en los rendimientos, elección de sistemas de izamiento y mano de obra a considerar. Si se tiene un emplazamiento poco estratégico tareas tan cotidianas como por ejemplo el elevar materiales, moldajes colocación del hormigón se verán entorpecidas y ralentizadas en comparación con un diseño que considere la ubicación de las torres para el proceso de construcción y no solamente la ubicación óptima para los usuarios finales. Junto con el emplazamiento de los edificios se debe considerar el diseño mismo de los edificios, sus dimensiones, si todas las torres del proyecto son iguales o existe más de un tipo.

Para distribuir de una forma correcta las torres que componen el conjunto se debe considerar la constructabilidad, es decir la facilidad y eficiencia con la que se puede construir los edificios, aplicar de manera óptima los conocimientos que construcción en cuanto a planificación, diseño y procedimientos que se deberán realizar en un futuro en la obra, para que de esta forma se maximicen recursos, tiempos y se lleve a cabo la planificación inicialmente propuesta.

El emplazamiento de las torres que componen el proyecto es muy importante ya que afecta a los demás puntos como por ejemplo en la propicia instalación de faenas depende del emplazamiento que tengas estos, si no se deja una superficie adecuada de acuerdo con la magnitud de la obra puede traer problemas y con ello retrasos en las actividades posteriores, de igual forma con el izamiento vertical, si no se consideran espacios propicios para la instalación de las grúas que más se ajusten a el tipo de proyecto y su presupuesto se deberá adoptar la implementación de sistemas de elevación que están fuera de los que maximizan tiempos y presupuestos.

#### **5.4.3 Izamiento vertical**

El sistema de izamiento vertical es primordial en edificaciones de altura, aun siendo este caso de baja altura (5 pisos). Se debe considerar el tipo de izamiento para el correcto desarrollo del proyecto y la magnitud de este, ya que si se emplea un sistema de elevación que no se conlleva con la obra es posible que se generen retrasos. Por ejemplo, si se tienen torres de 5 pisos y de dimensiones menores, puede considerarse grúas comandadas desde nivel de piso, con joystick que son más económicas que las grúas pluma, estas últimas ciertamente tienen mayores capacidades, pero posiblemente para el tipo de proyecto que se evalúan en esta investigación no son necesarias y que aumentan presupuestos, ya que aparte del arriendo del equipo se debe considerar la instalación y el presupuesto para el operador de la grúa.

Si se considera grúa pluma se debe tener en cuenta que es necesario un estudio previo para determinar el punto exacto desde donde se maximiza su productividad, si son necesarias más de una lo que conlleva un gasto extra a considerar dentro del presupuesto del proyecto.

En un edificio habitacional, como son los considerados en las muestras una de las partidas más importantes de planificar es la instalación de andamios para elevación de materiales, moldajes y personal, por lo que se debe diseñar con detenimiento si se usarán andamios Euro, elevador de plataforma bimastil o elevador colgante; Por este motivo es importante considerar no solo el desarrollo de la obra, sino también considerar si la empresa se dedica repetitivamente al mismo tipo de obra, de ser así poder ser una buena opción el plantearse adquirir estos equipos con el fin de no desembolsar parte del presupuesto de la obra en arriendo de los sistemas de izamiento.

#### **5.4.4 Industrialización de procesos**

La industria de la construcción es un rubro que va de la mano con el desarrollo, esto se ve plasmado con las diferentes propuestas de sistemas constructivos nuevos que optimizan materiales, procesos y tiempo. La industria de la construcción avanza cada vez más buscando que las diferentes

obras disminuyan sus tiempos y sus presupuestos, esto se logra de manera considerable con la industrialización de procesos dentro de la obra.

El industrializar partidas y procesos hace que la obra se desarrolle con un mayor orden ya que al contratar o adquirir industrializado significa dejar de lado el paso a paso de la partida y lo que esto conlleva, como por ejemplo el abastecimiento de materiales, herramientas y equipos, la disponibilidad de mano de obra calificada para el proceso y lo más importante al ser industrializado se tiene seguridad de que el procedimiento a llevar a cabo se encuentra estudiado, funciona, no hay posibilidades de que exista un mal desarrollo, al contratar se le asegura a la empresa un resultado final idóneo.

Existen diferentes procesos y partidas que pueden industrializarse como por ejemplo la instalación de baños, para edificios de hormigón existen elementos prefabricados, como por ejemplo escaleras, vigas, columnas fachadas. Para la instalación de faenas existen empresas que ofrecen oficinas modulares armables, que se instalan en 10 minutos, opción a la tediosa tarea de instalar las diferentes oficinas y bodegas. Entre otros procesos que pueden industrializarse y estandarizar.

#### **5.4.5 Mano de obra**

La disponibilidad de la mano de obra para el desarrollo de un proyecto es indispensable, esto va a depender de múltiples factores como el tipo de perfil de personal que busque la empresa, la complejidad de la obra, temporada del año en que se inicia el proyecto, oferta de empleo desde otros rubros como por ejemplo la agricultura, remuneraciones que ofrece la empresa.

Muchas veces existen proyectos de construcción que se ven paralizados por la poca disponibilidad de mano de obra, lo que afecta negativamente a la planificación ya que retrasa actividades que se tienen estipuladas, no es posible completar cuadrillas para el óptimo desarrollo de tareas, lo que lleva a la empresa a disponer de mayores presupuestos y plazos para poder cumplir con las metas planteadas inicialmente.

### **5.5 Selección de estrategias para el modelo de control de la planificación**

En el punto anterior se definen las temáticas principales a abordar, junto con los principales problemas que se asocian a cada una de estas, es por esto por lo que a continuación se proponen diferentes soluciones a las problemáticas presentadas para poder llevar a cabo una planificación adecuada, que no afecta de sobremanera en presupuesto y en plazos.

### **5.5.1 Capacidad de instalación de faenas**

Para poder optimizar la capacidad de la instalación de faenas es necesario contemplar e integrar en el diseño diferentes puntos de importancia, como por ejemplo la magnitud de la obra, es decir, cantidad de torres por construir, los pisos y departamentos que tiene cada una de esta, las dimensiones de los departamentos a construir, la disponibilidad de superficie para poder instalar las construcciones provisionarias.

Cuando se dispone de poco espacio para esto, es una excelente idea considerar la opción de hacer una instalación de faenas con oficinas dispuestas en el nivel superior (segundo piso), en el primer nivel se dispone de servicios higiénicos, comedores para el personal y bodega de herramientas, que en el caso de las obras por considerar (hormigón armado) van a ser pocas, más que nada vibradores para el hormigón y compresores de aire.

Se debe de considerar muy bien los ingresos, en caso de estar ubicados en lugares concurridos o que las calles son pequeñas considerar radios de giro de los camiones y maquinaria que ingresarán constantemente a obra.

Una excelente opción para desarrollar la instalación de faenas satisfactoriamente es estandarizando el proceso, generalmente estos proyectos son llevados a cabo por empresas que realizan proyectos repetitivos, de similares características por lo que tener un sistema de instalación de faenas predeterminado facilita el proceso y disminuye problemas que pueda tener esta partida. Al estandarizar se tendrán dimensiones de oficinas, bodegas, patios de acopio, entre otros con rangos dependiendo de la cantidad de torres, edificios y superficies a construir, por lo que el proceso se simplifica muchísimo.

En la instalación de faenas las oficinas y bodegas suelen ser modulares, lo que facilita el poder estandarizar (dimensiones predeterminadas), pero lo que puede ser muchas veces un problema es la instalación de estas, ya que presentan dimensiones que pueden ser una dificultad a la hora de transportar o instalar. En el mercado ya existen ofertas de containers que son plegables, por lo que su traslado es mucho más fácil que uno tradicional, se arman e instalar en tan solo 10 minutos y se requieren dos personas para su armado, más el operador de la grúa para descargar desde de donde se transportan.

### **5.5.2 Emplazamiento de los edificios**

Para que el emplazamiento de las diferentes torres en el proyecto sea idóneo se deben considerar diferentes puntos como por ejemplo la geometría de estos, los tiempos de desarrollo de las

partidas, la simultaneidad con la que se desarrolla la construcción de las torres, si bien este punto es parte del diseño previo, es decir no es algo modificable en el desarrollo del proyecto, pueden tomarse medidas que colaboren con un emplazamiento de las torres que no es el ideal como por ejemplo el maximizar la productividad por cada torre individualmente, el uso de sistemas de elevación correctos aumentar la cantidad de personal dentro de la obra.

La geometría de las torres es un punto que influye en el desarrollo de la obra, si se tienen diferentes tipologías de edificios el proyecto se lleva a cabo en un mayor tiempo que si se hicieran todas las torres del mismo tipo, ya que se requiere que la mano de obra cambie de un tipo de edificio a otro, lo que dificulta en comparación a hacer un solo tipo. Por lo que se recomienda que existe una sola tipología de torres para optimizar tiempos de desarrollo.

### **5.5.3 Izamiento vertical**

Como se mencionó anteriormente existen diferentes tipos de izamiento vertical, y como se recomendó si la empresa hace proyectos repetitivos es una muy buena idea el adquirir los equipos de izamiento, para no disponer de parte del presupuesto en el arriendo de ellos.

Los principales tipos de andamios son:

- Andamio euro: estructura metálica provisoria que permite sustentar y mantener plataformas elevadas es un sistema armable por lo que se debe contar con el armado dentro del presupuesto y planificación.
- Elevador de plataforma bimastil: sus componentes son modulares y fáciles de instalar, permite trabajar en fachadas de forma cómoda y segura, reduciendo de manera importante los tiempos de montaje y trabajo respecto a los andamios euro.



