



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

ANÁLISIS DE RIESGOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL  
EFECTO ECONÓMICO DE LOS MÁS INFLUYENTES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

LIONEL CRISTÓBAL REAL SANTIS

PROFESOR GUÍA:  
JORGE PULGAR ALLENDES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ALEJANDRO POLANCO CARRASCO  
CARLOS VALENZUELA MOLINA

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: LIONEL CRISTÓBAL REAL SANTIS  
FECHA: 11/10/2017  
PROF. GUÍA: JORGE PULGAR ALLENDES

## ANÁLISIS DE RIESGOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL EFECTO ECONÓMICO DE LOS MÁS INFLUYENTES

El presente trabajo de título tiene como objetivo general el análisis de los riesgos que enfrentan las empresas constructoras en la realización de obras de edificación y la evaluación del efecto económico de los más influyentes. Para lograrlo, se desarrollan los procesos de Identificación, Análisis Cualitativo, Análisis Cuantitativo y Generación de un Plan de Acción para los riesgos estudiados.

La metodología empleada considera en una primera instancia la revisión y adaptación de procesos de Análisis de Riesgos, perteneciente a metodologías de Gestión de Riesgos. Luego, por medio de las técnicas que entregan los procedimientos en estudio, se realiza una Identificación de los riesgos. A través de encuestas a profesionales del rubro, se ejecuta un Análisis Cualitativo con el objetivo de obtener una lista jerarquizada de los eventos con mayor magnitud, en función de la probabilidad de ocurrencia y del impacto financiero. Posteriormente, los riesgos con mayor magnitud se cuantifican, determinando su impacto financiero a partir de datos verídicos de edificaciones de la empresa constructora Collico Ltda. y estableciendo funciones matemáticas que permiten estimar el costo económico en situaciones supuestas. Finalmente, se entrega un Plan de Respuesta como sugerencia para enfrentar los riesgos analizados.

Como resultado, se obtiene una lista jerarquizada de los riesgos que enfrenta una empresa constructora de edificación, a modo de ser utilizada por otras como guía para saber dónde enfocar los esfuerzos para cumplir sus objetivos. Además, se obtiene una cuantificación de los riesgos más influyentes, con funciones matemáticas que permiten estimar el impacto financiero de algunos. Finalmente se propone un Plan de Respuesta para los riesgos estudiados.

En este trabajo se trabaja con información real de obras edificadas por la empresa Collico Ltda. (Anexo A), la cual entregó apoyo y toda la información pertinente para el desarrollo de esta memoria.

*A mis padres, hermanos, primos, tíos, amigos y Valentina*

# Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a las personas que participaron directamente en el desarrollo de mi memoria: a mi profesor guía, Jorge Pulgar, quien me aceptó como memorista, ayudó en reiteradas ocasiones y aguantó mis grandes porfías. Y por otro lado, a Juan Carlos Caballero, y a todo el personal de la empresa Collico, por recibirme en su obra, facilitar todos los antecedentes necesarios para el desarrollo de este trabajo, y de alguna manera u otra, convertirse en el último profesor de mi paso por la universidad.

Mis agradecimientos también van dirigidos a toda mi familia, mis hermanos, primos, tías, tíos, y en especial a mis padres, Lionel y Vilma, por todo el amor entregado, por darme la oportunidad de entrar a esta gran universidad, permitirme conocer lugares y personas de todo el mundo, retarme cuando las cosas parecían no estar bien, y aguantar todas las ausencias en mi casa o en momentos familiares por estar estudiando, haciendo una tarea o un trabajo (a tal punto que he escuchado muchas veces "para ti, esto es un hotel"). Ellos son mi ejemplo de esfuerzo, disciplina y unidad familiar.

Desde este punto, quiero agradecer a muchas personas que no me ayudaron en nada para realizar mi memoria, pero que sin duda alguna dejaron algo en mí y marcaron mi largo paso por la universidad.

A mis amigos Dimitri, Eduardo, Hugo y Roberto. Gracias por todos los grandes momentos que hemos pasado juntos, los viajes, experiencias, aventuras, risas y conversaciones. Con ellos, no sólo compartí el estudio (de hecho, fuimos compañeros en pocos ramos), sino que comparto dos de mis grandes pasiones: la música y el fútbol. Gracias por las canciones tocadas, los ensayos, las cumbias, rock e improvisaciones; por todos los partidos jugados, los tiempos de arbitraje, y las alegrías, abrazos, penas y rabias. Con ellos aprendí a pasarlo mucho mejor, ser un gran hater, mirar la luna, jugar mejor fútbol, y motivarme para mejorar en la batería.

A mis amigas Aileen, Mila y Clau. Gracias por dejarme sacar al viejo copuchento y emocional que llevo adentro, por escucharme todas las veces que necesité hablar, por decirme las cosas tal y cómo son, por sus consejos y por las incontables noches de realmente dejar la vida en la pista de baile.

A mis amigos civiles, C-Bless: Juancri, Jota, Tom, Danús, Negro, Facha, Jorge, Felipe, Dieguín, Diego T., Rodri y Diana. Gracias por todas las horas compartidas en “estudio”, por las miles de tallas sin sentido que duraban meses, por ser parte del mítico Trape. En especial agradezco a aquellos con quien compartí desde el primer día de universidad, siendo compañeros de sección y en civil; gracias por acompañarme en todo mi camino.

A Santi León F.C y a todos los que fueron parte de él: Esteban, Mati, Felix y Pato. A pesar de que nunca pudimos ganar ligas o campeonatos, me llevo todos los lindos momentos dentro y fuera de la cancha. Mucho más que compañeros de equipo, somos amigos y una gran familia. Siempre fue un agrado que después de cada partido nos quedábamos juntos y conversábamos mucho más de lo futbolístico. Por otro lado, no puedo obviar a mi equipo de civil, Trape F.C, un equipo chico pero con la más grande amistad.

A l@s Uchileans: Anto, Claudio, Clau O., Mari, Morris y Perrín. Gracias por los almuerzos y tardes en los pastos de la universidad. Por los inolvidables parcelazos del profesor.

A todo el equipo de Difusión: Mane, Pili y todo los monitores, en especial a las ratas y a las ratas de las ratas: Dani, Migue, Mati y Fran. Con todos ellos compartí la gratificante experiencia de mostrarle a estudiantes de colegio qué significa estudiar esta linda carrera. Gracias por toda la buena onda siempre entregada y por los consejos. Siempre fue un agrado “trabajar” en Difusión.

A la Sonia y todas las que trabajaron con ella: Dani, Ángela y Sra. Nieves. A pesar de que muchos no entienden su humor, desde primer año siempre me recibió con una talla pesada que me daba pie para devolvérsela, sacando varias risas. Gracias por dejar colarme en la fila, por entrar y sacar lo que quisiera. Su historia está llena de esfuerzo y sacrificio. Aunque no te regalé mi foto al desnudo que te prometí, espero que me recuerdes con cariño.

A todo el equipo, estudiantes y profesores de la UPPM, en especial a mis alumnas: Anita, Jaqui, Juana y Vero. Mi paso por la Universidad Popular Patricio Manzano fue una experiencia increíble y sumamente gratificante. Gracias por permitirme compartir mis experiencias

y conocimientos a quienes trabajan duramente en la universidad. Me llevo un muy lindo ejemplo de que nunca es tarde para motivarse a estudiar y aprender cosas nuevas.

A tod@s mis amig@s anónimos que conocí en la Terraza. Pude compartir con personas muy diferentes en ese mítico lugar. Gracias por las conversaciones y las experiencias compartidas.

Finalmente, pero no menos importante, termino mis agradecimientos escribiendo en la casa de quien me acompañó en mi última etapa universitaria, Valentina. Gracias por todo el tiempo que me dedicaste; por las tardes donde yo trabajaba en la memoria y tu haciendo una de tus miles responsabilidades; por quererme tal y cómo soy; por acompañarme a dónde fuera; por tus miradas y risas.

# Tabla de contenido

<b>1. Introducción, Objetivos y Metodología</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción/Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.2.1. Objetivo general . . . . .	2
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	3
1.3. Metodología . . . . .	3
1.4. Resultados esperados . . . . .	4
<b>2. Marco Conceptual</b>	<b>5</b>
2.1. Guía PMBOK® del Project Management Institute . . . . .	5
2.1.1. Planificación de la Gestión de Riesgos . . . . .	7
2.1.2. Identificación de riesgos . . . . .	8
2.1.3. Análisis Cualitativo de los Riesgos . . . . .	8
2.1.4. Análisis Cuantitativo de los Riesgos . . . . .	9
2.1.5. Planificación de la Respuesta a los Riesgos . . . . .	10
2.1.6. Seguimiento y Control de los Riesgos . . . . .	11
2.2. Norma Chilena NCh-ISO 31000:2012 . . . . .	11
2.2.1. Propósitos y principios . . . . .	12
2.2.2. Marco de Trabajo para la Gestión de Riesgos . . . . .	13
2.2.3. Proceso para la Gestión del Riesgo . . . . .	15
2.3. Análisis bibliográfico adicional . . . . .	18
<b>3. Identificación de los Riesgos</b>	<b>21</b>
3.1. Personas que intervienen en el proceso . . . . .	21
3.2. Identificación de los riesgos . . . . .	23

<b>4. Análisis Cualitativo</b>	<b>27</b>
4.1. Resultados de la encuesta . . . . .	28
4.2. Análisis de la encuesta . . . . .	30
<b>5. Análisis Cuantitativo</b>	<b>33</b>
5.1. Incumplimiento del programa de trabajo . . . . .	33
5.1.1. Cuantificación de un día de paralización . . . . .	34
5.1.2. Cuantificación de un día de atraso . . . . .	38
5.2. Bajo rendimiento de la Mano de Obra . . . . .	40
5.2.1. Impacto del rendimiento de la Mano de Obra Directa . . . . .	40
5.2.2. Variaciones en rendimientos, precios y costos totales de la MO Directa contratada . . . . .	46
5.3. Alza en los precios de materiales . . . . .	50
5.3.1. Cemento . . . . .	51
5.3.2. Acero . . . . .	54
5.3.3. Madera . . . . .	56
5.3.4. Hormigón . . . . .	58
5.3.5. Análisis de resultados . . . . .	62
5.4. Trabajos mal realizados . . . . .	66
5.5. Error en las cubicaciones . . . . .	68
5.5.1. Cemento . . . . .	68
5.5.2. Acero . . . . .	69
5.5.3. Madera . . . . .	70
5.5.4. Hormigón . . . . .	71
5.5.5. Análisis de resultados . . . . .	72
<b>6. Planes de Respuesta</b>	<b>75</b>
<b>Conclusiones y Comentarios</b>	<b>78</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>82</b>
<b>Anexos</b>	<b>85</b>
<b>A. La Empresa</b>	<b>86</b>
A.1. Estructura Organizacional . . . . .	87

<b>B. Técnicas de evaluación de riesgos</b>	<b>89</b>
B.1. Entrevistas Semiestructuradas . . . . .	89
B.1.1. Presentación . . . . .	89
B.1.2. Utilización . . . . .	90
B.1.3. Elementos de entradas . . . . .	90
B.1.4. Proceso . . . . .	90
B.1.5. Resultados . . . . .	90
B.1.6. Fortalezas y limitaciones . . . . .	90
B.2. Matriz de Probabilidad/Impacto . . . . .	91
B.2.1. Presentación . . . . .	91
B.2.2. Utilización . . . . .	91
B.2.3. Elementos de entradas . . . . .	92
B.2.4. Proceso . . . . .	93
B.2.5. Resultados . . . . .	93
B.2.6. Fortalezas y limitaciones . . . . .	93
<b>C. Notas de las entrevistas</b>	<b>94</b>
C.1. Entrevista 1 . . . . .	94
C.2. Entrevista 2 . . . . .	96
C.3. Entrevista 3 . . . . .	97
C.4. Entrevista 4 . . . . .	98
C.5. Entrevista 5 . . . . .	99
<b>D. Resultados de las encuestas</b>	<b>100</b>