*figura N°25: Andamio euro*



*figura N°26: Elevador de plataforma bimastil*

Se propone considerando los puntos definidos anteriormente, el elegir los elevadores de plataforma bimastil, puesto que no requieren de un armado atenuante y que necesite de una gran cantidad de mano de obra para su instalación, disminuyendo de esta manera tiempos de ejecución. Por lo que beneficia el presupuesto y optimiza tiempos de desarrollo de la obra.

#### **5.5.4 Industrialización de procesos**

Para mejorar el desempeño de la obra se pueden industrializar y/o estandarizar diferentes procesos y partidas, lo que disminuye tiempos de ejecución ayudando a cumplir con la planificación inicial. Q continuación se detallan los diferentes procesos que pueden industrializarse y/o estandarizarse:

- Instalación de baños
- Fachadas limpias
- Elementos estructurales
- Enfierradura (de maestranza)
- Oficinas y bodegas modulares plegables
- Estandarizar instalación de faenas (superficies tipos)

#### **5.5.5 Mano de obra**

La mano de obra es un punto muy importante para considerar, alguna de las soluciones principales para el problema de la disponibilidad de personal que existe para el rubro de la construcción y que afecta a los proyectos de edificación de conjuntos de viviendas son:

- Considerar la competencia de oferta laboral de otros rubros: una parte importante de los trabajadores que se desempeñan en la construcción han tenido trabajos de otro rubro, donde los salarios son mayores y existen mayores flexibilidades. Por ejemplo, en las regiones de O'Higgins y del Maule el rubro de la agricultura es predominante por temporadas (primavera, verano) donde las remuneraciones tienen rangos mayores que los ofrecidos por la construcción por lo que muchos prefieren estos trabajos temporales de mayores salarios que un trabajo estable en una empresa de construcción. La solución aplicable es considerar el inicio del proyecto posterior a esta temporada, desde el mes de abril, aproximadamente, con el fin de conseguir mano de obra sin correr el riesgo de que exista esta rotación laboral.
- Considerar capacitar a los empleados: muchas veces en las obras se observa que existe mano de obra primeriza en la construcción, por lo que no conocen el oficio, no tienen experiencia o simplemente no se encuentran calificados para realizar las tareas que se les asigna. Las empresas no consideran el capacitar, lo que claramente es una pérdida para la empresa puesto que si se capacita a los empleados existe mayor productividad, un mayor compromiso desde el trabajador con la empresa, lo que finalmente afecta positivamente en el desarrollo del proyecto y crea un mejor ambiente laboral. No solo considera capacitar al profesional, sino que también al personal.

## **5.6 Análisis de la estructura sistémica y construcción del modelo de control**

### **5.6.1 Capacidad de instalación de faenas**

Cuando se dispone de poco espacio en las obras para la instalación de faenas una buena solución como se determinó en puntos anteriores es el disponerla en dos niveles. Para seguir este modelo a continuación se presentan imágenes de instalaciones de faenas con este sistema aplicado.



*Figura N°27: Instalación de faenas dos niveles*



*Figura N°28: Instalación de faenas dos niveles*

Igualmente se determinó que una opción es el disponer de oficinas y bodegas plegables, en el mercado hoy se observan varias opciones, que cuentan con iluminación led de bajo consumo, excelente aislación que incluyen kit de instalación. Que sean plegables los hace transportables por lo que se pueden llevar a distintos puntos fácilmente, al ser plegables pueden transportarse hasta 8 unidades en un camión estándar, por lo que su costo de transporte se reduce en alrededor del 25%. Su armado no requiere de mano de obra calificada.



*Figura N°29: Proceso de armado oficina modular plegable, contenedores Patagonia*

Al usar estas oficinas, los tiempos de instalación disminuyen considerablemente, lo que lleva a poder iniciar las partidas posteriores a estas antes de lo estipulado, este tiempo depende de la envergadura del proyecto, por ejemplo, si es una obra que tiene una partida de instalación de faenas de 15 días con el uso de oficinas plegables puede disminuir al menos en 5 días.

El tema de las bodegas es un punto bastante importante en la partida de instalación de faenas. Es positivo implementar el uso de bodegas dinámicas dentro del proyecto, es decir al ir avanzando en la construcción de las torres, ir utilizando las mismas dependencias para el almacenaje de materiales.

### 5.6.2 Emplazamiento de los edificios

La disposición de las torres que componen el proyecto es un punto que va en el prediseño, por lo que más que medidas tempranas en este caso lo que puede hacerse es proponer recomendaciones al encargado del proyecto:

- Considerar un solo tipo de geometría de edificios.
- Establecer una instalación de faenas propicia para la envergadura del proyecto.

El óptimo emplazamiento de los edificios dentro del loteo del proyecto permite utilizar la menor cantidad de grúas posible, lo que puede generar un ahorro bastante importante dentro del presupuesto.

A continuación, se presenta un presupuesto de grúa torre, considerando todo lo necesario para funcionar, incluyendo arriendo de capacho para hormigón, operador de la grúa y mantenimiento. El total del arriendo del servicio es de \$6.978.252 mensuales, estos valores son obtenidos de portal Ondac y refieren a valores del año 2018, por lo que posiblemente pueden variar.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
POTAIN F3/29B H:35m	MES	1,00000	3.007.435	3.007.435
TMANTENIMIENTO MENSUAL TORRE GRUA	MES	1,00000	180.476	180.476
ARRIENDO E INSTALACION DE RIOSTRAS	MES	1,00000	195.000	195.000
ARRIENDO E INSTALACION DE TRAMOS L=3 METROS	UNI	4,00000	185.000	740.000
ARRIENDO CAPACHO PARA HORMIGON	UNI	3,00000	45.000	135.000
CAMION GRUA 30 TON M. BENZ	HOR	9,09073	26.768	243.341
CAMION CAMA BAJA PARA TRASLADO DE MAQUINARIA	VUE	2,00000	400.000	800.000
OPERADOR PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE TORRE GRÚA	HOR	15,52883	17.709	275.000
OPERADOR TORRE GRUA	MES	1,00000	1.025.000	1.025.000
LEYES SOCIALES (O.E.)	%	29,00000	0	377.000

*figura N°30: Presupuesto torre grúa*



*figura N°31: Grúa torre detallada en presupuesto de figura N°30*

### **5.6.3 Izamiento vertical**

El izamiento vertical se desarrolla generalmente por medio de andamios euro y con elevador bimastil. A continuación, se observa un esquema comparativo para el uso de andamio euro y plataforma bimastil de un proyecto arbitrario desarrollado.

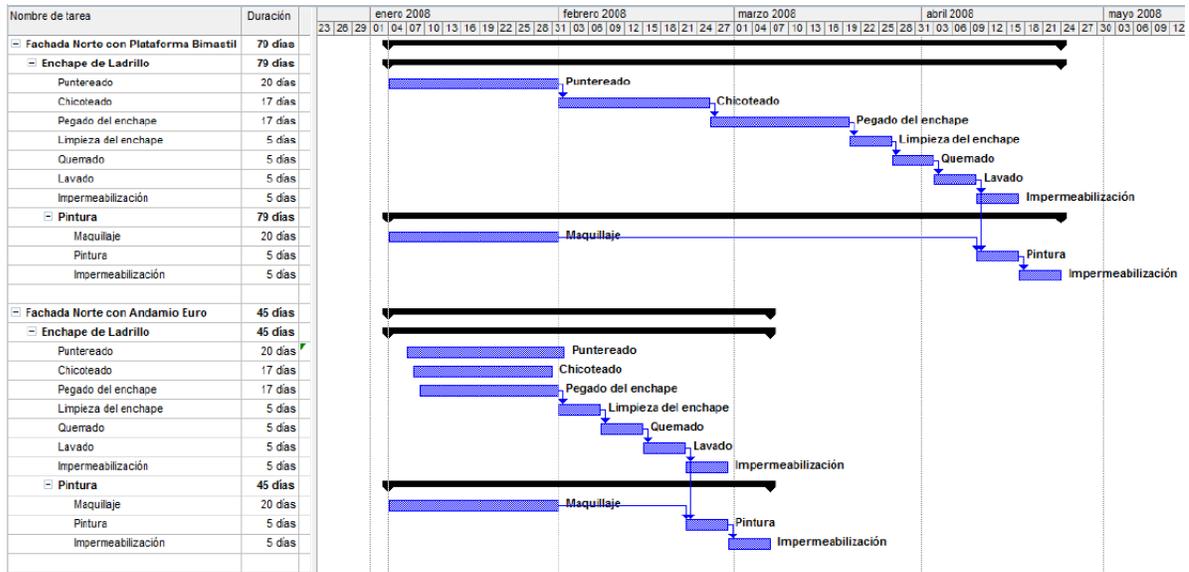


Figura N°32: Plataforma Bimastil v/s Andamio euro

Otro punto importante que considerar es el método que se utiliza para el proceso de hormigonado, hoy en día se manejan dos en el mercado, que es hormigonado mediante capacho, utilizando grúa y la técnica de hormigón bombeado, igualmente se pueden combinar y generar la opción óptima para el tipo de proyecto que se está desarrollando. Como se muestra en la figura N°33 (estudio realizado por CCHC).