# Índice de tablas

3.1. Participantes de la identificación preliminar . . . . .	22
3.2. Participantes de la validación y complementación del levantamiento . . . . .	22
3.3. Riesgos en etapa de construcción . . . . .	23
4.1. Matriz de Probabilidad e Impacto . . . . .	28
4.2. Resultados de la encuesta . . . . .	29
4.3. Riesgos con mayor Magnitud . . . . .	31
4.4. Riesgos con mayor Probabilidad de ocurrencia . . . . .	31
4.5. Riesgos con mayor Impacto . . . . .	32
5.1. Costos totales por obra para determinación de 1 día de paralización . . . . .	34
5.2. Costo de paralización. Obra Vasconia . . . . .	35
5.3. Costo paralización. Obra Echeñique . . . . .	35
5.4. Costo paralización. Obra Caupolicán . . . . .	36
5.5. Costo diario promedio de 1 día de paralización . . . . .	36
5.6. Costo diario de atraso . . . . .	38
5.7. Costo por atraso . . . . .	39
5.8. Variación de los precios unitarios de la mano de obra según distintos rendimientos	42
5.9. Costos de Mano de Obra contratada . . . . .	43
5.10. Impacto promedio de las variaciones en rendimientos de MO . . . . .	44
5.11. Carpinteros: Precios, cantidades y rendimientos . . . . .	47
5.12. Albañiles: Precios, cantidades y rendimientos . . . . .	48
5.13. Jornales: Precios, cantidades y rendimientos . . . . .	48
5.14. Carpinteros: Total presupuesto vs Total gastado . . . . .	49
5.15. Albañiles: Total presupuesto vs Total gastado . . . . .	49
5.16. Jornales: Total presupuesto vs Total gastado . . . . .	49

5.17. Obras de empresa Collico . . . . .	50
5.18. Cemento: Precios y cantidades . . . . .	52
5.19. Cemento: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total .	53
5.20. Acero: Precios y cantidades . . . . .	54
5.21. Acero: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total . . .	55
5.22. Madera: Precios y cantidades . . . . .	56
5.23. Madera: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total . .	57
5.24. Hormigones presupuestados y reales. Vasconia . . . . .	58
5.25. Hormigones presupuestados y reales. Echeñique . . . . .	59
5.26. Hormigones presupuestados y reales. Caupolicán . . . . .	59
5.27. Hormigones presupuestados y reales. Manquehue . . . . .	60
5.28. Hormigón: Precios y cantidades . . . . .	61
5.29. Hormigón: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total .	61
5.30. Desviaciones de precios e impactos promedios de todas las obras, según el material . . . . .	63
5.31. Desviaciones de precios e impactos promedios de las tres últimas obras, según el material . . . . .	63
5.32. Función de impacto para cemento, acero, madera y homigón . . . . .	64
5.33. Ejemplo de impacto. Variación $\Delta_P = 3\%$ . . . . .	65
5.34. Resumen de reclamos post-venta. Caupolicán y Manquehue . . . . .	67
5.35. Costo de la gestión post-venta . . . . .	67
5.36. Cemento: Cubicaciones presupuestadas y reales . . . . .	69
5.37. Cemento: Impacto del error en cubicaciones . . . . .	69
5.38. Cemento: Cubicaciones presupuestadas y reales . . . . .	70
5.39. Acero: Impacto del error en cubicaciones . . . . .	70
5.40. Madera: Cubicaciones presupuestadas y reales . . . . .	71
5.41. Madera: Impacto del error en cubicaciones . . . . .	71
5.42. Hormigón: Cubicaciones presupuestadas y real . . . . .	72
5.43. Hormigón: Impacto del error en cubicaciones . . . . .	72
5.44. Desviaciones de cantidades e impactos promedios de todas las obras, según el material . . . . .	73
5.45. Función de impacto de las cubicaciones . . . . .	73
5.46. Ejemplo de impacto. Variación $\Delta_C = 2\%$ . . . . .	74

6.1. Planes de respuesta para los riesgos evaluados cuantitativamente . . . . .	76
6.2. Resumen de riesgos estudiados e impactos ante situaciones supuestas . . . . .	81
A.1. Edificios construidos por la empresa Collico . . . . .	87
D.1. Resultados de las encuestas. Encuestado 1 - 4 . . . . .	100
D.2. Resultados de las encuestas. Encuestado 5 - 8 . . . . .	102
D.3. Resultados de las encuestas. Encuestado 9 - 12 . . . . .	103
D.4. Resultados de las encuestas. Encuestado 13 - 15 . . . . .	104

# Índice de figuras

2.1. Descripción general de la Gestión de Riesgos del Proyecto. PMBOK . . . . .	7
2.2. Estructura general de la norma NCh-ISO 31000:2012 . . . . .	12
2.3. Esquema del proceso de Análisis de Riesgos . . . . .	20
5.1. Costo diario de 1 día de paralización según avance en plazo . . . . .	37
5.2. Costo por atraso . . . . .	39
5.3. Impacto de la variación de rendimiento de la MO en presupuesto total . . . . .	45
5.4. Variación del precio del Cemento . . . . .	52
5.5. Impacto de la variación de precio del cemento en presupuesto total . . . . .	53
5.6. Variación del precio del Acero . . . . .	54
5.7. Impacto de la variación de precio del acero en presupuesto total . . . . .	55
5.8. Variación del precio de la madera . . . . .	56
5.9. Impacto de la variación de precio de la madera en presupuesto total . . . . .	57
5.10. Impacto de la variación de precio del hormigón en presupuesto total . . . . .	62
5.11. Impacto de la variación de precios de la cemento, acero, madera y hormigón en el presupuesto total . . . . .	65
5.12. Impacto de la variación en cubicaciones del cemento, acero, madera y hormigón en el presupuesto total . . . . .	74
A.1. Organigrama de la empresa . . . . .	88
A.2. Organigrama de la Obra de Contrucción . . . . .	88

# Capítulo 1

## Introducción, Objetivos y Metodología

En este capítulo se presenta la introducción del trabajo de título, los objetivos y la metodología empleada en el desarrollo de la memoria.

### 1.1. Introducción/Motivación

A nivel nacional, el sector de la construcción es el sexto más importante en términos de generación de producto interno bruto, con un 7,8% de aporte al PIB y 8,4% de empleos al 2012. En ese año, el tamaño del total del mercado fue de aproximadamente US\$ 29.900 millones de inversión anual, de los cuales un 35%, equivalente a US\$ 10.645 millones, correspondía a edificación residencial y no residencial (Corfo, 2016). Además, la industria es una de las más riesgosas, dinámicas y desafiantes (Mills, 2001). Debido a esto, una comprensión detallada de los riesgos que enfrentan las obra de construcción ha sido tema de investigación tanto para profesionales como académicos, de modo de aumentar la productividad y la calidad de los servicios (Rodrigues-da-Silva, 2014).

Una de las herramientas fundamentales para estudiar los riesgos en una obra de construcción es la Gestión de Riesgos y dentro de ella el Análisis de Riesgos, que aborda la Identificación de éstos, su valoración cualitativa en base a su probabilidad de ocurrencia e impacto. La Gestión de Riesgos es metodología clave en la administración de proyectos y entendida como un proceso sistemático para la identificación, análisis y respuesta ante un riesgo

que pueden traer consecuencias adversas en los objetivos de un proyecto (Kutsch, 2009). Esta metodología, ayuda a las organizaciones al cumplimiento de sus objetivos, al mejoramiento de sus procesos (CAIGG, 2016) y contribuye a la toma de decisiones teniendo en cuenta la incertidumbre y posibilidad de futuros eventos o circunstancias, y sus efectos sobre los objetivos acordados (INN, 2013).

Considerando la limitada aplicación de la Gestión de Riesgo en la industria de la construcción chilena y la urgente necesidad de mejorar su función tanto para mandantes como para contratistas (Serpella et al., 2014), se encuentra una motivación para el desarrollo de una evaluación de los riesgos del rubro. Así, se puede entender y analizar los riesgos más allá del 5% del imprevisto que se considera en los presupuesto de una obra típica utilizado en contratos de construcción.

Este trabajo de título tiene como objetivos estudiar las metodologías existentes que dicen relación a la Gestión de Riesgo y en particular las aplicadas en otros países en la industria de la construcción, identificar los riesgos que enfrenta un proyecto de edificación, jerarquizarlos, analizarlos, evaluar de forma cualitativa y numérica algunos de ellos, y determinar funciones matemáticas que permitan estimar sus costos. Finalmente, se busca generar recomendaciones y Plan de respuesta para los riesgos edificación.

Este trabajo de titulación se realizó en conjunto con la empresa constructora Collico Ltda. (ver detalle en Anexo A), en la cual algunos profesionales participaron activamente en su desarrollo, ya sea en el acceso a obras, facilitación de documentos e identificación de riesgos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Desarrollar una análisis de riesgos en obras de construcción de edificación y evaluar el efecto económico de los más influyentes.

## 1.2.2. Objetivos específicos

- Estudiar normas, reglamentos y publicaciones académicas asociados con metodologías de Gestión de Riesgos, específicamente aquellos que digan relación con la industria de la construcción.
- Destacar el subproceso de Análisis de Riesgos
- Realizar un levantamiento de los riesgos típicos asociados a contratos de construcción de edificios.
- Analizar y jerarquizar los riesgos más importantes en este tipo de obras.
- Evaluar cuantitativamente los riesgos más relevante, determinando funciones matemáticas que estimen sus costo financieros.
- Generar un plan de respuesta y recomendaciones para los riesgos evaluados.

## 1.3. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo de título es la siguiente:

- **Análisis bibliográfico:** En esta primera instancia se selecciona material bibliográfico relativo a metodologías y normas relacionadas con la Gestión de Riesgos, prestando atención en aquellas que digan relación directa con el sector construcción. En particular se estudia la guía de Gestión de Riesgo PMBOK del Project Management Institute, las normas NCh-ISO 31000 y NCh-ISO 31010 y estudios académicos de expertos en materias de administración de proyectos y Gestión de Riesgo. Se identifica y/o modifica aquella que mejor se adapte al contexto de la memoria.
- **Identificación:** Para realizar la Identificación de Riesgos se utilizan las Entrevistas Semi-estructuradas a profesionales con experiencia en el rubro. Esta técnica es parte de las metodologías de Gestión de Riesgos estudiadas.
- **Análisis Cualitativo:** Esta etapa corresponde a valorar cualitativamente los riesgos según su probabilidad de ocurrencia y su impacto económico, a través de una Matriz de Riesgos. La Matriz se completó por medio una encuesta a diferentes profesionales del rubro. El resultado de esta etapa es un lista jerarquizada de los riesgos.

- **Análisis Cuantitativo:** Los riesgos considerados más importantes se analizan numéricamente con el objetivo de determinar el real impacto financiero que conllevan. Esta etapa se realiza con datos verídicos de la empresa Collico. Además, se determinan funciones matemáticas que permiten estimar el costo de algunos riesgos ante situaciones supuestas.
- **Plan de Respuesta y Recomendaciones:** Finalmente, se genera un plan de acción para aquellos riesgos que se consideren más importantes. Además, se entregan recomendaciones orientadas a solucionar y/o evitar problemas relacionados a los riesgos detectados.

## 1.4. Resultados esperados

Los resultados esperados de este trabajo de título son: obtener una identificación de los riesgos que enfrenta un proyecto de construcción de obras de edificación; Una evaluación cualitativa del impacto y probabilidad de ocurrencia de los riesgos, determinando aquellos que son más incidentes en el presupuesto total de una obra; la evaluación del efecto económico de los riesgos más relevantes; la determinación de funciones matemáticas para estimar el costo de algunos riesgos; y una propuesta de Plan de Respuesta para los riesgos estudiados.

# Capítulo 2

## Marco Conceptual

En este capítulo se presentan los conceptos fundamentales de la Gestión de Riesgo y se estudian de manera específica las metodologías propuestas por la Guía PMBOK<sup>®</sup>, y las normas NCh-ISO 31000 y NCh-ISO 31010. Además se realiza una revisión bibliográfica sobre estudios y publicaciones académicas que dicen relación con Métodos de Gestión de Riesgos (MGR); clasificación de riesgos; y técnicas, dificultades y desafíos en el proceso.

### 2.1. Guía PMBOK<sup>®</sup> del Project Management Institute

El Project Management Institute (PMI) es una asociación internacional sin fines de lucro que tiene como misión convertir la gerencia de proyectos como la actividad indispensable para obtener resultados en cualquier actividad de negocio. Es considerada como la más grande organización profesional dedicada al campo de Administración de Proyectos (Raz, 1999). Actualmente, posee más de 700 mil miembros repartidos en casi todo el mundo y es el autor de un estándar reconocido en todo el mundo: La Guía PMBOK<sup>®</sup>, que reúne los conocimientos necesarios para realizar proyectos exitosos.