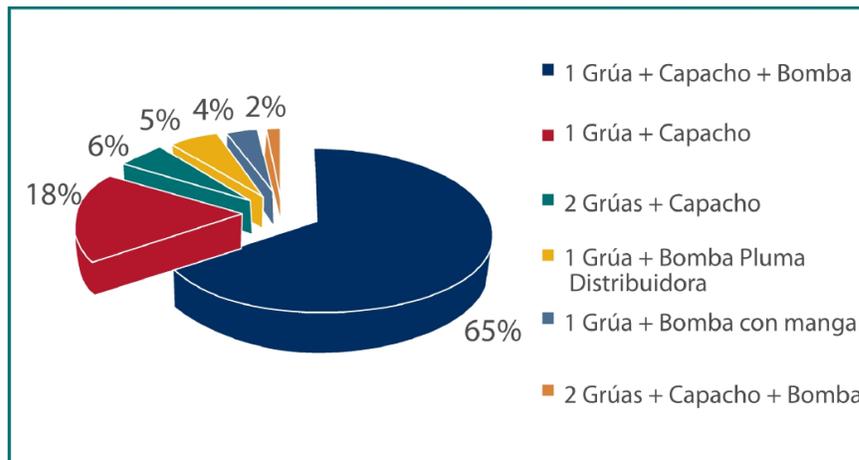


Figura N°33: Metodologías de hormigonado utilizadas en Chile con sus incidencias

Se presenta a continuación una gráfica presentando los rendimientos de hormigón según la metodología implementada en el proyecto, en este se puede observar que el uso de dos grúas con capacho en lugar del uso de una grúa con capacho y bomba estacionaria eleva los rendimientos de

colocación de hormigón desde 1,12 m<sup>3</sup>/HH a 1,52 m<sup>3</sup>/HH, como también el uso de dos grúas, más capacho más bomba aumenta considerablemente el rendimiento a 2,71 m<sup>3</sup>/HH.

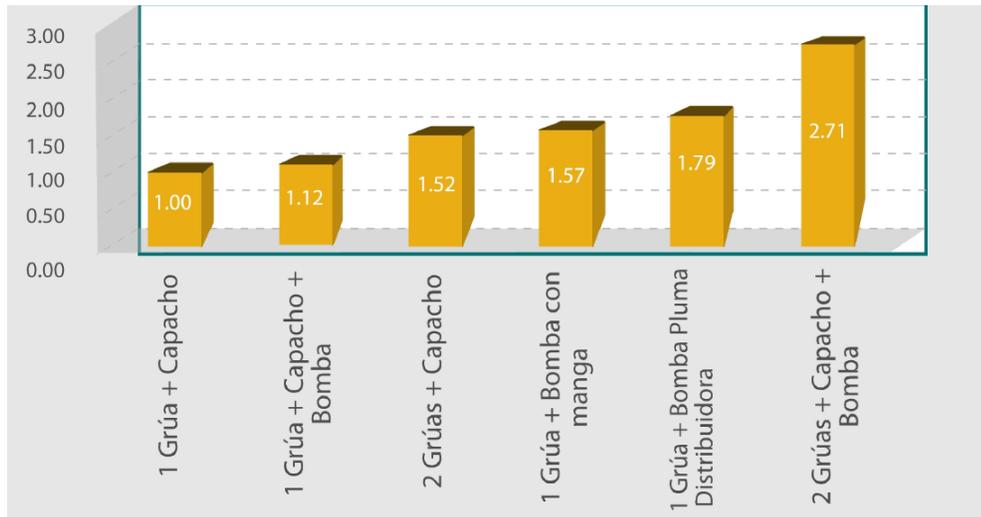


figura N°34: Rendimientos de hormigón según metodología

#### 5.6.4 Industrialización de procesos

A continuación, se detallan y ejemplifican los diferentes procesos industrializados:

- Baños industrializados: existen empresas que ofrecen el servicio de instalación de baños industrializados con el fin de evitar los diferentes problemas que involucra el desarrollo in situ de esta partida, como, por ejemplo, mano de obra no calificada, alta rotación de la misma, involucrando muchas partidas, pérdida de materiales refiriendo a traslados y trabajos rehechos, mala calidad de terminaciones, baja productividad, incumplimiento de plazos, entre otros. Esto se ve solucionado con la prefabricación, trabajando así en un ambiente de mayor control que la misma obra. A continuación, se presentan imágenes de baños prefabricados.



Figura N°35: Baños prefabricados exterior



*Figura N°36: Baños prefabricados interior*

- Fachadas limpias: con fachadas limpias se hace referencia a llevar paneles completos de fachadas al edificio, con lo que se ahorra considerablemente el tiempo de ejecución de muros de hormigón de la fachada de las torres del proyecto, los paneles vienen listos para ser instalados, incluyendo vanos de puertas y ventanas, como se muestra a continuación.



*figura N°37: Industrialización fachadas empresa surpol*

- Elementos estructurales: al usar elementos estructurales prefabricados, existe un mayor control, se generan menos residuos, menor error humano, por lo que es más fácil que se respeten tiempos de ejecución proyectados. Pudiendo ser diferentes elementos como, por ejemplo: vigas, pilares, pórticos, escaleras, entre otros. A continuación, se presentan imágenes de prefabricados de hormigón.



*Figura N°38: Escaleras prefabricadas, elementos de hormigón industrializado en edificaciones CCHC*

- Enfierradura (de maestranza): una medida a implementar es el desarrollo de enfierradura en maestranza, es decir mandar a hacerla a un lugar específico, con el fin de optimizar tiempos, obtener un trabajo más limpio y rápido.
- Oficinas y bodegas modulares plegables: aplicado en el proceso de instalación de faenas, se detalla en el punto 5.6.1 lo que disminuye tiempos de ejecución de la partida, permitiendo de esta manera optimizar plazos y presupuesto.
- Estandarizar instalación de faenas (superficies tipos): el estandarizar el proceso de instalación de faenas disminuye no solo el tiempo de ejecución, sino que igualmente el tiempo que se utiliza en el proceso de diseño, ya que, al estar predeterminado, es solo aplicar el modelo, no se debe diseñar desde cero, igualmente se deben considerar las particularidades que pueda presentar el proyecto.

### **5.6.5 Mano de obra**

Las medidas a adoptar es considerar rubros de competencia a la hora de ofertas laborales y el tema de la capacitación del personal. Respecto a esta última medida es manejable su implementación desde la empresa. En Chile el 64% de los obreros de la construcción no ha recibido ningún tipo de capacitación dentro de la obra según estudios de la CCHC, sobre las tareas que se han realizado a lo largo de su vida. Muchas veces los conocimientos en obra se transmiten desde generaciones mayores a otras menores. Esto no es una complicación, pero si se considera que el rubro de la construcción tiene gran aplicación de tecnología e innovación es posible que el personal que, aunque se transmita

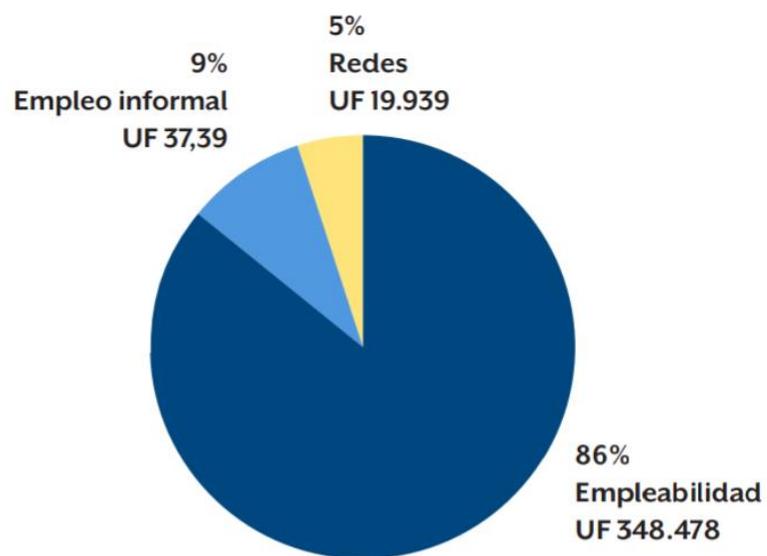
conocimientos entre sí, no sea suficiente, ya que son técnicas y conocimientos relativamente nuevos que generaciones mayores no conocen.

Muchas veces las empresas no capacitan debido a que encuentran que es caro, pero en realidad lo caro es no capacitar al personal y el tiempo que se pierde en producir resultados que su personal podría lograr si recibiera capacitación. En definitiva, la ignorancia es más costosa. Si no se hace por miedo a capacitar y que el trabajador deje la empresa puede contrarrestar esto, ya que los colaboradores (trabajadores) que sienten que no pueden desarrollarse en la empresa son 12 veces más propensos a dejar la empresa. Las empresas que invierten en capacitación obtienen 24% más ganancias que las empresas que invierten menos. A continuación, se presenta un esquema sobre los impactos que tiene la capacitación en oficios.



*figura N°39: Diagrama de impacto programa capacitación en oficios de CCHC*

Según el estudio de evaluación programa capacitación en oficios realizado por la cámara chilena de la construcción el 86% de los trabajadores capacitados ven un beneficio impactando en la empleabilidad, lo que puede observarse en la figura N°32, con esto se puede decir que al capacitar no solamente por parte de la empresa, sino que por iniciativa propia de la mano de obra ya esté trabajando en el rubro o no, ve un impacto positivo en la empleabilidad, es decir el capacitar combate la falta de personal para el desarrollo de los proyectos de construcción.



*figura N°40: Distribución de beneficio según tipo de impacto CCHC*

## **CAPÍTULO VI DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE CONTROL INTEGRAL APLICADA A PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN PARA DISMINUIR LOS RIESGOS DE UNA PLANIFICACION DE UN CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN**

Para la elaboración de la herramienta se consideran diferentes ítems, junto con sus descripciones que son las que tienen una puntuación fija de acuerdo con su importancia (escala de 1 a 3) y una puntuación determinada por el usuario de la herramienta que determina finalmente que indicador es el que se le atribuye a cada uno de los puntos y que relevancia tiene este en el desarrollo y plazo del proyecto.

A continuación, se presentan cada uno de los ítems a evaluar junto con su descripción.

### **6.1 Etapa pre-constructiva y planificación**

#### **6.1.1 Diseño**

- **Tipología de construcción:** los edificios son todos realizados en base a un tipo de proceso constructivo (hormigón armado). Los complejos de muros, losas, techumbres son iguales. Todas las torres del proyecto presentan la misma materialidad y proceso de construcción.
- **Geometrías de los edificios:** las torres cuentan con geometrías sencillas, evitando ser poco simétricas o irregulares, como por ejemplo forma de L.
- **Distribución de las torres en el sitio a edificar:** las torres se distribuyen simétricamente, evitando formas asimétricas con distancias mayores a los radios de las grúas operativas en el proyecto.
- **Relación de longitud de las torres:** las torres presentan una relación A/B (ancho/largo) como máximo de  $\frac{1}{4}$ .
- **Tipo de grúa (s) a utilizar:** si se cuenta con las dimensiones de las torres y del proyecto de hasta un radio de giro de 35 metros se considera el uso de grúa auto-montable que es fácil de usar y de trasladar desde un punto a otro. Si se cuenta con dimensiones mayores a 35 metros se considera grúa torre convencional.
- **Ubicación de la(s) grúa(s) a utilizar:** Considerando la tipografía, topografía, edificaciones colindantes, se considera una grúa para más de dos torres en construcción. Si se cuenta con espacios reducidos, donde existen edificios colindantes, de mayor altura se debe considerar más de una grúa.

#### **6.1.2 Condiciones externas**

- **Ubicación geográfica del proyecto:** la ubicación incide en el desarrollo del proyecto. Se contempla si la obra se ubica en extremo norte, sur, zonas lluviosas o de recurrentes heladas

- **Emplazamiento distancia al radio urbano:** considera que el proyecto se emplaza lejos del radio urbano, donde se ubican la mayoría de los proveedores y prestadores de servicios (distancias mayores a 20 km).
- **Oferta de mano de obra:** existe suficiente oferta de mano de obra disponible para el proyecto.
- **Calificación de la mano de obra:** la mano de obra disponible se encuentra debidamente calificada para las labores a desarrollar.
- **Experiencia de la mano de obra:** en la zona donde se desarrolla el proyecto, existen obras ya terminadas de similares características, por lo que existe en la zona mano de obra experimentada en la tipología de obra.
- **Temporada de inicio de ejecución:** existe más de una actividad económica que sea más llamativa que la construcción (remuneraciones, horarios) en el periodo que se inicia el proyecto en el lugar.

### 6.1.3 Instalación de faenas

- **Espacio adecuado de instalación de faenas:** la instalación de faenas cuenta con el espacio adecuado, considerando superficie y topografía para todas las instalaciones provisionarias y se condice con la cantidad de torres a edificar y el personal que se encuentra en obra.
- **Accesibilidad a la obra:** considera una vialidad urbanara accesible a los traslados y transportes que exige el proyecto.
- **Capacidad de bodegajes y acopios:** considera bodegas y patios de acopio dimensionados de acuerdo a la magnitud de la obra (cantidad de torres), ubicación estratégica para no interferir en el desarrollo de la cotidianidad de las personas colindantes al proyecto (ruidos molestos).
- **Estandarización de bodega:** considera bodegas dinámicas en el proyecto, dependiendo del avance (desde la segunda planta en adelante).
- **Ruidos molestos:** se considera las costumbres y horarios de las comunidades aledañas a la obra, con el fin de ubicar las construcciones provisionarias, ingresos, patios de acopio y talleres lo más lejos posible de las colindancias con los vecinos, para no interferir con ruidos molestos o material particulado.

## 6.2 Etapa constructiva

### 6.2.1 Obra Gruesa

- **Industrialización de la enfierradura:** el proceso de fabricación de la enfierradura se realiza en maestranza, considerando in situ solo doblados simples que por tema de transportes no se realizan en la maestranza, evitando de esta manera exceso de ruido.
- **Estudio de vialidad urbana de acercamiento de transporte de enfierradura:** considera calles con radios de giro mayores a los del camión de transporte de enfierradura, efectúa los traslados en horarios de poco tráfico.
- **Capacidad de acopio de moldaje:** se dispone de zonas exclusivas para acopiar moldajes, sin tener que ubicarlos en lugares de tránsito dentro de la obra.
- **Estudio de vialidad urbana de acercamiento de transporte de hormigón:** considera calles con radios de giro mayores a los del camión de transporte de hormigón, efectúa los traslados en horarios de poco tráfico dependiendo del turno de hormigonado en obra.
- **Disponibilidad de equipo de elevación permanente para hormigonado:** existe una grúa exclusivamente para la partida de hormigonado.
- **Mecanismo de elevación:** Se utiliza sistema bimastil, monomastil o andamio euro.
- **Proceso de Hormigonado:** Se utiliza para el proceso de hormigonado bomba o capacho
- **Soluciones de Fachada:** Se utiliza algún sistema de prefabricados o industrializado de fachada en el proyecto en vez de in-situ.
- **Disponibilidad de insumos dentro de obra:** Se dispone de todos los materiales e insumos necesarios para el desarrollo idóneo de la obra.

## 6.3 Etapa de diseño y ejecución

### 6.3.1 General

- **Cronograma diario definido:** se tienen tareas planificadas diariamente para los diferentes trabajadores, especialmente jornales.
- **Inventario:** se realiza una actualización diaria del inventario de la obra (materiales) y se compara con la demanda.
- **Adquisición de materiales utilizados en obra:** cada semana se comparan precios de materiales en el mercado con el fin de escoger el proveedor más conveniente.
- **Constructabilidad:** se conoce en profundidad la obra y su planificación, conocimiento del cómo se desarrolla diariamente, considerando rendimientos de personal, maquinarias y tareas.

- **Seguimiento y control de la obra:** se realiza seguimiento semanal de las diferentes actividades que se encuentran en desarrollo. Diario en el caso de las actividades más críticas.
- **Estandarización de procesos:** se llevan a cabo las actividades bajo protocolos estandarizados por la empresa, con el fin de mantener un orden dentro del proyecto.
- **Cumplimiento de metas:** se tiene clara la meta final del proyecto, pero igualmente se tienen metas a corto plazo, que se van cumpliendo con el desarrollo de las diferentes partidas.

Cada uno de los ítems anteriormente presentados son evaluados por el usuario, obteniéndose de esta manera ponderado con la importancia de cada uno de estos, a continuación, se presenta una tabla donde se asigna un indicador por cada rango de puntaje obtenido.

Puntaje obtenido	Indicador correspondiente	Color asociado
0-1	No incide en las partidas que componen la ruta crítica, no afecta plazos.	
2-4	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico.	
5-7	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico.	
8-10	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico.	
11-13	Influye en el avance de la obra, retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico.	
14-15	Retrasa la obra, afectando a los trabajadores, comunidades, mandante, ámbito financiero y técnico.	

**Tabla N°2:** Indicadores estratégicos por puntaje obtenido, elaboración propia.

Cada uno de los indicadores de la tabla N°2 presentados anteriormente se asocia a un color, considerando colores que van desde el verde asociado a que no existe un mayor riesgo, hasta el rojo, donde existe un riesgo inminente dentro de la planificación y desarrollo de la obra que se evalúa con la herramienta de generación de alertas.

## CAPÍTULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1 Resultados preliminares

Al implementar las medidas detalladas en el punto 4 del capítulo V se obtienen diferentes mejoras en el desarrollo de las diferentes partidas que componen los proyectos. A continuación, se detallan algunos de los resultados del análisis realizado a los puntos propuestos relacionados con la cadena crítica general de las obras de estudio.

Referente al uso de enfierradura prefabricada, proveniente de maestranzas es posible determinar que el costo directo asociado a la utilización de armadura es mayor entre un 8 % y un 15%, pero que es mejor considerar, puesto que al implementar esta medida existe una reducción de tiempos en su instalación en alrededor del 50% en comparación a una enfierradura fabricada in situ, lo que beneficia directamente a la disminución de plazo total del proyecto. Existe también mayores rendimientos ya que al utilizar un sistema de prefabricación los rendimientos aumentan, puesto que se tienen procesos industriales que son más rápidos y precisos a que si se hiciera por medio del método manual convencional.

En cuanto al tema de la utilización de oficinas modulares plegables existe una disminución en el transporte de estos en un 25%, lo que disminuye el presupuesto. Por lo que es una buena medida a implementar en obras de las características propias de este estudio.

La implementación de bodegas dinámicas disminuye los costos de arriendo de bodegas modulares, ya que teniendo construida la obra gruesa de la primera planta es posible dejar de arrendarlas, acondicionando la planta (colocación de ventanas, puertas y medidas de seguridad) es posible utilizar la misma edificación para el almacenaje de materiales y herramientas. Por lo que es posible que disminuyan los costos de arriendo reduciendo así los meses en que deben arrendarse considerando solo el tiempo desde el inicio de la obra hasta la ejecución del primer piso de la torre del conjunto.

En cuanto a la industrialización de procesos como fachadas limpias, baños industrializados y elementos estructurales prefabricados al ser fabricados fuera de la obra, aunque con un costo mayor inicialmente, conllevan una disminución de mano de obra, tareas auxiliares y tiempos de ejecución, ya que al ser industrializados las empresas presentan cadenas de producción estandarizadas donde maximizan tiempos y costos. Por lo que disminuyen tiempos de desarrollo de las partidas asociadas a estas prefabricaciones. Otro punto importante es la garantía de calidad que presentan los elementos prefabricados, ya que siempre vienen avaladas por el fabricante.

Referido a la utilización de grúas es muy importante el emplazamiento de las torres dentro del loteo del proyecto, ya que si se distribuyen de forma ordenada y de manera que el radio de la grúa abarque una cantidad aceptable de torres se optimizará la cantidad de estas, sin arrendar equipos que no sean necesarios, que en este caso consideran un costo mensual de alrededor de \$7.000.000, lo que dependiendo de la duración del proyecto puede ser un punto decisivo en el cumplimiento de presupuesto y plazos indicados al inicio de la obra.