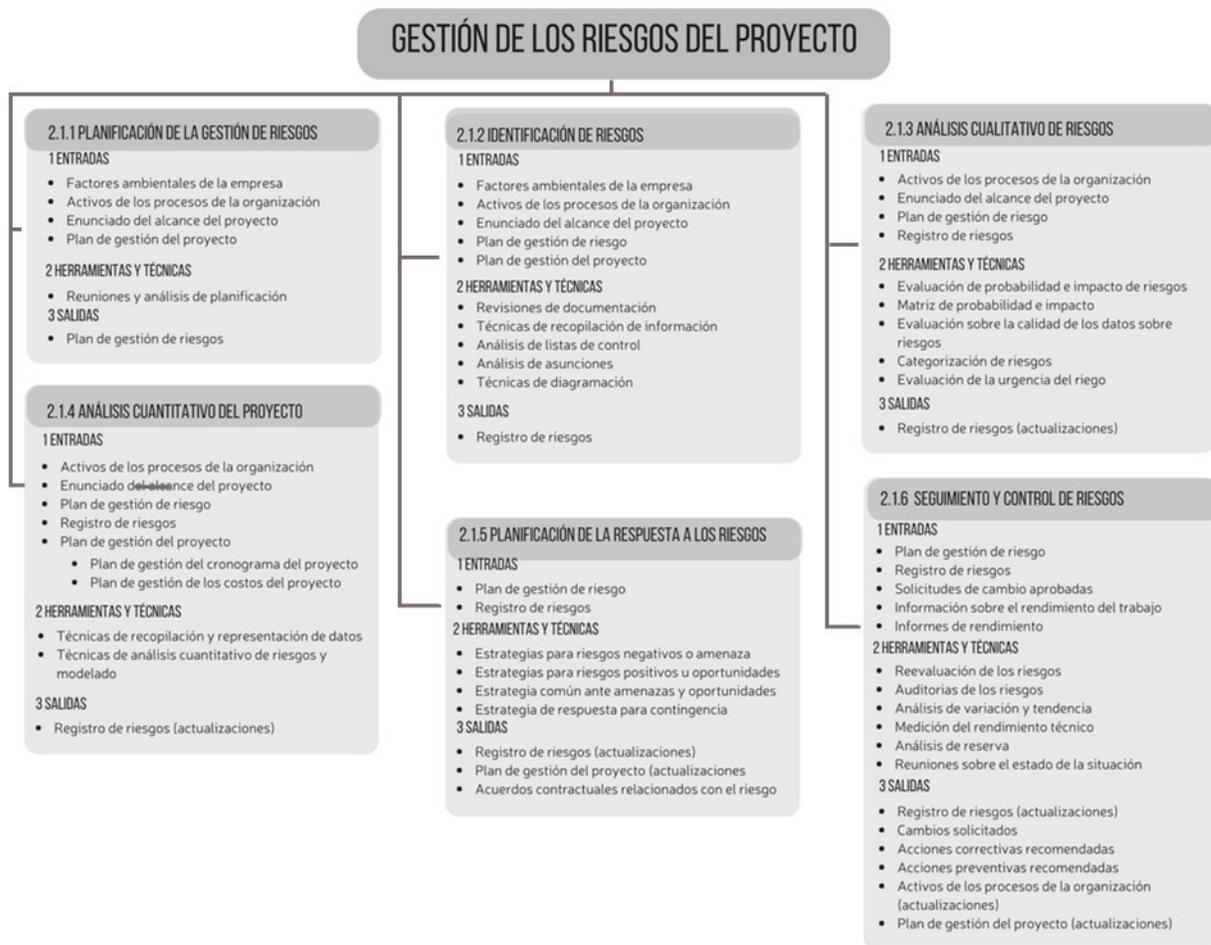
A pesar de que es una guía orientada principalmente hacia el punto de vista del mandante, presenta una metodología, herramientas y técnicas aplicables también para el contratista. Además, en su extensión *Construction Extention* (2007) señala que los procesos propuestos son razonablemente adecuados para el manejo de los riesgos en la construcción.

Específicamente, en el Capítulo 11 de la guía en estudio se abarca la Gestión de los Riesgos del Proyecto (GRP) donde se incluyen los procesos relacionados con la planificación de la gestión, la identificación y análisis de los riesgos, la respuesta, y el seguimiento y control de los riesgos del proyecto. Los objetivos de la GRP son incrementar la probabilidad e impacto de los eventos positivos y disminuirlos en el caso de eventos negativos para el proyecto.

El riesgo de un proyecto lo define como un evento o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo sobre al menos un objetivo del proyecto, como costo, tiempo, alcance y/o calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si ocurre, puede tener uno o más impactos.

Los riesgos tienen su origen en la incertidumbre presente en todos los proyectos. Se identifican riesgos conocidos como aquellos que han sido identificados y analizados, haciéndose posible un plan de respuesta, y riesgos desconocidos como aquellos que no pueden gestionarse de proactiva y que por lo tanto una respuesta puede ser asignar una partida en el presupuesto para contingencias.

La metodología propuesta por el PMBOK se basa en un esquema de Entradas, Herramientas y técnicas, y Salidas. El proceso completo de gestión consta de 6 procesos y puede ser representado de acuerdo a la Figura 2.1.



Fuente: PMBOKv

Figura 2.1: Descripción general de la Gestión de Riesgos del Proyecto. PMBOK

A continuación se presenta una descripción de las fases dentro de la GRP.

### 2.1.1. Planificación de la Gestión de Riesgos

Es el proceso de definir cómo se conduce las actividades de gestión de riesgo para el proyecto.

Una planificación explícita y cuidadosa aumenta la probabilidad de éxito para los procesos de la gestión de riesgo. Además, provee suficientes recursos para las actividades del proceso. Esta fase debe comenzar cuando el proyecto es concebido.

### **2.1.2. Identificación de riesgos**

Corresponde a la etapa donde se determina qué riesgos podrían afectar al proyecto y se documentan sus características. El beneficio de esta fase es la documentación de los riesgos existentes, y el conocimiento y habilidad que ésta provee a la organización para anticipar eventos.

En general, los participantes en esta actividad incluye a los cargos directivos del proyecto u organización. Sin embargo, se debe fomentar a todo el personal que tenga experiencia en el tipo de proyecto u obra que participe en la indentificación potenciales riesgos.

La Identificación es un proceso iterativo debido a que nuevos riesgos podrían evolucionar o convertirse en conocidos a medida que el proyecto avanza en su ciclo de vida.

Dentro de las Herramientas y Técnicas mencionadas se destacan, y que serán empleadas en el desarrollo de este trabajo son Entrevistas y el Juicio de Expertos.

El Ouput principal de esta proceso es la entrada para el Registro de Riesgos, documento en que el resultado del análisis y respuesta a los riesgos es registrado. El registro se inicia con una lista de los riesgos identificados, descritos de la manera más detallada dentro de lo razonable.

### **2.1.3. Análisis Cualitativo de los Riesgos**

Es el proceso de priorizar los riesgos para un análisis o respuesta más profunda por medio de la estimación y combinación de la probabilidad de ocurrencia y el impacto. El beneficio principal de esta etapa es que permite a los administradores del proyecto priorizar los riesgos y reducir el nivel de incertidumbre, enfocándose en los riesgos más importantes.

El desarrollo del Análisis Cualitativo es usualmente una manera rápida y efectiva para establecer prioridades en el Plan de Respuesta, y se realiza regularmente durante el ciclo de vida del proyecto. Esta fase puede guiar el proceso a un desarrollo un análisis cuantitatio o directamente al Plan de respuesta de los Riesgos.

Dentro de las Herramientas y Técnicas presentadas se destacan:

#### a) **Matriz de Probabilidad e Impacto**

Los riesgos pueden ser priorizados para un análisis cuantitativo y/o para el plan de respuesta de acuerdo al ranking de éstos. La evaluación de la importancia de cada riesgo se hace a través de una Matriz de Probabilidad e Impacto. Esta matriz especifica la combinación de la probabilidad e impacto de los riesgos de manera de determinar cuáles riesgos son catalogados como bajos, medios o altos. Se pueden usar términos descriptivos o numéricos en la matriz dependiendo de las preferencias de la organización. La priorización se hace en base a la multiplicación de las escalas utilizadas para probabilidad e impacto.

La organización puede realizar la matriz conjunta o separadamente para cada objetivo del proyecto (costos, plazos, entre otros)

#### b) **Juicio de expertos**

El juicio de expertos es requerido para estimar la probabilidad e impacto de cada riesgo para determinar su ubicación dentro de la Matriz de Probabilidad e Impacto. Los expertos son, en general, aquellas personas que tienen experiencia en proyectos recientes y similares. La recopilación de información se puede hacer por medio de entrevistas.

El principal output del Análisis Cualitativo es la actualización del Registro de Riesgos a medida que nueva información se vuelve disponible. La actualización puede incluir las estimaciones de probabilidad e impacto, ranking y categorización de los riesgos.

### **2.1.4. Análisis Cuantitativo de los Riesgos**

Es el proceso de análisis numérico del efecto de los riesgos identificados. El mayor beneficio es que entrega información cuantitativa de los riesgos para apoyar la toma de decisiones de manera de reducir la incertidumbre del proyecto. Este tipo de análisis se realiza sobre los riesgos que han sido priorizados en la etapa de Análisis Cualitativo.

En algunos casos, podría no ser posible realizar el Análisis Cuantitativo debido a la falta de información suficiente para desarrollar modelos apropiados. La disponibilidad de tiempo y presupuesto determina qué método, herramienta y/o técnica se emplea en un proyecto en particular.

Dentro de las herramientas más empleadas en esta fase se encuentra el Análisis de Sensiti-

vidad, Análisis de Valor Esperado y técnicas de simulación como la de Monte Carlo. Además se destaca el análisis de información histórica de la organización sobre el cronograma, costos y rendimientos.

### 2.1.5. Planificación de la Respuesta a los Riesgos

Corresponde a la etapa de desarrollar opciones y acciones para reducir las amenazas de los objetivos del proyecto. El beneficio de la Planificación de Respuesta es que dirige los riesgos en base a su prioridad, introduciendo recursos y actividades al presupuesto y/o cronograma, si es necesario.

La respuesta a los riesgos debe ser apropiada según la importancia de la amenaza, realista dentro del contexto del proyecto y ser de acuerdo común entre las partes encargadas.

La Guía menciona estrategias para riesgos positivos y negativos. En el caso de esta memoria en desarrollo, sólo se tomarán en cuenta los riesgos que pueden afectar al proyecto negativamente. Las estrategias para los riesgos negativos son:

- a) **Evitar** Implica cambiar el plan de gestión del proyecto para eliminar la amenaza que presenta el riesgo o aislar los objetivos del proyecto del impacto del riesgo. Un ejemplo de este caso sería ampliar el cronograma o reducir el alcance.
- b) **Transferir** Implica trasladar el impacto negativo, junto con la propiedad de la respuesta, a un tercero. Transferir el riesgo da a otra parte la responsabilidad de su gestión, no lo elimina. Esta estrategia casi siempre supone el pago de una prima a la parte que toma el riesgo. Las herramientas de transferencia en general corresponden a seguros o garantías.
- c) **Mitigar** Corresponde a reducir la probabilidad y/o el impacto de un riesgo a un umbral aceptable. Adoptar acciones tempranas a menudo es más efectivo que tratar de reparar el daño después que ha ocurrido el riesgo.
- d) **Aceptar el riesgo** Es una estrategia de respuesta a través de la cual se decide reconocer y aceptar el riesgo y no tomar acción mientras no ocurra. Aceptar el riesgo es adoptada cuando no es posible o rentable dirigir el riesgo.

### **2.1.6. Seguimiento y Control de los Riesgos**

El Seguimiento y Control de los Riesgos es el proceso de implementación de los planes de respuesta, siguiendo los riesgos, monitoreando riesgos residuales, identificando nuevos riesgos y evaluando la efectividad del proceso general durante el desarrollo del proyecto. El beneficio de esta fase es que mejora la eficiencia de los procesos durante el ciclo de vida del proyecto para optimizar la respuesta a los riesgos continuamente.