## **7.2 Resultados**

Como resultado principal se tiene la herramienta terminada, realizada en base a las obras utilizadas como muestras, obteniéndose de esta manera una matriz generada utilizando los ítems enlistados en el capítulo VI otorgándoles a cada uno de estos una importancia de acuerdo a una escala numérica desde 1 a 3 siendo el 1 poca importancia, 2 moderada importancia y por último 3 mucha importancia; este valor se pondera con el puntaje otorgado por el usuario de la herramienta, considerando si en el proyecto a analizar la descripción de los ítems refleja la obra que está evaluando, con puntaje desde 1 siendo este totalmente de acuerdo con la afirmación y 5 como totalmente en desacuerdo con la afirmación que se presenta en la columna de descripción.

A continuación, se presenta la herramienta elaborada.

HERRAMIENTA DE GENERACIÓN DE ALERTAS DE ATRASOS DE PLANIFICACIÓN							
	Ítems	Descripción	Importancia del ítem en el atraso de la obra	Seleccione un valor, considerando si su proyecto cuenta con la descripción del ítem (0 totalmente de acuerdo y 5 totalmente en desacuerdo)	Puntaje	Indicador Relacionado	
ETAPA PRE-CONSTRUCTIVA Y PLANEACIÓN	DISEÑO	Tipología de construcción	Los edificios son todos realizados en base a un tipo de proceso constructivo (hormigón armado). Los complejos de muros, losas, techumbres son iguales. Todas las torres del proyecto presentan la misma materialidad y proceso de construcción	3	4	12	Influye en el avance de la obra, retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Geometrías de los edificios	Las torres cuentan con geometrías sencillas, evitando ser poco simétricas o irregulares, como por ejemplo forma de L	2	5	10	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Distribución de las torres en el sitio a edificar	Las torres se distribuyen simétricamente, evitando formas asimétricas con distancias mayores a los radios de las grúas operativas en el proyecto	2	3	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Relación de longitud de las torres	Las torres presentan una relación A/B (ancho/largo) como máximo de 1/4	2	5	10	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Tipo de grúa (s) a utilizar	Si se cuenta con las dimensiones de las torres y del proyecto de hasta un radio de giro de 35 metros se considera el uso de grúa automontable que es fácil de usar y de trasladar desde un punto a otro. Si se cuenta con dimensiones mayores a 35 metros se considera grúa torre convencional	3	1	3	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Ubicación de la(s) grúa(s) a utilizar	Considerando la tipografía, topografía, edificaciones colindantes, se considera una grúa para más de dos torres en construcción. Si se cuenta con espacios reducidos, donde existen edificios colindantes, de mayor altura se debe considerar más de una grúa	3	2	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
	CONDICIONES EXTERNAS	Ubicación geográfica del proyecto	La ubicación inside en el desarrollo del proyecto. Se contempla si la obra se ubica en extremo norte, sur, zonas lluviosas o de recurrentes heladas	1	5	5	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Emplazamiento distancia al radio urbano	Considera que el proyecto se emplaza lejos del radio urbano, donde se ubican la mayoría de proveedores y prestadores de servicios (distancias mayores a 20 km)	2	1	2	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Oferta de mano de obra	Existe suficiente oferta de mano de obra disponible para el proyecto	3	2	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Calificación de la mano de obra	La mano de obra disponible, se encuentra debidamente calificada para las labores a desarrollar	2	3	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Experiencia de la mano de obra	En la zona donde se desarrolla el proyecto, existen obras ya terminadas de similares características, por lo que existe en la zona mano de obra experimentada en la tipología de obra	2	4	8	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Temporada de inicio de ejecución	Solo se considera como oferta laboral la construcción. No existe más de una actividad económica que sea más llamativa que la construcción (remuneraciones, horarios) en el periodo que se inicia el proyecto en el lugar	2	5	10	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico

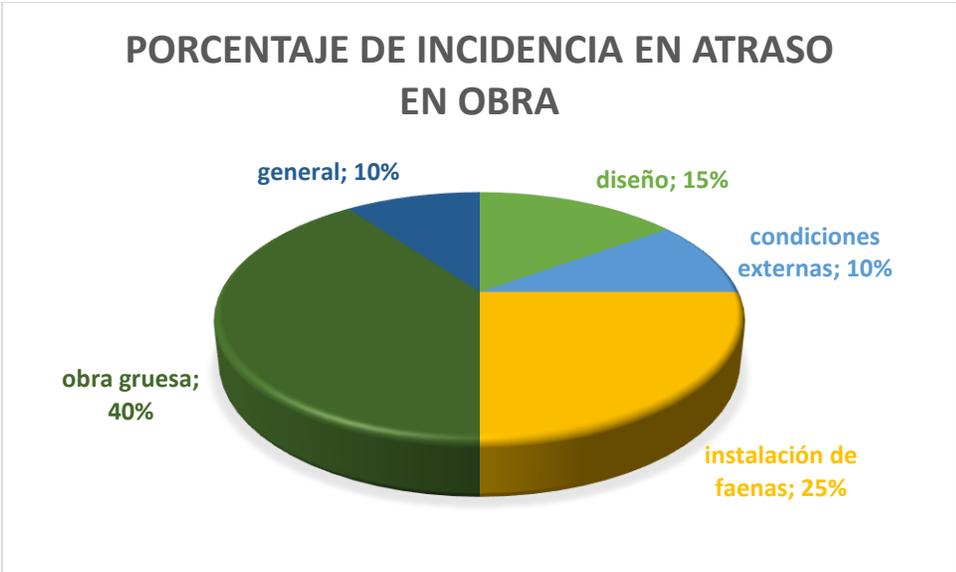
HERRAMIENTA DE GENERACIÓN DE ALERTAS DE ATRASOS DE PLANIFICACIÓN							
	Ítems	Descripción	Importancia del ítem en el atraso de la obra	Seleccione un valor, considerando si su proyecto cuenta con la descripción del ítem (0 totalmente de acuerdo y 5 totalmente en desacuerdo)	Puntaje	Indicador Relacionado	
ETAPA PRE-CONSTRUCTIVA Y PLANEACIÓN	INSTALACIÓN DE FAENAS	Espacio adecuado de instalación de faenas	La instalación de faenas cuenta con el espacio adecuado, considerando superficie y topografía para todas las instalaciones provisionales y se condice con la cantidad de torres a edificar y el personal que se encuentra en obra	3	0	0	No incide en las partidas que componen la ruta crítica, no afecta plazos
		Accesibilidad a la obra	Considera una vialidad urbanara accesible a los traslados y transportes que exige el proyecto	3	1	3	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Capacidad de bodegajes y acopios	Considera bodegas y patios de acopio dimensionados de acuerdo a la magnitud de la obra (cantidad de torres), ubicación estratégica para no interferir en el desarrollo de la cotidianidad de las personas colindantes al proyecto (ruidos molestos)	2	2	4	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Estandarización de bodega	Considera bodegas dinámicas en el proyecto, dependiendo del avance (desde la segunda planta en adelante)	2	3	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Ruidos molestos	Se considera las costumbres y horarios de las comunidades aledañas a la obra, con el fin de ubicar las construcciones provisionales, ingresos, patios de acopio y talleres lo más lejos posible de las colindancias con los vecinos, para no interferir con ruidos molestos o material particulado	3	4	12	Influye en el avance de la obra, retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
ETAPA CONSTRUCTIVA (PRIMEROS 4 MESES)	OBRA GRUESA	Industrialización de la enfierradura	El proceso de fabricación de la enfierradura se realiza en maestranza, considerando in situ solo doblados simples que por tema de transportes no se realizan en la maestranza, evitando de esta manera exceso de ruido	3	5	15	Retrasa la obra, afectando a los trabajadores, comunidades, mandante, ámbito financiero y técnico
		Estudio de vialidad urbana de acercamiento de transporte de enfierradura	Considera calles con radios de giro mayores a los del camión de transporte de enfierradura, efectúa los traslados en horarios de poco tráfico	2	0	0	No incide en las partidas que componen la ruta crítica, no afecta plazos
		Disponibilidad de equipo de elevación de armadura en obra	Cuenta siempre con una grúa o sistema de elevación en obra disponible para elevación de armadura a pisos superiores	3	1	3	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Capacidad de acopio de moldaje	Se dispone de zonas exclusivas para acopiar moldajes, sin tener que ubicarlos en lugares de tránsito dentro de la obra	2	2	4	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Estudio de vialidad urbana de acercamiento de transporte de hormigón	Considera calles con radios de giro mayores a los del camión de transporte de hormigón, efectúa los traslados en horarios de poco tráfico dependiendo del turno de hormigonado en obra	2	3	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Disponibilidad de equipo de elevación permanente para hormigonado	Existe una grúa exclusivamente para la partida de hormigonado.	3	4	12	Influye en el avance de la obra, retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Mecanismo de elevación	Se utiliza sistema bimestil, monomastil o andamio euro	2	5	10	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Proceso de Hormigonado	Se utiliza para el proceso de hormigonado bomba o capacho	3	0	0	No incide en las partidas que componen la ruta crítica, no afecta plazos
		Soluciones de Fachada	Se utiliza algún sistema de prefabricados o industrializado de fachada en el proyecto en vez de in-situ	2	1	2	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
Disponibilidad de insumos dentro de obra	Se dispone de todos los materiales e insumos necesarios para el desarrollo idóneo de la obra	3	2	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico		