Este trabajo de Titulación no considera este proceso, ya que se trata no de un proyecto, sino de contratos de construcción

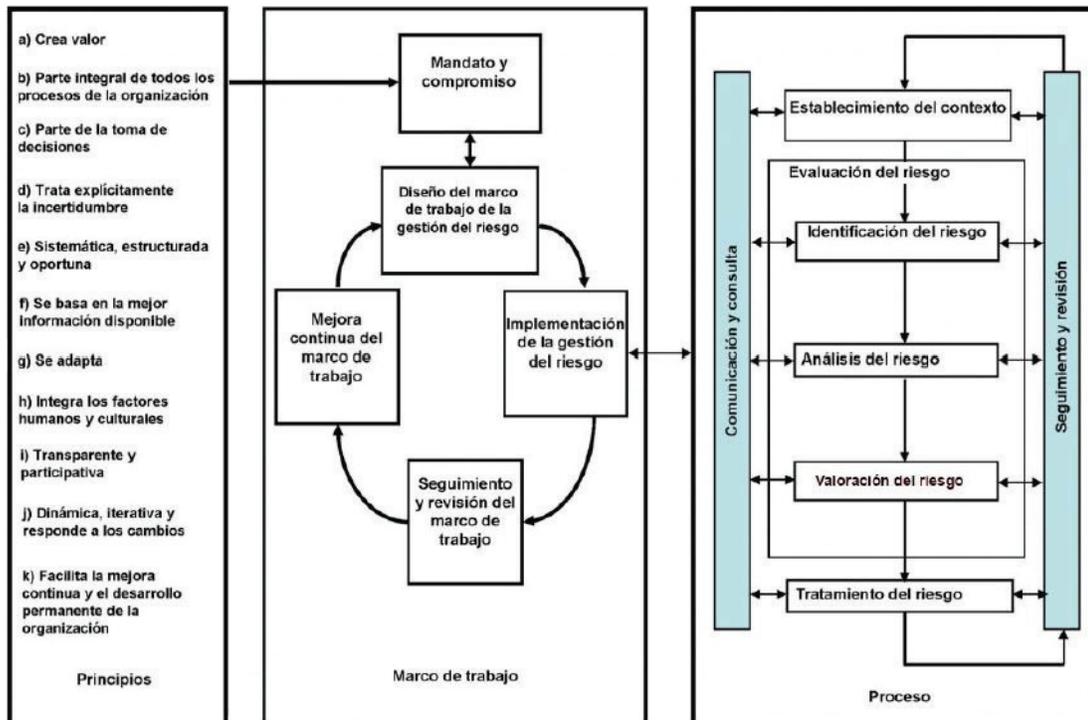
## **2.2. Norma Chilena NCh-ISO 31000:2012**

El Instituto de Nacional de Normalización (INN) es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la International Organization for Standardization (ISO) y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh-ISO 31000:2012 proporciona principios y directrices genéricas sobre la gestión de riesgo y es idéntica a la versión en inglés de la Norma Internacional ISO 31000:2009 *Risk management - Principles y guidelines*. La norma NCh-ISO 31010:2013 corresponde a una norma de soporte de la NCh-ISO 31000, y entrega directrices para la selección y aplicación de técnicas sistemáticas para la evaluación de riesgo.

Las normas pueden utilizarse por cualquier empresa pública, privada o social, asociación, grupo o individuo. Por tanto, no son específicas para una industria o sector determinado. Los procedimientos descritos pueden aplicarse a lo largo de toda la vida de una organización, incluyendo decisiones, operaciones, procesos, proyectos, entre otros. Además, se pueden aplicar a cualquier tipo de riesgo, cualquiera sea su naturaleza, tengan éstos consecuencias positivas o negativas.

La estructura general de la norma NCh-ISO 31000:2012 se presenta en la Figura 2.2.



Fuente: NCh-ISO 31000:2012

Figura 2.2: Estructura general de la norma NCh-ISO 31000:2012

### 2.2.1. Propósitos y principios

Para que la gestión de riesgo en una organización sea eficaz se deberían cumplir los principios propuestos, éstos postulan que la Gestión de Riesgo:

a) **Crea y protege el valor**

La Gestión del Riesgo ayuda de manera tangible a lograr los objetivos y a mejorar el desempeño de las organizaciones.

b) **Es parte integral de los procesos de la organización**

No es una actividad independiente separada de las actividades y procesos principales.

c) **Es parte de la toma de decisiones**

Coopera con la toma de decisiones para seleccionar alternativas informadas, a priorizar las acciones y distinguir entre planes de acción alternativos.

d) **Trata explícitamente la incertidumbre**

Tiene en cuenta explícitamente la incertidumbre, su naturaleza y la manera en que se puede tratar.

e) **Es sistemática, estructurada y oportuna**

Un enfoque sistemático, oportuno y estructurado contribuye a la eficiencia y a resultados coherentes, comparables y fiables.

f) **Se basa en la mejor información disponible**

Los elementos de entradas para el proceso se basan en fuentes de información tales como datos históricos, experiencia, observación, pronósticos y juicios de expertos. Es por esto que las fuentes deben ser seguras o bien con conocimiento de su verosimilitud. Quienes toman decisiones deben informarse y tener en cuenta las limitaciones de los datos utilizados.

g) **Se adapta**

Se alinea con el contexto externo e interno de la organización.

h) **Integra los factores humanos y culturales**

Permite identificar las capacidades, percepciones e intenciones de las personas externas o internas que pueden obstruir o facilitar el cumplimiento de los objetivos.

i) **Es transparente y participativa**

La Gestión se mantiene pertinente y actualizada gracias al involucramiento apropiado y oportuno de las partes interesadas. Involucrarse permite que se representen y tomen en cuenta las opiniones de los involucrados.

j) **Es dinámica, iterativa y responde a los cambios**

Constantemente percibiendo los cambios y adaptandose a ellos. Mientras se desarrollan los proyectos nuevos riesgos pueden aparecer y algunos pueden ser modificados o incluso desaparecer

k) **Facilita la mejora continua de la organización**

Las organizaciones deberían desarrollar e implementar estrategias para mejorar su madurez en la gestión del riesgo junto a los demás aspectos.

## 2.2.2. Marco de Trabajo para la Gestión de Riesgos

Un marco de trabajo se entiende como un conjunto de elementos que proporcionan los fundamentos y las disposiciones de la organización para el diseño, la implantación, el monitoreo, la revisión y la mejora continua de la gestión de riesgos (Lavielle, 2016).

El marco de trabajo asegura que la información obtenida sobre el riesgo se comunica y

utiliza adecuadamente como una base para la toma de decisiones y la obligación de rendir cuentas en todos los niveles pertinentes de la organización.

El marco de trabajo consta de cinco componentes que interactúan según lo representado en la Figura 2.2. Los componentes son los siguientes:

#### **2.2.2.1. Mandato y compromiso**

La introducción de la Gestión del Riesgo requiere un compromiso fuerte y sostenido por parte de la dirección de las organizaciones, de manera de lograr todos los objetivos del proceso.

#### **2.2.2.2. Diseño del Marco de Trabajo**

En el desarrollo del diseño del Marco de Trabajo se deben considerar los siguientes aspectos:

- i. Comprensión de la organización, y su contexto externo e interno.
- ii. Establecimiento de la política de gestión del riesgo.
- iii. Obligación de rendir cuentas.
- iv. Integración en los procesos de la organización.
- v. Recursos.
- vi. Establecimiento de los mecanismos internos de comunicación y reporte.
- vii. Establecimiento de los mecanismos externos de comunicación y reportes.

#### **2.2.2.3. Implementación de la Gestión del Riesgo**

Este apartado se explica detalladamente en la sección 2.2.3

#### **2.2.2.4. Monitoreo y revisión del Marco de Trabajo**

La organización, con el objetivo de asegurar que la Gestión sea eficaz y contribuye su desempeño, debe:

- Medir periódicamente el progreso y las desviaciones respecto al plan de gestión del riesgo.
- Revisar si el Marco de Trabajo y la política de gestión de riesgos siguen siendo apropiados.
- Establecer informes sobre los riesgos.

#### **2.2.2.5. Mejora continua del Marco de Trabajo**

En base a los resultados obtenidos del monitoreo y de las revisiones, se deberían tomar decisiones sobre cómo mejorar el Marco de Trabajo y la política de gestión. Estas decisiones deben conducir a mejoras en la Gestión del Riesgo, así como a la cultura de la organización sobre esta materia.

### **2.2.3. Proceso para la Gestión del Riesgo**

El proceso de la Gestión del riesgo comienza con una contextualización. Luego, se procede a evaluar el riesgo, etapa que se compone de Identificación, Análisis y Valoración del riesgo. Finalmente, se definen los planes de respuesta. Durante todo el proceso, todas las etapas deben estar sujetas a mecanismos comunicación y consulta, y seguimiento y revisión.

La Figura 2.2 representa de forma gráfica el proceso.

#### **2.2.3.1. Comunicación y consulta**

Antes de comenzar con el Proceso de Gestión de Riesgos propiamente tal, se recomienda desarrollar planes de comunicación y consulta. Estos planes deben tratar temas relacionados a las causas, consecuencias y acciones para tratar los riesgos. Este desarrollo permite:

- Establecer apropiadamente el contexto.
- Asegurar que los riesgos se identifiquen apropiadamente.
- Asegurar que las diferentes opiniones se tomen en cuenta.
- Generar adhesión y sostén al Plan de Tratamiento de los Riesgos.

### **2.2.3.2. Establecimiento del contexto**

Mediante el establecimiento del contexto, la organización articula sus objetivos, define los parámetros externos e internos a tener en cuenta, y establece el alcance y los criterios de riesgo para el resto del proceso.

El establecimiento del contexto incluye el contexto externo, es decir, el entorno social, cultural, financiero, político, legal y reglamentario, a nivel nacional, regional o local. También incluye el contexto interno, que dice relación con la gobernanza, estructura, funciones y responsabilidades dentro de una organización, su cultura, sistemas de información, capacidades, poroceso de toma de decisiones, entre otros.

Finalmente se recalca el etablecimiento del contexto del proceso de gestión del riesgo. Donde se deben establecer los objetivos, estrategias, alcance y los parámetros de las actividades donde se aplica el proceso. La gestión se debe llevar a cabo teniendo en cuenta todo lo necesario para justificar los recursos que se han de emplear en el desarrollo. Este contexto varía según las necesidades de la organización y puede implicar lo siguiente:

- Definición de metas y objetivos de las actividades de la Gestión de Riesgos.
- Definición del alcance, así como el grado y la amplitud de las actividades a realizar.
- Definición de las metodologías de evaluación de riesgos.
- Identificación y especificación de las decisiones a tomar.

### **2.2.3.3. Evaluación del riesgo**

La Evaluación del Riesgo es el proceso central de las metodologías de gestión de riesgos. Esta etapa está compuesta por la Identificación, Análisis y Valoración del riesgo.

#### **a) Identificación del riesgo**

En este primer paso, se deben identificar las fuentes de riesgo, las áreas de impacto, las causas y sus consecuencias potenciales. El objetivo es crear una lista de riesgos exhaustiva de las amenazas al proyecto.

Se deben incluir los riesgos, tanto si su fuente está o no bajo el control de la administración. Además, debe considerar un amplio rango de concecuencias, incluso si la fuente o

causa no puedan ser evidentes.

Es menester aplicar herramientas y técnicas de identificación que se adapten a los objetivos y aptitudes de la organización. Deben intervenir personas con conocimientos apropiados.

En la norma NCh-ISO 31010:2013 se presentan diferentes técnicas de identificación, dentro de las cuales se encuentra la Tormenta de ideas y las Entrevistas estructuradas o semi estructuradas, ambas mencionadas también en la Guía PMBOK. Se destaca que la norma clasifica a las dos técnicas como Muy Aplicables en el desarrollo de la Identificación. Más detalle sobre estas técnicas se puede ver en el Anexo B.1.

#### b) **Análisis del riesgo**

El segundo paso de la Evaluación corresponde a desarrollar una comprensión del riesgo. El análisis proporciona inputs para la Valoración y para la toma de decisiones sobre si es necesario o no tratar el riesgo.

El Análisis implica la consideración de las causas, las fuentes y las consecuencias del riesgo. El riesgo se analiza determinando las consecuencias y su probabilidad.