HERRAMIENTA DE GENERACIÓN DE ALERTAS DE ATRASOS DE PLANIFICACIÓN							
	Ítems	Descripción	Importancia del ítem en el atraso de la obra	Seleccione un valor, considerando si su proyecto cuenta con la descripción del ítem (0 totalmente de acuerdo y 5 totalmente en desacuerdo)	Puntaje	Indicador Relacionado	
ETAPA DE DISEÑO Y EJECUCIÓN	GENERAL	Cronograma diario definido	Se tienen tareas planificadas diariamente para los diferentes trabajadores, especialmente jornales	2	3	6	Influye moderadamente en el ámbito financiero y técnico
		Inventario	Se realiza una actualización diaria del inventario de la obra (materiales) y se compara con la demanda	3	4	12	Influye en el avance de la obra, retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Adquisición de materiales utilizados en obra	Cada semana se comparan precios de materiales en el mercado con el fin de escoger el proveedor más conveniente	2	5	10	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico
		Constructabilidad	Se conoce en profundidad la obra y su planificación, conociendo del como se desarrolla diariamente, considerando rendimientos de personal, maquinarias y tareas	3	0	0	No incide en las partidas que componen la ruta crítica, no afecta plazos
		Seguimiento y control de la obra	Se realiza seguimiento semanal de las diferentes actividades que se encuentran en desarrollo. Diario en el caso de las actividades más críticas	2	1	2	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Estandarización de procesos	Se llevan a cabo las actividades bajo protocolos estandarizados por la empresa, con el fin de mantener un orden dentro del proyecto	1	2	2	Influye mínimamente en el ámbito financiero, pero no involucra el técnico
		Cumplimiento de metas	Se tiene clara la meta final del proyecto, pero igualmente se tienen metas a corto plazo, que se van cumpliendo con el desarrollo de las diferentes partidas	3	3	9	Retrasa las partidas y actividades que la suceden e influye en el ámbito financiero y técnico

**Figura N°41:** Herramienta generación de alertas tempranas, elaboración propia.

La herramienta se presenta con datos arbitrarios de la segunda columna de valores con fines explicativos, los demás valores son automáticos y que el usuario no debe completar.

Cada una de las categorías consideradas en la elaboración de la herramienta se consideran de suma importancia, tanto sea como en pre-construcción y planificación, etapa constructiva y etapa de diseño y ejecución. A continuación, se presenta una gráfica detallando el porcentaje de incidencia de cada una de las subcategorías para el atraso de las obras.



*Figura N°42: Gráfico porcentaje de incidencia de las categorías en los atrasos en obra, elaboración propia*

## CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación se centró en el estudio y análisis de planificación y ejecución de tres obras de edificación de baja altura destinados a viviendas, con el fin de elaborar la herramienta de generación de alertas de atrasos de planificación en forma temprana en un proyecto de construcción. Se analizaron los diferentes tipos de planificaciones posibles de utilizar en los proyectos, de las cuales la más utilizada es la carta Gantt, debido a su simpleza y funcionalidad. Para poder crear la herramienta de generación de alertas fue necesario analizar las actividades previas al inicio del proyecto, que pudieran dar indicio de posibles retrasos a lo largo de la obra y que fueran puntos modificables o mejorables para disminuir los tiempos y de esta manera cumplir plazos.

Se concluye que los proyectos utilizados como muestras, fueron escogidos bajo el criterio de que mientras más errores, atrasos y fallos presentaran dentro de sus planificaciones serían de mayor utilidad, ya que la herramienta analiza los posibles fallos de las futuras obras, en base a estos.

Posterior a analizar las obras pertenecientes a la muestra fue posible obtener como diagnóstico principal el atraso que existía en todas estas, con lo que como consecuencia se tenía el problema de la disminución de productividad en las obras. Con esta investigación se realiza el hallazgo de que existen errores en las planificaciones y desarrollos de los proyectos, que son en su gran mayoría evitables con el seguimiento y control debidos del proyecto.

Aplicando la herramienta propuesta, se obtienen alertas, donde es posible concentrarse en los puntos deficientes y así evitar errores mayores a lo largo de la planificación de todo el proyecto.

A partir de esta investigación es posible determinar que existen diferentes puntos que inciden en la productividad, que son los puntos más importantes de la carta Gantt que se desarrolló anterior a la herramienta de detección de alertas tempranas. Considerando principalmente los puntos de diseño, condiciones externas, instalación de faenas y obra gruesa.

En base a la investigación realizada se recomienda contemplar los siguientes puntos a la hora de diseñar y ejecutar un proyecto de edificios o torres de baja altura (máximo 5 pisos):

- Estandarizar e industrializar todos los procesos y tareas que sean posible, con lo cual se tiene certificado la calidad en materiales y procesos.
- Considerar que un mayor desembolso de recursos en sistemas de elevación y grúas dentro del proyecto muchas veces puede traer beneficios formidables que disminuyen tiempos de ejecución y que a fin de cuentas significa una disminución del presupuesto.

- El considerar capacitar a los trabajadores de la empresa muchas veces se toma como un incremento de uso de recursos y disminución de tiempo para emplear en las tareas de la obra en sí, pero finalmente termina siendo un beneficio, para trabajadores como para la empresa, ya que existe aumento de productividad y los trabajadores adquieren conocimientos que muchas veces no pueden acceder a ellos si no fuera por las capacitaciones dentro de la empresa.

La herramienta se deja a libre disposición para que futuros encargados de obras de edificaciones de baja altura destinados a viviendas puedan acceder a ella y de esta manera tengan una ayuda y puedan corregir detalles de sus planificaciones y de esta manera puedan optimizar tiempos y recursos, pudiendo cumplir con los plazos estipulados inicialmente propuestos por los mandantes de las obras.

La hipótesis es confirmada; haciendo referencia a esta *“El uso de la herramienta de generación de alertas de atrasos de planificación en forma temprana en un proyecto de construcción permite la toma de decisiones en forma oportuna y con antelación, logrando la disminución de los tiempos de ejecución de la obra.”* Puede determinarse que la herramienta entrega indicadores al usuario para su interpretación y análisis, pudiendo de esta manera tomar decisiones informadas acerca de puntos que es posible que no haya considerado anteriormente y que luego de la utilización de la herramienta es consciente de ellas y puede tomar decisiones oportunamente, evitando de esta manera atrasos de los tiempos de ejecución de la obra, logrando cumplir plazos estipulados desde un inicio de la planificación.

# ANEXOS

## Anexo N°1: Planificación del desarrollo de la investigación

CARTA GANTT	Duración (semanas)	TAREAS	Duración (semanas)	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
				06-09 al 10-09	13-09 al 17-09	20-09 al 24-09	27-09 al 01-10	4-10 al 8-10	11-10 al 15-10	18-10 al 22-10	25-10 al 29-10	02-11 al 05-11	09-11 al 12-11	15-11 al 19-11	22-11 al 26-11	29-11 al 03-12	06-12 al 10-12	13-12 al 17-12	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	Investigación previa	2	0.1 Investigación bibliográfica, conceptos, proyectos	2															
1	Selección proyectos	2	1.1 Selección muestras (3)	1															
			1.2 Recolección información proyectos	1															
2	Análisis planificación de los proyectos	2	2.1 Identificación de los proyectos	1															
			2.2 Análisis información disponible de los proyectos	1															
			2.3 Revisión planificaciones	1															
			2.4 Revisión documentos disponibles de los proyectos	1															
3	Análisis rutas críticas y act. Paralelas	1	3.1 Identificación rutas críticas	1															
			3.2 Análisis de rutas críticas	1															
			3.3 Identificación de act. Paralelas a rutas críticas	1															
			3.4 Análisis act. Paralelas a rutas críticas	1															
4	Análisis carta Gantt y partidas	2	4.1 Análisis general de carta Gantt	1															
			4.2 Análisis partidas más incidentes	1															
			4.3 Identificación problemas en la planificación	1															
5	Creación de indicadores estratégicos	3	5.1 Causa-efecto de los problemas en la planificación	2															
			5.2 Creación de indicadores	2															
6	Análisis de indicadores estratégicos	1	6.1 Relacionar indicadores con partidas	1															
			6.2 Selección de indicadores finales	1															
7	Propuesta de herramienta de generación de alertas	3	7.1 Creación de matriz de indicadores	3															
			7.2 Revisión matriz de indicadores	1															

Figura N°43: Planificación trabajo de memoria, elaboración propia.

Anexo N°2: planilla análisis fallos y errores de planificación y gestión de un proyecto de construcción.

ERRORES EN LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO	INGRESE UN VALOR DESDE EL 0 AL 5, DONDE EL 0 ES TOTALMENTE DE ACUERDO Y EL 5 ES TOTALMENTE EN DESACUERDO	ERRORES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS	INGRESE UN VALOR DESDE EL 0 AL 5, DONDE EL 0 ES TOTALMENTE DE ACUERDO Y EL 5 ES TOTALMENTE EN DESACUERDO
<b>Establecer metas difusas</b> ¿se establecen metas con claridad respecto al proyecto, no solo considerando la meta final, sino que también metas intermedias para poder cumplir objetivos a corto plazo?	1	<b>No conocer si las actividades se están desarrollando de acuerdo con el programa</b> ¿se tiene conocimiento acerca de como se están llevando a cabo las actividades de la obra, haciendo un seguimiento y control efectivo de las partidas en desarrollo?	1
<b>No analizar diferentes escenarios</b> ¿se analizan diferentes escenarios que pueden presentarse en la obra, considerando que pueden intervenir diferentes factores en la toma de decisiones, considerando las diferentes circunstancias y el cómo afrontarlas? ¿se tienen segundas opciones en caso de no poder cumplir con los requisitos y especificaciones inicialmente planteadas en las diferentes partidas y tareas?	2	<b>No tomar decisiones en el momento adecuado</b> ¿se toman decisiones a tiempo, sin interferir posteriormente en otras actividades o desatando errores en la gestión del proyecto?	2
<b>No conocer la obra</b> ¿se conoce en profundidad la planificación de la obra, se tiene conocimiento de como se desarrolla esta diariamente considerando rendimientos de personal, maquinarias y tareas?	3	<b>No tener un orden y disciplina de trabajo</b> ¿se tiene un orden, es decir se llevan a cabo actividades bajo protocolos estandarizados, bajo un orden y disciplina?	1
<b>No sectorizar</b> ¿se sectoriza el proyecto, es decir dividir en sectores, donde se priorizan unos por sobre otros, dependiendo del grado de importancia que tengan estos, pudiendo de esta manera dar mayor atención a las prioritarias, siendo a la vez capaz de llevar todos estos sectores a la misma vez?	4	<b>Planificaciones no ajustadas a la realidad</b> ¿se realizan estimaciones de plazos, materiales y equipos de trabajo con altos grados de exactitud, considerando modificaciones de fechas, requisitos o documentos necesarios?	1
<b>Ser demasiado positivo</b> ¿se tiene un cierto grado de positivismo respecto al desarrollo del proyecto, es decir pensando positivo, pero considerando que puede ocurrir algún imprevisto que puede afectar en las metas iniciales y que no siempre es posible obtener los mejores rendimientos ni los menores plazos?	2	<b>No tener una visión del estado real de los proyectos</b> ¿se tiene una visión del estado real de la obra, mediante el análisis de informes y seguimientos diarios, semanales o mensuales?	0
<b>Falta de flexibilidad</b> ¿existe flexibilidad respecto a la planificación del proyecto, no es rígida por lo que si existe un fallo se pueden generar cambios en base a la situación presentada con lo cual no lleva a consecuencias graves?	1	<b>Retraso en la entrega de partidas</b> ¿se entregan las diferentes partidas del proyecto en los plazos estimados según la planificación y las modificaciones que esta podría tener?	0
<b>No tener en cuenta la fase del año y emplazamiento</b> ¿se considera dentro de la planificación la estación del año y el clima presente en el emplazamiento donde se desarrolla la obra, considerando porcentajes de días de lluvia, heladas o temperaturas extremas con el fin de contemplar inicialmente los días en los cuales hay actividades que no pueden desarrollarse?	0	<b>Falta de comunicación</b> ¿existen canales oficiales de comunicación que sean utilizados regular y eficazmente para retroalimentar los desarrollos de las tareas entre las diferentes entidades presentes en el proyecto?	5
<b>No optimizar plazo</b> ¿se gestionan tareas que son posibles de desarrollar antes de lo estipulado llevándolas a cabo dentro de las fechas más anticipadas posibles?	1	<b>Falta de funciones determinadas</b> ¿existen funciones definidas para cada una de las personas que componen la obra, se definen roles y determinan responsabilidades dentro de los diferentes equipos de trabajo?	5
<b>No realizar seguimiento</b> ¿se realiza seguimiento mensual, semanal o diario, dependiendo de las actividades que se encuentran en desarrollo, con el fin de observar las diferencias con la planificación y así controlar desvíos de la planificación?	1	<b>Modificaciones de alcance en el transcurso del proyecto</b> ¿se tiene un alcance definido desde un inicio, con el cual se basa la planificación de la obra, es decir no se agregan ítems referentes a partidas que no se consideraban dentro del proyecto desde un inicio?	5
<b>PUNTAJE ERRORES EN LA PLANIFICACIÓN</b>	<b>15</b>	<b>PUNTAJE ERRORES EN LA GESTIÓN</b>	<b>20</b>
El proyecto no presenta errores en la planificación o no son incidentes	0-9 pts	El proyecto no presenta errores en la gestión o no son incidentes	0-9 pts
El proyecto presenta pequeños problemas de planificación, que son solucionables a corto plazo	10-19 pts	El proyecto presenta pequeños problemas de gestión, que son solucionables a corto plazo	10-19 pts
El proyecto presenta problemas de planificación que pueden repercutir en el desarrollo de la obra, con retrasos e inconvenientes	20-29 pts	El proyecto presenta problemas de gestión que pueden repercutir en el desarrollo de la obra, con retrasos e inconvenientes	20-29 pts
El proyecto presenta errores graves de planificación, que deben corregirse a la brevedad	30-39 pts	El proyecto presenta errores graves de gestión, que deben corregirse a la brevedad	30-39 pts
El proyecto presenta errores gravísimos dentro de su planificación, por lo que se deberá realizar un análisis y corregirlos de forma urgente. Realizar reuniones con las diferentes partes y discutir como solucionarlos o afrontarlos	40-45 pts	El proyecto presenta errores gravísimos dentro de su gestión, por lo que se deberá realizar un análisis y corregirlos de forma urgente. Realizar reuniones con las diferentes partes y discutir como solucionarlos o afrontarlos	40-45 pts

Figura N°44: Planilla fallos y errores planificación y gestión de un proyecto, elaboración propia.

Anexo N°2: Planificación Ruta Crítica de las obras pertenecientes a las muestras

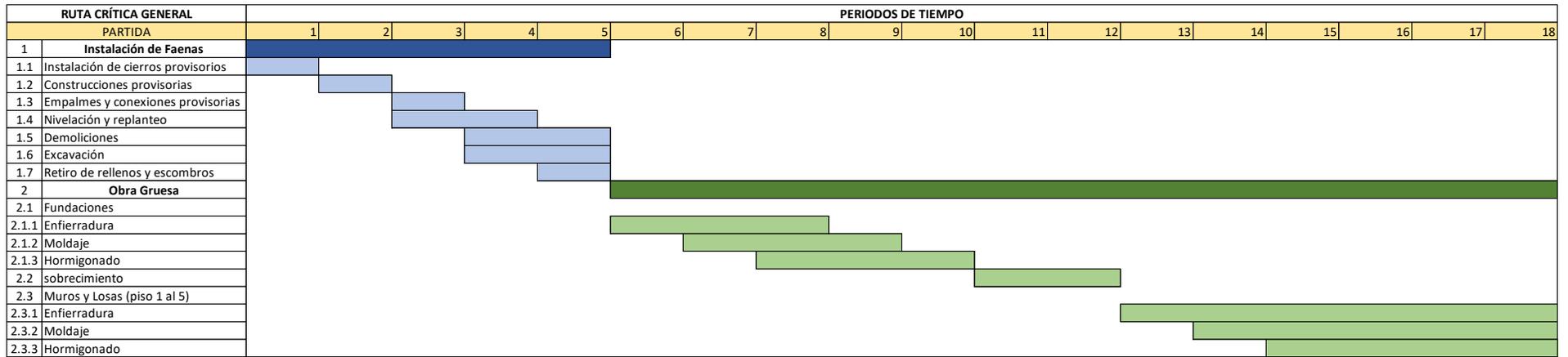


Figura N°45: Ruta crítica general, elaboración propia.

Anexo N°3: Planificación conjunto justicia social

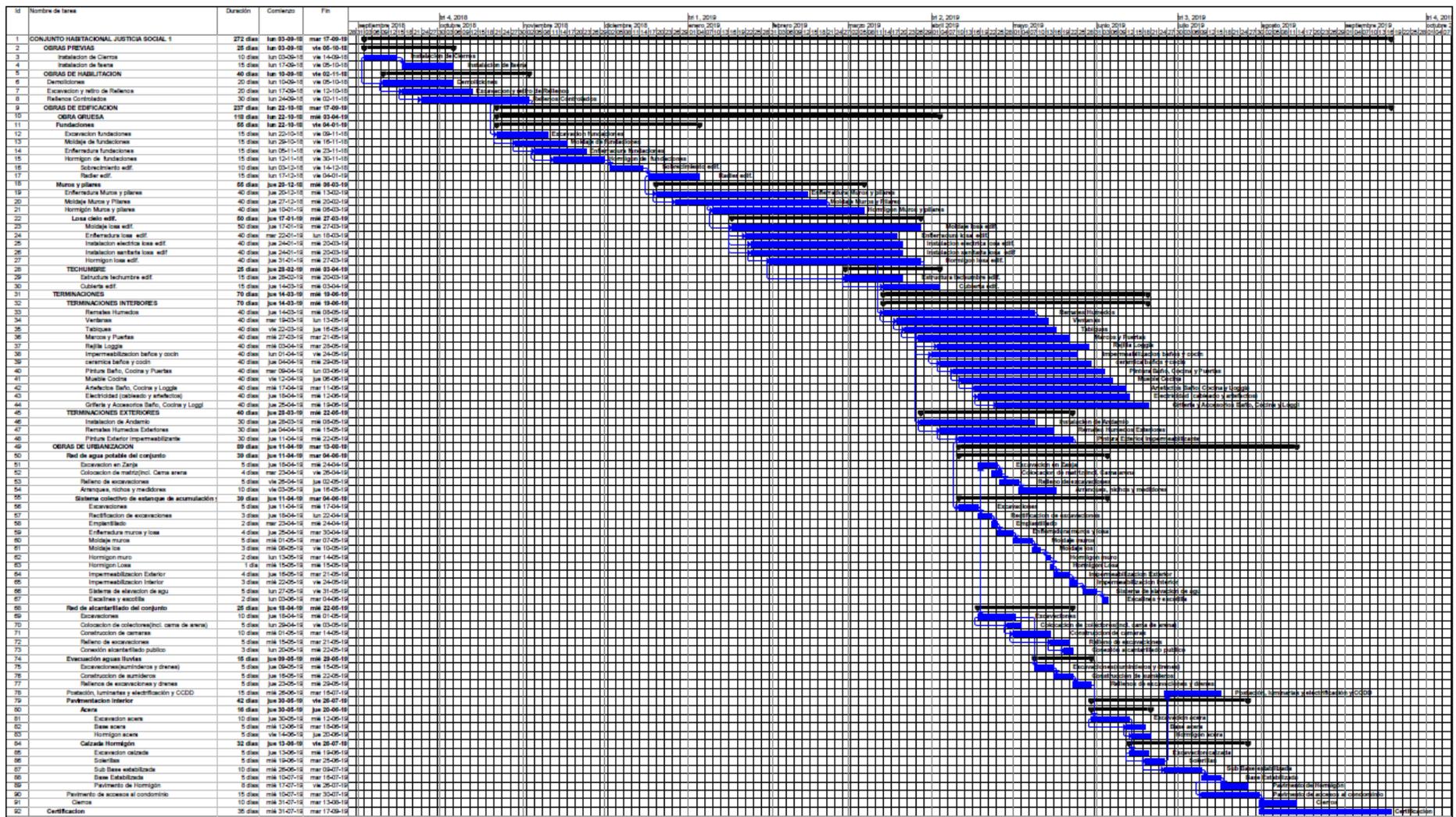


Figura N°46: Planificación conjunto justicia social.