Se puede realizar con diferentes grados de detalle, dependiendo del riesgo, de la finalidad del análisis, así como de los datos y recursos disponibles. Puede ser cualitativo, semi-cuantitativo o cuantitativo, dependiendo de las circunstancias.

#### c) **Valoración del riesgo**

La finalidad de la Valoración es contribuir a la toma de decisiones, determinando los riesgos a tratar y la prioridad para implementar el tratamiento.

Esta última fase involucra comparar el nivel riesgo encontrado con los criterios de riesgos establecidos cuando se consideró el contexto.

De la norma NCh-ISO 31010:2013 se destaca el uso de la técnica Matriz de Consecuencia/Probabilidad, catalogada como Muy Aplicable para el Análisis y Aplicable para la Valoración. Esta técnica es la misma mencionada en la Guía PMBOK (ver punto 2.1.3). Más detalle se presenta en el Anexo B.2.

### **2.2.3.4. Tratamiento del Riesgo**

El Tratamiento del Riesgo involucra la selección y la implementación de una o varias opciones para modificar los riesgos. Las diferentes alternativas de tratamiento no se excluyen

necesariamente unas a otras, ni son apropiadas en todas las circunstancias. Las opciones pueden incluir lo siguiente:

- i. Evitar el riesgo decidiendo no iniciar o continuar con la actividad que lo causa.
- ii. Aceptar o aumentar el riesgo a fin de perseguir una oportunidad.
- iii. Eliminar la fuente del riesgo.
- iv. Modificar la probabilidad.
- v. Modificar las consecuencias.
- vi. Compartir el riesgo con otras partes (incluyendo los contratos y la financiación del riesgo).
- vii. Retener el riesgo en base a una decisión informada.

La selección de la opción más apropiada involucra obtener un equilibrio entre los costos y los esfuerzos de su implementación, frente a las ventajas que se obtengan. El plan de tratamiento debe identificar con claridad el orden de prioridad en que se implementan los tratamientos de riesgos individuales.

#### **2.2.3.5. Monitoreo y Revisión**

Los procesos de Monitoreo y Revisión deben abarcar todos los aspectos del Proceso de Gestión de Riesgos, con el objetivo de:

- Asegurar que los controles sean eficientes tanto en su diseño como aplicación.
- Obtener la información adicional para mejorar la evaluación de los riesgos.
- Analizar y obtener conclusiones de los eventos, cambios, tendencias, éxitos y fallos.
- Identificar riesgos emergentes.

### **2.3. Análisis bibliográfico adicional**

Particularmente, para el caso de la industria de la construcción, existe un acuerdo general de que a pesar de la existencia de abundante investigación con respecto al tema (Rodrigues-da-Silva, 2014), aún permanece el interés de seguir desarrollando, mejorando e implementando

la Gestión de Riesgos en el sector construcción. Lo anterior se debe a que la industria es probablemente la con más riesgos asociados pues se trata de un sector sumamente dinámico. También se suma el hecho de que la Gestión no es desarrollada de manera adecuada, resultando en un rendimiento pobre, con incremento en los costos y atrasos en los plazos (Tah, 2001). En el caso de nuestro país, Serpella et al. (2014) menciona que la Gestión de Riesgos es todavía muy ineficiente y que la principal causa de esta situación es la falta de conocimiento respecto al tema, lo que motiva para desarrollar la Gestión en empresas constructoras.

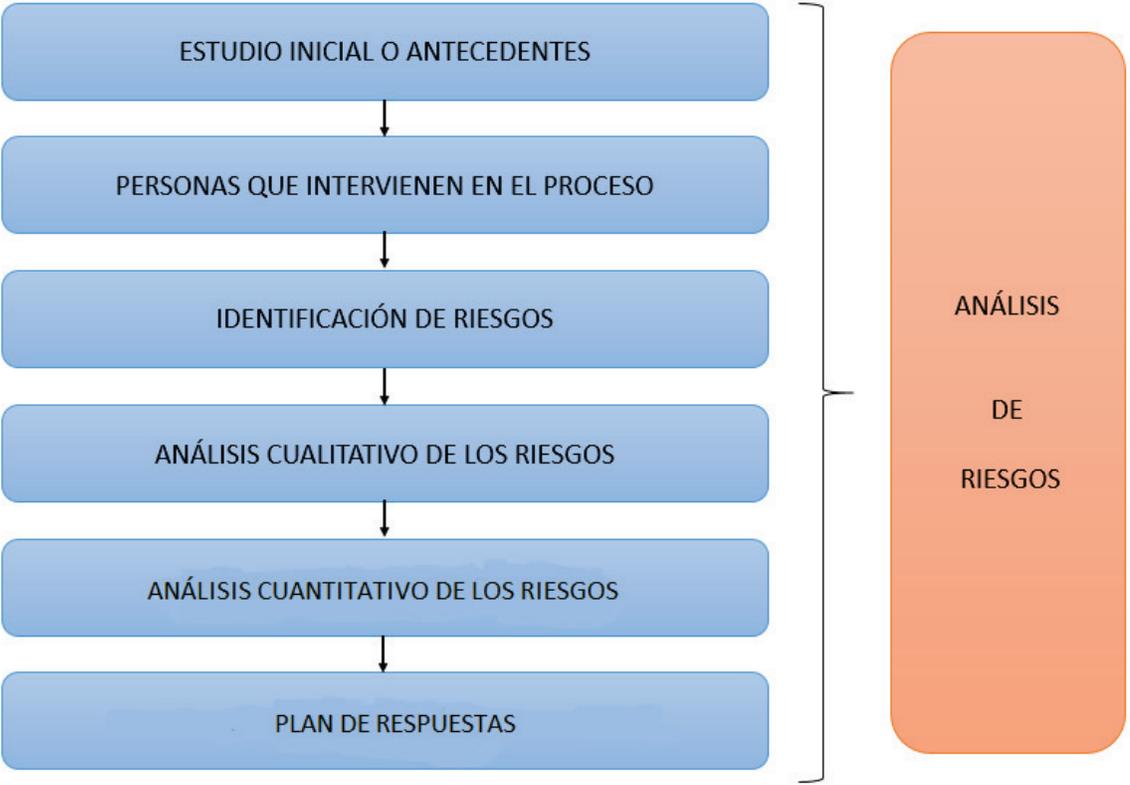
Para desarrollar correcta y adecuadamente la Gestión de Riesgos, diferentes metodologías han sido presentadas por académicos, como las propuestas por Mills (2001), Dziadosz (2015), del Caño (2002), Al-Bahar (1990) y Tah (2001). En todas ellas, se define el riesgo y la Gestión de Riesgos de manera diferentes. Sin embargo, todas postulan de cierta manera que la GR de riesgos es un proceso sistemático de identificación, análisis y respuesta a los riesgos, entendidos como eventos relacionados a los proyectos o comportamientos de la gerencia que no son conocidos por adelantado y que tienen potencial consecuencias adversas para los objetivos. En otras palabras, que es una actividad que lida acciones planeadas que serán implementadas con el fin de reducir la exposición al riesgo.

En los métodos señalados, la GR se puede subdividir en numerosas etapas, cada una definida de manera diferente. A pesar de esto, es claro que todas comprenden tres fases principales. La primera etapa principal corresponde a la *Identificación* de los riesgos que permite reconocer los riesgos que pueden o afectan a los objetivos del proyecto. En segundo lugar, se encuentra el *Análisis*, donde se evalúa cualitativa y/o cuantitativamente las posibles consecuencias de un riesgo, como también su probabilidad de ocurrencia. Finalmente, la *Respuesta* a los riesgos colabora con desarrollar procedimientos y técnicas para aplicar las estrategias de respuesta para los riesgos ya definidos. Además, permite mantener un seguimiento de éstos e identificar nuevos riesgos durante desarrollo del proyecto.

En relación a las herramientas que se pueden emplear en el desarrollo de la GR, Rodrigues-da-Silva (2014) entrega una lista de variadas técnicas para las diferentes etapas de la Gestión. Para el fase de *Identificación* se puede destacar la Revisión y análisis de documentos y las Entrevistas a expertos. Esta primera etapa es esencial y probablemente la más difícil (Mills, 2001), por lo se deben aplicar las herramientas prolijamente. Para el caso del *Análisis* se menciona a la Matriz de Probabilidad e Impacto (o Matriz Riesgo) como un mecanismo útil en esta fase. Dziadosz (2015) señala que es una proposición interesante de presentación

visual de los factores riesgosos relacionados a proyectos de construcción. La matriz es creada tomando en cuenta el método más popular para la estimación de los riesgos: el producto entre la probabilidad de ocurrencia de un evento y el impacto que éste tiene en los objetivos, con una escala adoptada de cuantificación. Además, resalta el hecho de que es un método subjetivo; que es relativamente simple, claro y fácil de realizar; y que su interpretación de resultados es sencilla.

Finalmente, se destaca que para efectos de esta memoria se utilizará el siguiente esquema que resume las metodologías mostradas en el presente capítulo (ver Figura 2.3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3: Esquema del proceso de Análisis de Riesgos

La primera etapa del esquema corresponde a recaudar antecedentes sobre la empresa donde se realizó el trabajo de título, información sobre sus obras, costos, plazos, entre otros (ver Anexo A)

# Capítulo 3

## Identificación de los Riesgos

El siguiente capítulo presenta la etapa de Identificación de los riesgos y las personas que intervinieron en el proceso. En primer lugar se detallan los participantes de las entrevistas y finalmente, se exhibe una lista descriptiva de los eventos más relevantes que afectan al desarrollo de un proyecto de construcción de edificación.

### 3.1. Personas que intervienen en el proceso

Para el levantamiento de los riesgo se empleó la técnica de entrevistas semi-estructuradas. En una primera instancia, se realizaron entrevistas a tres profesionales, dos capataces, un supervisor y un encargado de seguridad de la empresas Collico Ltda, con los que se obtiene una lista preliminar de los riesgos. Los participantes se presentan en la tabla 3.1 .

Tabla 3.1: Participantes de la identificación preliminar

<b>Nombre</b>	<b>Empresa</b>	<b>Cargo</b>
Juan Carlos Caballero	Collico Ltda	Ingeniero de obra
José Araya	Collico Ltda	Jefe de obra
Ricardo Loch	Collico Ltda	Administrativo general
José Huinca	Collico Ltda	Capataz Albañilería
Mauricio Espinoza	Collico Ltda	Capataz Terminaciones
Ramón Sepúlveda	Collico Ltda	Supervisor Terminaciones y Post-venta
Rodrigo Valenzuela	Collico Ltda	Encargado de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Los riesgos identificados en esta primera instancia provienen principalmente de la entrevista realizada al ingeniero de obra (ver Anexo D) debido a que tiene conocimiento de problemas o eventos desde una perspectiva global de la obra. En cambio, en los cargos intermedios o menores, sólo se logró identificar problemáticas que responden a situaciones particulares y propias del trabajo específico que cada trabajador realiza, las que no fueron consideradas para efectos de la presente memoria.

Adicionalmente, se realizaron entrevistas a ingenieros de 4 empresas diferentes. El objetivo de esto fue validar y complementar la identificación preliminar de los riesgos (Detalles de las entrevistas en el Anexo C). Los participantes en este proceso fueron los siguientes:

Tabla 3.2: Participantes de la validación y complementación del levantamiento

<b>Nombre</b>	<b>Empresa</b>	<b>Cargo</b>
José Molina	Molina Morel	Gerente General
Rafel Correa	Compax	Gerente General
Julio Castillo	DLP	Gerente de operaciones
Fernando Vial	El Cerro	Gerente General

Fuente: Elaboración propia

## 3.2. Identificación de los riesgos

Como resultado de las entrevistas se presenta la siguiente tabla 3.3 con los riesgos identificados, junto a su descripción y posibles consecuencias.

Tabla 3.3: Riesgos en etapa de construcción

N°	Riesgo	Evento	Efecto
1	Alza en los precios de materiales	Riesgo de que exista un diferencia considerable entre los precios de compra y los presupuestados por las fluctuaciones en el mercado	Posible sobrecostos si los precios suben respecto al presupuestado. También puede haber un ahorro en el caso contrario
2	Desastres naturales	Impedimiento del normal desarrollo o paralización de una obra producto de desastres naturales, como terremotos	Cambios en el programa. Sobrecostos por elementos que hayan resultado dañados
3	Cambios en la organización	Riesgo de que cambios de profesionales o encargados dentro de una organización dificulten el desarrollo de una obra	Falta de coordinación y comunicación. Posibles atrasos por tareas no especificadas
4	Competencias laborales deficientes	Falta de conocimientos técnicos-contractuales y/o carencia de habilidades blandas por parte del equipo de la obra	Falla en el control del programa de la obra, generando improductividad general de la obra. Incumplimiento de los objetivos en costos y plazos

Tabla 3.3: Riesgos en etapa de construcción (Continuación)

N°	Riesgo	Evento	Efecto
5	Dificultades para cumplir el Plan Medioambiental	Cuando los requisitos del Plan Medioambiental no se cumplen	Sobrecostos por multas. Atrasos por detención de los trabajos hasta que no se obtengan los permisos necesarios
6	Diferencias en criterios de aceptación de los trabajos por parte de la Inspección	Existencia de diferencias en la interpretación del contrato por parte de la empresa y la Inspección	Posibles multas. Atrasos por trabajos se deben realizar nuevamente. Sobrecostos por nuevos materiales
7	Diferencias entre especificaciones y planos de las especialidades	Cuando Especificaciones Técnicas y/o planos de especialidades (arquitectura, estructurales, etc) no coinciden o presentan diferencias considerables	Posibles atrasos por modificaciones
8	Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	Ejecución deficiente del programa de trabajo semanal o mensual	Atrasos en el desarrollo de la obra. Posibles multas por atrasos
9	Interferencia de la vecindad en la obra	Quejas de residentes cercanos por ruidos, horarios, entre otros.	Posibles multas por parte de la Municipalidad u otro organismo público.
10	Problemas meteorológicos	Impedimiento del normal desarrollo o paralización de una obra producto de condiciones climáticas adversas, como intensa lluvia	Posibles sobrecostos en Gastos Generales y Costos directos por obras ociosas. Atrasos en el programa

Tabla 3.3: Riesgos en etapa de construcción (Continuación)

<b>N°</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Evento</b>	<b>Efecto</b>
11	Accidentes Laborales	Riesgo de que ocurran accidentes laborales	Posibles atrasos por paralización de la obra. Costos por indemnizaciones
12	Trabajos mal realizados	Incapacidad de conseguir Mano de Obra local o calificada	Aumento de los costos asociados a los contratos de la Mano de Obra. Atrasos en los trabajos
13	Falta de entrenamiento o capacitación	Cuando el personal no cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para una correcta realización del trabajo	Sobrecostos por bajo rendimiento del personal. Atrasos por tiempo empleado en capacitación.
14	Poca disponibilidad de mano de obra	Trabajos no realizados de manera adecuada o que no cumplen con las especificaciones	Reprocesos. Posibles atrasos y sobrecostos
15	Bajo rendimiento de Mano de Obra	Rendimiento de la Mano de Obra real menor al estipulado en el presupuesto	Sobrecostos por más HH a pagar. Necesidad de contratar más Mano de Obra. Atrasos en el programa
16	Poca disponibilidad de equipos	Incapacidad de contar con los equipos necesarios para realizar un trabajo.	Atrasos por actividades no realizadas o sobrecostos por precios de arriendos más caros
17	Bajo rendimiento de equipos	Rendimiento real de los equipos menor al del estudio de propuesta	Posible necesidad de arrendar un nuevo equipo o uso de otros destinados a tareas diferentes. Atrasos en el programa

Tabla 3.3: Riesgos en etapa de construcción (Continuación)

<b>N°</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Evento</b>	<b>Efecto</b>
18	Mala calidad de los materiales	Materiales que no cumplen con las especificaciones o presentan fallas	Atrasos por trabajos que se deben realizar de nuevo. Sobrecostos por compra de nuevos materiales. Multas por parte de la Inspección
19	Error en la cubicación de materiales	Errores en la cubicación de los materiales empleados en la obra	Sobrecostos por compra de materiales no considerados
20	Robos	Hurtos de materiales o equipos dentro de la obra	Atrasos si los insumos no están disponibles. Posibles costos en mayor seguridad. Sobrecostos por reposición.
21	Errores en la mecánica de suelo	Cuando las propiedades del suelo de excavación no son las especificadas en la mecánica de suelo	Atrasos y sobrecostos por utilización de otros equipos o materiales
22	Daños a edificaciones colindantes o terceros	Daño a terceros por trabajos mal realizados, como peatones, autos y/o edificaciones cercanas	Posibles demandas por parte de terceros o vecinos. Indemnizaciones. Atrasos posible paralización de la obra.
23	Desempeño deficiente de los subcontratistas	Cuando el rendimiento de los subcontratistas no es el proyectado	Atrasos rendimiento menor. Posibles sobrecostos por trabajos mal realizados.

Fuente: Elaboración propia

# Capítulo 4

## Análisis Cualitativo

Una vez obtenida la lista definitiva de riesgos identificados en obras de construcción de edificación, se realizó un análisis cualitativo de éstos con el objetivo de clasificarlos según su importancia.

Este análisis cualitativo se desarrolló utilizando la Matriz de Probabilidad e Impacto o Matriz de Riesgo. Para clasificar los riesgos utilizando la matriz, se debe conocer según una escala cualitativa la probabilidad de ocurrencia (P) e impacto (I) de cada riesgo. Luego, la magnitud (M) o importancia del riesgo corresponde a la multiplicación de estos dos factores, según la ecuación 4 . De este modo se logró priorizar los riesgos más relevantes y que posteriormente se pueden someter a un análisis cuantitativo.

$$M = P \cdot I \quad (4.1)$$

La determinación de los valores de la Probabilidad e Impacto de cada uno riesgos identificados se obtuvieron a través de una encuesta realizada a profesionales de las empresas que participaron en la etapa de Identificación. Por lo tanto, los resultados obtenidos no son necesariamente representativos para todas las empresas constructoras de edificación, debido a que vienen dados por la experiencia de los encuestados y los modelos de negocio y/o procesos internos de las empresas.

La Matriz de Probabilidad e Impacto utilizada en este trabajo de título corresponde

típicamente empleada para priorizar los riesgos, también utilizada en la memoria de Lyon (2016). Lo anterior permite seguir con una misma línea de evaluación y facilita una eventual comparación entre los riesgos presentes en diferentes rubros de la industria de la construcción. La matriz es la siguiente:

Tabla 4.1: Matriz de Probabilidad e Impacto

				Impacto sobre utilidades				
				Menor	Mayor	Serio	Crítico	
				<10 %	10-30 %	30-60 %	>60 %	
				Valor	1	2	3	4
Probabilidad	Ocurre casi siempre	80-100 %	5	5	10	15	20	
	Muy probable	60-80 %	4	4	8	12	16	
	Probable	40-60 %	3	3	6	8	12	
	Poco Probable	20-40 %	2	2	4	6	8	
	Ocurre casi nunca o nunca	0-20 %	1	1	2	3	4	

Fuente: Elaboración propia

De la matriz se distinguen 3 niveles de importancia:

1. **Poco Relevante:** Riesgo con magnitud entre 0,1 y 5,0.
2. **Relevante:** Riesgo entre 5,1 y 10,0.
3. **Muy importante:** Riesgos entre 10,1 y 20,0.

## 4.1. Resultados de la encuesta

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta realizada a 15 profesionales (10 ingenieros civiles y 5 constructores civiles) de las 5 empresas que participaron en la etapa de Identificación. De los encuestados, el 80 % cuenta con 10 o más años de experiencia en el rubro, por lo que han participado en varias obras.

La encuesta se realizó vía internet y consistió en determinar, según la percepción de los encuestados, la probabilidad de ocurrencia y el impacto de la lista de los 23 riesgos identificados (ver Tabla 3.3). Los resultados se presentan en la siguiente tabla ordenados

decrecientemente según la Magnitud de los riesgos. Es importante mencionar que los resultados mostrados corresponden al promedio aritmético de todos los encuestados. Los resultados de todas las encuestas se presentan en el Anexo D.

Tabla 4.2: Resultados de la encuesta

N°	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Magnitud
1	Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	4,1	2,5	10,3
2	Bajo rendimiento de Mano de Obra	3,7	2,5	9,3
3	Baja disponibilidad de Mano de Obra	3,0	2,9	8,7
4	Diferencias entre especificaciones y/o planos de las especialidades	3,9	2,2	8,6
5	Alza en los precios de materiales	3,4	2,5	8,5
6	Desempeño deficiente de los subcontratistas	3,3	2,5	8,3
7	Trabajos mal realizados	3,4	2,3	7,8
8	Competencias laborales deficientes de profesionales de la obra	3,3	2,3	7,6
9	Falta de capacitación de trabajadores	3,5	2,0	7,0
10	Error en cubicación de materiales	2,8	2,5	7,0
11	Accidentes laborales	2,4	2,9	7,0
12	Diferencias en criterios de aceptación de los trabajos por parte de la Inspección	3,2	1,8	5,8
13	Desastres naturales	2,0	2,8	5,6

Tabla 4.2: Resultados de la encuesta (Continuación)

N°	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Magnitud
14	Errores en la mecánica de suelo	1,8	3,1	5,6
15	Interferencia de la vecindad en la obra	2,9	1,9	5,5
16	Robos	3,3	1,6	5,3
17	Daños a edificaciones colindantes o terceros	2,1	2,3	4,8
18	Dificultades para cumplir el Plan Medioambiental	2,6	1,7	4,4
19	Bajo rendimiento de equipos	2,1	2,0	4,2
20	Cambios en la organización de la obra	2,7	1,5	4,1
21	Problemas meteorológicos	2,5	1,6	4,0
22	Calidad deficiente de materiales	1,7	2,2	3,7
23	Poca disponibilidad de equipos de arriendo	1,9	1,9	3,6

Fuente: Elaboración propia

Se observa de la tabla anterior que de los 23 riesgos identificados, solo 1 pertenece a la categoría *Muy Importante*, 15 son de carácter *Relevante* y 7 pertenecen a *Poco Relevante*.

## 4.2. Análisis de la encuesta

Con los resultados de la encuesta se puede determinar cuáles son los riesgos con mayor Magnitud, Probabilidad de ocurrencia e Impacto. En las tablas 4.3, 4.4, y 4.5, se presentan los 10 riesgos con mayor Magnitud, los 5 riesgos con mayor Probabilidad y los 5 riesgos con mayor Impacto, respectivamente.

Tabla 4.3: Riesgos con mayor Magnitud

<b>N°</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Magnitud Promedio</b>
1	Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	10,3
2	Bajo rendimiento de Mano de Obra	9,3
3	Baja disponibilidad de Mano de Obra	8,7
4	Diferencias entre especificaciones y/o planos de las especialidades	8,6
5	Alza en los precios de materiales	8,5
6	Desempeño deficiente de los subcontratistas	8,3
7	Trabajos mal realizados (reprocesos)	7,8
8	Competencias laborales deficientes de profesionales de la obra	7,6
9	Error en cubicación de materiales	7,0
10	Falta de capacitación de trabajadores	7,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4: Riesgos con mayor Probabilidad de ocurrencia

<b>N°</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Probabilidad Promedio</b>
1	Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	4,1
2	Diferencias entre especificaciones y/o planos de las especialidades	3,9
3	Bajo rendimiento de Mano de Obra	3,7
4	Falta de capacitación de trabajadores	3,5
5	Alza en los precios de materiales	3,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5: Riesgos con mayor Impacto

<b>N°</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Impacto Promedio</b>
1	Errores en la mecánica de suelo	3,1
2	Baja disponibilidad de Mano de Obra	2,9
3	Accidentes laborales	2,9
4	Desastres naturales	2,8
5	Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	2,5

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4.3 se seleccionan los siguiente riesgos para realizar una evaluación sus efectos económicos, considerando la factibilidad de contar con antecedentes reales de las obras que permitan un estudio en detalle

1. Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo.
2. Bajo rendimiento de Mano de Obra.
3. Alza en los precios de materiales.
4. Trabajos mal realizados (reprocesos).
5. Error en cubicación de materiales.

# Capítulo 5

## Análisis Cuantitativo

En el siguiente capítulo se presenta el análisis cuantitativo de cinco (5) de los riesgos que obtuvieron las mayores magnitudes según la jerarquización en importancia, a partir de la encuesta levantada en el Capítulo 4. Éstos corresponden a: Incumplimiento del programa de trabajo, Bajo rendimiento de la mano de obra, Alza (volatilidad) de los precios de los materiales, Trabajos mal realizados, y Error en la cubicación de materiales.