#### Anexo N°4: planificación Laderas de Puerto Montt

Se adjunta planificación de Laderas de Puerto Montt en la entrega en formato PDF para mejor resolución.

#### Anexo N°5: rendimientos en obra de conjunto villa futuro

Las siguientes tablas corresponden todas al proyecto Villa Futuro

##### Funciones

	enfierradura	encofrados	Hormigón
Losa	10 personas de los cuales 7 se encargaban de tejer y 3 de doblar los fierros. Esto en todo caso podría variar algunas veces	6 personas que se distribuyen aleatoriamente las funciones	8 personas, 2 se encargaban del capacho, dos del vibrado, 2 del platachado y los otros dos se quedan abajo llenando en capacho.
muro	10 personas de los cuales 7 se encargaban de tejer y 3 de doblar los fierros. En todo caso podía variar algunas veces.	6 personas de las cuales 4 se encargaban de la instalación, uno lo guiaba con la soga y el último se encargaba de dar las indicaciones al operario de la grúa	4 personas, 2 se encargaban del capacho y 1 se preocupa del vibrado y el último se queda abajo llenando el capacho.

**Tabla N°3:** Funciones mano de obra para losas y muros, villa futuro, Santa Fe.

##### Rendimientos

	enfierradura	encofrados	Hormigón
Losa	Medio día por piso con 10 personas	1 día por piso con 6 personas	1 hora por piso con 8 personas
Muro	Medio día por piso con 10 personas	2 días por piso con 6 personas	1 hora por piso con 4 personas

**Tabla N°4:** Rendimientos partidas de losa y muros villa futuro.

Mano de obra utilizada

Partida	Ítem	Condominio villa futuro I, II Y III
Enfierradura	Losa	10
	Muro	10
Moldaje	Losa	6
	Muro	6
Hormigón	Losa	8
	Muro	8

**Tabla N°5:** Cantidad de mano de obra para rendimientos de tabla N°2.

Partida		
Enfierradura	Losa	1.- corte, doblaje 2.-corte, doblaje 3.-colocación 4.-colocación 5.-colocación 6.-colocación 7.-colocación 8.-colocación 9.-colocación 10.-colocación
	Muro	1.-corte, doblaje 2.-corte, doblaje 3.-colocación 4.-colocación 5.-colocación 6.-colocación 7.-colocación 8.-colocación 9.-colocación 10.-colocación

Moldaje	Losa	1.-rigger 2.-colocación 3.-colocación 4.-colocación 5.-colocación 6.-colocación
	Muro	1.-rigger 2.-colocación 3.-colocación 4.-colocación 5.-colocación 6.-colocación
Hormigón	Losa	1.-cambio de capacho 2.-capacho 3.-manga 4.-manga 5.-vibrador de inmersión 6.-cercha vibratoria 7.-rellenado 8.-rellenado
	Muro	1.-cambio de capacho 2.-capacho 3.-manga 4.-vibrador 5.-capacho 6.-manga 7.-vibrador 8.-platacho

**Tabla N°6:** Función de mano de obra en desarrollo de partidas de losa y muro villa Futuro.

Tabla de rendimientos

Partida	Ítem	Proyecto villa futuro I, II Y III		
		Horas	Unidad	Rendimiento
Enfierradura	Losa	8	114 m <sup>2</sup>	14,25 m <sup>2</sup> /h
	Muro	8	114 m <sup>2</sup>	16,50 m <sup>2</sup> /h
Moldaje	Losa	8	114 m <sup>2</sup>	14,25 m <sup>2</sup> /h
	Muro	7	264 m <sup>2</sup>	37,71 m <sup>2</sup> /h
Hormigón	Losa	1 ¼	16 m <sup>3</sup>	12,00 m <sup>3</sup> /h
	Muro	4	27 m <sup>3</sup>	6,75 m <sup>3</sup> /h

**Tabla N°7:** Rendimientos villa futuro.

## REFERENCIAS

¿Cuáles son los métodos básicos de planificación en construcción? - Clase Ejecutiva. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://www.claseejecutiva.uc.cl/blog/articulos/cuales-son-los-metodos-basicos-de-planificacion-en-construccion/>

¿En qué consiste la Administración de Proyectos? (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/administracion-proyectos>

¿Qué son los hitos en la gestión de proyectos? - ProjectAdmin. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <http://www.projectadmin.org/que-son-los-hitos-en-la-gestion-de-proyectos/>

5 estrategias para la gestión de proyectos encaminados. (2020, September 22). <https://monday.com/blog/es/5-estrategias-de-gestion-de-proyectos-para-mantener-tus-proyectos-encaminados/>

5 pasos clave en la etapa de planificación de un proyecto | OBS Business School. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/5-pasos-clave-en-la-etapa-de-planificacion>

Angeli Gutiérrez, C. A. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel*. 88. [http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/4601/a120179\\_Angeli\\_C\\_Implementacion\\_del\\_sistema\\_last\\_planner\\_tesis\\_2017.pdf?sequence=1](http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/4601/a120179_Angeli_C_Implementacion_del_sistema_last_planner_tesis_2017.pdf?sequence=1)

Ardila, I. (2015, April 13). *15 ERRORES AL PLANIFICAR OBRAS DE CONSTRUCCIÓN - Procedimiento Constructivo ARDILA*. <https://procedimientoconstructivoardila.com/15-errores-al-planificar-obras-de-construccion/>

CASTRO SALAMANCA, S. (2018). *ANÁLISIS DEL USO MS EXCEL COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO EVH*.

Definición de Proceso - Qué es y Concepto. (n.d.). Retrieved December 15, 2020, from <https://definicion.mx/proceso/>

Diferencias y errores comunes en el control de costos y gastos | Grandes Pymes. (2018, June 1). <https://www.grandespymes.com.ar/2018/01/06/diferencias-y-errores-comunes-en-el-control-de-costos-y-gastos/>

Gestión de proyectos. Problemas y riesgos más comunes. (n.d.). Retrieved April 25, 2021, from <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/gestion-de-proyectos-problemas-y-riesgos-mas-comunes/>

Método de la ruta crítica - CPM - Ingeniería Industrial Online. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/metodo-de-la-ruta-critica-cpm/>

Método de Montecarlo | Cómo usarlo para hacer simulaciones. (n.d.). Retrieved December 16, 2020, from <https://www.rekursosenprojectmanagement.com/metodo-de-montecarlo/>

Pérez, A. (2017, July 7). *Cinco elementos clave para el control de proyectos* | OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/cinco-elementos-clave-para-el-control-de-proyectos>

*Planeación Operativa: Características, Importancia y Ejemplo* - Lifeder. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://www.lifeder.com/planeacion-operativa/>

*Planeación Táctica: Características, Importancia y Ejemplos* - Lifeder. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://www.lifeder.com/planeacion-tactica/>

*Planificación Estratégica Rosario Bello*. (n.d.).

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Avances Investigación En Ingeniería*, 11(1), 32. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>

*proyecto, proyecta* / *Diccionario de la lengua española (2001)* / RAE - ASALE. (n.d.). Retrieved November 13, 2020, from <https://www.rae.es/drae2001/proyecto>

Puga, A. (2020, July 19). *Gestión de costes en el sector construcción. El camino a la competitividad*. Gestión de Costes En El Sector Construcción. <https://www.vs-sistemas.com/Blog/Sector-ingeniería-y-construcción/gestion-costes-sector-construccion>

RAE. (n.d.). *Significado de Incertidumbre - Qué es, Definición y Concepto*. Retrieved December 16, 2020, from <https://quesignificado.com/incertidumbre/>

Serpell, A., & Alarcón, L. F. (2001). *Planificación y control de proyectos*. Ediciones UC.

*Significado de Estrategia (Qué es, Concepto y Definición) - Significados*. (n.d.). Retrieved April 26, 2021, from <https://www.significados.com/estrategia/>

*Tipos de investigación - Significados*. (n.d.). Retrieved April 24, 2021, from <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>

Trejo, N. (2018). *Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Planificación Y Control De Proyectos De Ingeniería Y Nicolás Andrés Trejo Carvajal Profesor Guía : Alejandro Polanco Carrasco Miembros De La Comisión : Ricardo Rojas Pizarro*. 138.

Welsch, G. A., Hilton, R. W., & Gordon, P. N. (2005). *Presupuestos: planificación y control*. Pearson educación.

Durán Bustamante.(2014). *Planificación de un edificio en altura, análisis operaciones más importantes*. Asignatura Taller de Obras

Durán Bustamante.(2014). *Construcción Obras civiles en Edificación en Altura: Grúas Torre*. Asignatura Taller de Obras