Además, en los casos de Incumplimiento del programa de trabajo, Bajo rendimiento de la mano de obra, Alza (volatilidad) de los precios de los materiales, y Error en la cubicación de materiales; se generan funciones matemáticas que permiten estimar el impacto de los riesgos bajo diferentes supuestos.

### 5.1. Incumplimiento del programa de trabajo

En esta sección se estudió el impacto económico de los incumplimientos al programa de trabajo sobre los presupuesto de las obras. Éstos, tienen como consecuencia un atraso en los plazos de ejecución, y por tanto, un impacto financiero correspondiente. Además, considerando que muchos de los riesgos identificados pueden tener como consecuencia la detención de los trabajos por uno o más días (afectando al cumplimiento del programa), se cuantificará en primer lugar, el impacto de la paralización de obra.

### 5.1.1. Cuantificación de un día de paralización

Para realizar este análisis se estudian los presupuestos de 3 obras realizadas por la empresa Collico: Caupolicán, Manquehue y Vasconia.

Se consideran los siguientes costos para la determinación de un día de paralización:

- **Mano de Obra:** Corresponde a los costos de toda la Mano de Obra considerada para el desarrollo de la obra, incluido los subcontratos. Se analiza por separado este ítem según la etapa del desarrollo, es decir, Obra Gruesa, Terminaciones e Instalaciones.
- **Gastos Generales de Obra:** Dice relación con los costos asociados a sueldos de la Dirección Técnica, Seguros, Arriendo de maquinaria, Aseo y Cuidado de la Obra
- **Gastos Generales de Oficina Central:** Corresponde a los sueldos de la administración de la oficina central, Arriendo de oficina y cuentas. Cabe mencionar que este ítem podría variar considerablemente en cada contrato pues obedece a la política de las empresas.
- **Costo Financiero:** Corresponde al costo de tener la inversión detenida, se puede entender como costo de oportunidad. Se considera como 4 % de tasa anual de la inversión.

Los montos totales por cada obra se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.1: Costos totales por obra para determinación de 1 día de paralización

Ítem	Obra		
	Vasconia	Echeñique	Caupolicán
PPTO [UF]	69.670	112.554	62.589
MO OG [UF]	5.306	6.876	5.238
MO TER [UF]	5.783	8.271	6.505
MO INST [UF]	83	48	50
GG [UF]	9.279	11.416	8.239
GG Of. Central [UF]	1.874	2.416	1.890
Costo Financ. [UF]	1.904	2.364	1.867

Fuente: Elaboración propia

Los costos de la Tabla 5.1 consideran una duración total de obra de 14 meses para las 3

obras, por lo tanto es posible obtener el costo mensual de paralización dividiendo el costo total por la duración de cada ítem. Para el caso de *Gastos Generales de Obra*, *Gastos Generales de Oficina Central* y *Costo Financiero*, el costo total se divide en 14 meses. Sin embargo, *Mano de Obra* debe ser analizado según la duración de las etapas de *Obra Gruesa*, *Terminaciones* e *Instalaciones*. Según los presupuestos de las obras, se considera que los primeros 6 meses de obra corresponden a *Obra Gruesa*, los 8 restantes a *Terminaciones*, y la etapa de *Instalaciones* se realiza en paralelo con *Terminaciones* en los últimos 2 meses.

Finalmente, se obtiene el costo diario de paralización según la etapa, dividiendo el costo mensual en un promedio de 22[días/mes].

A continuación se presentan los resultados para las 3 obras analizadas en las siguientes tablas:

Tabla 5.2: Costo de paralización. Obra Vasconia

<b>Vasconia</b>					
<b>Ppto = 69.670 [UF]</b>					
<b>Etapas</b>	<b>Duración</b>	<b>Avance</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo diario</b>
	[mes]	[% Plazo]	[UF]	[%Ppto]	[%Ppto]
OG	6	0 - 43	1.817	2,61 %	0,119 %
TER	6	43 - 86	1.655	2,38 %	0,108 %
TER + INST	2	86 - 100	1.697	2,44 %	0,111 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3: Costo paralización. Obra Echeñique

<b>Echeñique</b>					
<b>Ppto = 112.554 [UF]</b>					
<b>Etapas</b>	<b>Duración</b>	<b>Avance</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo diario</b>
	[mes]	[% Plazo]	[UF]	[%Ppto]	[%Ppto]
OG	6	0 - 43	2.217	2,00 %	0,091 %
TER	6	43 - 86	2.135	1,90 %	0,086 %
TER + INST	2	86 - 100	2.159	1,92 %	0,087 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4: Costo paralización. Obra Caupolicán

<b>Caupolicán</b>					
<b>Ppto = 62.589 [UF]</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Duración</b>	<b>Avance</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo diario</b>
	[mes]	[% Plazo]	[UF]	[%Ppto]	[%Ppto]
OG	6	0 - 43	1730	2,76 %	0,126 %
TER	6	43 - 86	1.670	2,67 %	0,121 %
TER + INST	2	86 - 100	1.695	2,71 %	0,123 %

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se obtiene un promedio de costo diario de paralización según el avance en el plazo, presentado en la Tabla 5.5 y mostrado gráficamente en la Figura 5.1

Tabla 5.5: Costo diario promedio de 1 día de paralización

<b>Etapa</b>	<b>Avance</b>	<b>Costo Diario</b>
	[% Plazo]	[%Ppto]
OG	0 - 43	0,112 %
TER	43 - 86	0,105 %
TER + INST	86 - 100	0,107 %

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.1: Costo diario de 1 día de paralización según avance en plazo

Se observa en la Figura 5.1 que en la etapa de Obra Gruesa se obtiene el costo diario de paralización mayor, correspondiente a un 0,112% del presupuesto total de obra. Esto se explica porque el costo de Mano de Obra en esta etapa (ver Tabla 5.1) a pesar de no ser el costo total mayor, se divide sólo en 6 meses. El menor costo diario se obtiene en la etapa de Terminaciones, con un 0,105% del presupuesto. Y finalmente, en la etapa de Terminaciones e Instalaciones se tiene un costo diario de 0,107% del presupuesto, ligeramente mayor a la etapa anterior debido al bajo costo de Mano de Obra en Instalaciones.

A partir de los resultados de la Tabla 5.5 es posible cuantificar el costo de uno o más días de paralización por diferentes motivos como clima, paralización por orden municipal, accidentes laborales, entre otros. Como ejemplo, si una obra se paraliza dos días en Obra Gruesa, un día en Terminaciones, y un día en Terminaciones e Instalaciones, es decir, 4 días durante el desarrollo (equivalente a un 1,3% del plazo total de obra), dichas paralizaciones tendrían un costo de un 0,44% del presupuesto total.

### 5.1.2. Cuantificación de un día de atraso

Para determinar el costo de un día de atraso, se realiza un procedimiento similar a la sección anterior con algunas modificaciones.

En primer lugar, no se considera que exista un costo adicional de Mano de Obra ya que bajo el supuesto que su rendimiento no es menor al presupuestado, el atraso debiese corresponder sólo a haber utilizado una menor cantidad de personal.

Y en segundo lugar, al estar fuera del plazo original de obra, se hace efectiva una multa de 0,003 % del presupuesto de la obra por día de atraso.

Así, a partir de la tabla 5.1, sin considerar los costos de Mano de Obra, se puede obtener el costo mensual dividiendo en 14 meses. Luego, se divide en 22[días/mes] para obtener un costo diario. Finalmente, se agrega la multa por atraso. La Tabla siguiente muestra el resultado promedio de todas las obras.

Tabla 5.6: Costo diario de atraso

Obra	Costo diario	Multa diaria	Costo diario
	sin multa		
	[% Ppto]	[% Ppto]	[% Ppto]
Vasconia	0,061 %	0,003 %	0,064 %
Echeñique	0,044 %	0,003 %	0,047 %
Caupolicán	0,062 %	0,003 %	0,065 %

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la Tabla 5.6 se obtiene que en promedio, un día de atraso (correspondiente a un 0,32% del plazo original) implica un costo de 0,059 % del presupuesto. De este modo, es posible relacionar el costo del atraso con el atraso mismo, expresado como porcentaje del plazo original de la obra. Como se muestra en la siguiente tabla y graficado en la Figura 5.2

Tabla 5.7: Costo por atraso

Atraso [% Plazo]	Costo [% Ppto]
0 %	0,0 %
5 %	0,9 %
10 %	1,8 %
15 %	2,7 %
20 %	3,6 %
25 %	4,5 %
30 %	5,4 %
35 %	6,3 %
40 %	7,3 %
45 %	8,2 %
50 %	9,1 %

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2: Costo por atraso

De la Figura 5.2 se obtiene la función  $y = 0,181 \cdot x$  que determina el costo,  $y$ , expresado

como porcentaje del presupuesto total, según el atraso,  $x$ , expresado como el porcentaje de atraso del plazo original de la obra.

A modo de ejemplo, un atraso del 10% (31 días para las obras analizadas) implica un costo de 1,81% del presupuesto total.

## 5.2. Bajo rendimiento de la Mano de Obra

En la presente sección se analizará el impacto del rendimiento de la Mano de Obra en el presupuesto general. En este caso sólo se considerará la Mano de Obra contratada por la empresa, descartando el impacto de la M.O de subcontratos (moldajes, enfierradores, pintores, entre otros) pues es un riesgo que corren las empresas subcontratistas y no afecta a los costos de las obras en su totalidad.

Además, se presentan las variaciones entre la Mano de Obra presupuestada y la realmente gastada en las tres obras estudiadas, para el personal contratado directamente (no subcontratos).

### 5.2.1. Impacto del rendimiento de la Mano de Obra Directa

Para estudiar el impacto del rendimiento de la Mano de Obra Directa sobre el presupuesto total de las obras se realiza el siguiente análisis: Cualquier partida de precios unitarios considera en su precio la suma de tres componentes, Mano de obra, Maquinaria y Materiales; según la siguiente ecuación.

$$PU_{Partida} = PU_{MO} + PU_{Maq} + PU_{Mat} \quad (5.1)$$

La componente  $PU_{MO}$  de la ecuación se calcula en base a un precio ( $p$ ) por Hora (o Día, o cuadrilla) y a un rendimiento ( $r$ ) medido en unidades de la partida por HH, como lo expresa la ecuación 5.2 .

$$PU_{MO} = \frac{p[\frac{\$}{HH}]}{r[\frac{un}{HH}]} = \frac{p}{r}[\frac{\$}{un}] \quad (5.2)$$

Si el rendimiento de la Mano de obra,  $r$ , sufre variaciones, llegando a un valor  $r + \alpha r$ , entonces se obtiene un nuevo precio unitario de la mano de obra,  $PU^* = \frac{p}{r+\alpha r}$  (bajo el supuesto de que el precio se mantiene constante).

El porcentaje que representa el nuevo precio  $PU^*$  respecto al original es:

$$\frac{PU^*}{PU} = \frac{\frac{p}{r(1+\alpha)}}{\frac{p}{r}} = \frac{1}{1+\alpha} \quad (5.3)$$

Por lo tanto, la variación en los precios unitarios de la mano de obra,  $\Delta_{PU_{MO}}$ , es de la forma:

$$\Delta_{PU_{MO}} = \frac{1}{1+\alpha} - 1 \quad (5.4)$$

A modo de ejemplo, se presenta la siguiente tabla que relaciona  $\Delta_{PU_{MO}}$  según distintos niveles de variaciones en el rendimiento de la mano de obra,  $\alpha$ .

Tabla 5.8: Variación de los precios unitarios de la mano de obra según distintos rendimientos

$\alpha$	$\Delta_{PUMO}$
50 %	-33 %
45 %	-31 %
40 %	-29 %
35 %	-26 %
30 %	-23 %
25 %	-20 %
20 %	-17 %
15 %	-13 %
10 %	-9 %
5 %	-5 %
0 %	0 %
-5 %	5 %
-10 %	11 %
-15 %	18 %
-20 %	25 %
-25 %	33 %
-30 %	43 %
-35 %	54 %
-40 %	67 %
-45 %	82 %
-50 %	100 %

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para obtener el impacto de estas variaciones sobre el presupuesto total de las obras, es necesario conocer qué porcentaje representa la Mano de Obra contratada por la empresa. Para cumplir con lo anterior, se analizan los presupuestos de cuatro (4) obras realizadas por la empresa (ver Tabla de Anexo A.1). Es importante destacar que la Mano de obra contratada considera los costos de Capataces, Carpinteros, Albañiles y Jornales.

A continuación se presentan los costos según el presupuesto de la Mano de Obra contratada para las obras analizadas.

Tabla 5.9: Costos de Mano de Obra contratada

		Vasconia	Echeñique	Caupolicán	Manquehue
Ppto	[UF]	69670	112554	62589	68268
Capataces	[UF]	850	972	940	650
Carpinteros	[UF]	936	1475	973	1050
Albañiles	[UF]	1469	1780	1748	270
Jornales	[UF]	2208	3311	2201	2269
<b>Total MO</b>	<b>[UF]</b>	<b>5462</b>	<b>7538</b>	<b>5861</b>	<b>4238</b>
<b>% Ppto</b>	<b>[%]</b>	<b>7,8 %</b>	<b>6,7 %</b>	<b>9,4 %</b>	<b>6,2 %</b>
<b>Promedio</b>	<b>[%Ppto]</b>	<b>7,5 %</b>			

Fuente: Elaboración propia

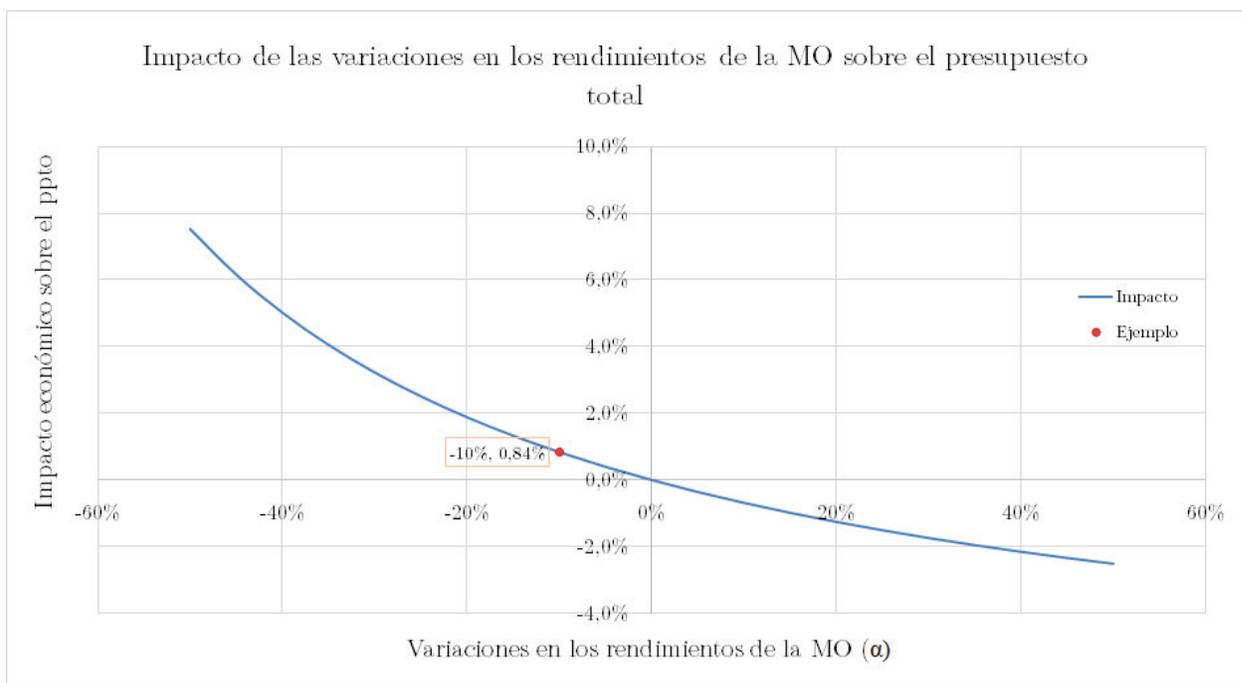
De la tabla anterior se obtiene que en promedio, la Mano de obra contrada representa un 7,5% del presupuesto total obra. Con este valor, es posible determinar el impacto económico de las variaciones en los rendimientos de la Mano de Obra contratada a partir de los datos de la Tabla 5.8.

Se presenta en la siguiente tabla el impacto promedio sobre el presupuesto de las obras en función de variaciones en los rendimientos de la Mano de obra. Además, se muestran los resultados gráficamente en la Figura 5.3.

Tabla 5.10: Impacto promedio de las variaciones en rendimientos de MO

$\alpha$	$\Delta_{PU_{MO}}$
50 %	-2,51 %
45 %	-2,34 %
40 %	-2,15 %
35 %	-1,95 %
30 %	-1,74 %
25 %	-1,51 %
20 %	-1,25 %
15 %	-0,98 %
10 %	-0,68 %
5 %	-0,36 %
0 %	0,00 %
-5 %	0,40 %
-10 %	0,84 %
-15 %	1,33 %
-20 %	1,88 %
-25 %	2,51 %
-30 %	3,23 %
-35 %	4,05 %
-40 %	5,02 %
-45 %	6,16 %
-50 %	7,53 %

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.3: Impacto de la variación de rendimiento de la MO en presupuesto total

De la Tabla y Figura anterior, se da cuenta de la gran influencia del rendimiento de la Mano de Obra en el presupuesto de las obras. Suponiendo que la Mano de Obra sufre una baja del 10 % en su rendimiento, el costo sobre el presupuesto total corresponde a un 0,84 % o un 16,8 % sobre los imprevistos (considerados como un 5 % del presupuesto).

Es importante señalar que se estudia el efecto de las variaciones en los rendimientos de la Mano de Obra como un conjunto y no separadamente según Jornales, Albañiles, Carpinteros o Capataces. Esto se debe a que por lo general, los trabajos se realizan en cuadrillas multifuncionales que trabajan en conjunto. Así, por ejemplo, el rendimiento de Jornales depende del rendimiento de los Capataces, y viceversa.

Otro aspecto relevante a mencionar es que se estudian las variaciones en los rendimientos de la MO sin hacer distinción por partida, sino como la suma de todas. Un análisis más detallado se puede realizar por partida, considerando las más influyentes en el presupuesto.

### 5.2.2. Variaciones en rendimientos, precios y costos totales de la MO Directa contratada

En este apartado se presentan las variaciones de rendimientos y precios de la Mano de Obra directa contratada (Carpinteros, Albañiles y Jornales) para las obras ya estudiadas de la empresa Collico. No se presenta sobre el resto de las obras pues no se tiene registro de las HH realmente utilizadas.

Además, se muestra el costo total de la Mano de Obra según el presupuesto y lo real.

En primer lugar, para determinar las variaciones en los rendimientos de la Mano de Obra se realiza el siguiente análisis: El rendimiento presupuestado de la mano de obra ( $r_p$ ) está dado por la cantidad de una partida ( $C_p$ ) y las horas hombres ( $HH_p$ ) necesarias para su realización, según la siguiente ecuación:

$$r_p = \frac{C}{HH_p} \quad (5.5)$$

Con información de las obras, es posible determinar el rendimiento real de la MO ( $r_r = r_p(1 + \alpha)$ ), en función de las cantidades reales ( $C_r$ ) y las horas obras realmente usadas ( $HH_r$ ).

$$r_r = r_p(1 + \alpha) = \frac{C_r}{HH_r} \quad (5.6)$$

En el supuesto que las cantidades no sufren variaciones, es decir,  $C_p = C_r$ , es posible determinar una expresión para la variación en rendimiento ( $\alpha$ ), como lo muestra la ecuación 5.7.

$$\alpha = \frac{HH_p}{HH_r} - 1 \quad (5.7)$$

Por otro lado, considerando que el rendimiento de la Mano de Obra sufre variaciones, es posible y esperable que el precio también las sufra pues podría tratarse de una Mano de Obra más o menos eficiente. La variación de precios máxima esperada ( $\delta_e$ ) es tal que el aporte de la mano de obra en el precio unitario de la partida se mantenga constante (ver ecuación 5.2). De esta forma, se tiene que:

$$PU_e = PU_p \Rightarrow \frac{p_p(1 + \delta_e)}{r_p(1 + \alpha)} = \frac{p_p}{r_p} \Rightarrow \delta_e = \alpha$$

Así, calculando las desviaciones reales de precios ( $\delta$ ), es posible determinar un factor  $\Delta_p$  que indica la diferencia de precio entre el efectivamente pagado ( $\delta$ ) y el precio esperado ( $\delta_e$ ) (producto de la variación de rendimientos), según la siguiente ecuación:

$$\Delta_P = \delta - \delta_e = \delta - \alpha \quad (5.8)$$

Un valor de  $\Delta_P > 0$  indica que el precio realmente pagado fue superior al máximo esperado y por lo tanto, inmediatamente se tendrían sobre costos en la Mano de Obra. También da cuenta de cuánto debería aumentar el rendimiento de la MO con el fin de mantener los costos totales presupuestados.

En las siguientes tablas se presentan los valores de precios y cantidades según el presupuesto y lo realmente utilizado para las obra en análisis. Además se presentan las desviaciones de precios ( $\delta$ ) y rendimientos ( $\alpha$ ), seguido del valor de  $\Delta_P$ .

Tabla 5.11: Carpinteros: Precios, cantidades y rendimientos

Obra	Carpinteros						$\Delta_P$
	Precio [UF/HH]			Cantidad [HH]			
	Ppto ( $p_p$ )	Real ( $p_r$ )	$\delta$	Ppto ( $HH_p$ )	Real ( $HH_r$ )	$\alpha$	
Vasconia	0,11	0,19	77,2 %	8.814	5.826	51,3 %	26,0 %
Echeñique	0,14	0,15	5,3 %	10.472	9.083	15,3 %	-10,0 %
Caupolicán	0,12	0,15	28,4 %	8.228	8.286	-0,7 %	29,1 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.12: Albañiles: Precios, cantidades y rendimientos

Albañiles							
Obra	Precio [UF/HH]			Cantidad [HH]			$\Delta_P$
	Ppto ( $p_p$ )	Real ( $p_r$ )	$\delta$	Ppto ( $HH_p$ )	Real ( $HH_r$ )	$\alpha$	
Vasconia	0,13	0,15	11,8 %	11.386	10.043	13,4 %	-1,6 %
Echeñique	0,13	0,15	9,9 %	13.540	8.235	64,4 %	-54,6 %
Caupolicán	0,14	0,17	17,5 %	12.311	7.230	70,3 %	-52,8 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.13: Jornales: Precios, cantidades y rendimientos

Jornales							
Obra	Precio [UF/HH]			Cantidad [HH]			$\Delta_P$
	Ppto ( $p_p$ )	Real ( $p_r$ )	$\delta$	Ppto ( $HH_p$ )	Real ( $HH_r$ )	$\alpha$	
Vasconia	0,09	0,13	47,8 %	26.355	21.220	24,2 %	23,6 %
Echeñique	0,11	0,12	13,4 %	31.547	36.303	-13,1 %	26,5 %
Caupolicán	0,09	0,12	25,6 %	23.772	29.148	-18,4 %	44,1 %

Fuente: Elaboración propia

Se observa de las tablas que para el caso de los albañiles (Tabla 5.12) se obtienen valores de  $\Delta_P < 0$  para todas las obras, esto indica que el rendimiento de los albañiles ha sido superior al esperado. Por otro lado, para el caso de jornales (Tabla 5.13) se obtienen valores positivos para todas las obras, dando cuenta que el costo de la mano de obra ha sido superior al presupuesto.

Finalmente, para comprender el impacto financiero del factor  $\Delta_P$  se muestran en las siguientes tablas los costos totales según el presupuesto y reales, seguidos de las desviaciones y su impacto en el presupuesto total.

Tabla 5.14: Carpinteros: Total presupuesto vs Total gastado

<b>Carpinteros</b>						
<b>Obra</b>	<b>Ppto</b>	<b>Total Ppto</b>	<b>Total Gastado</b>	<b>Desviación</b>	$\Delta_P$	<b>Impacto</b>
		[UF]	[UF]			[% Ppto]
Vasconia	69.670	956	1.121	17 %	26 %	0,24 %
Echeñique	112.554	1.511	1.381	-9 %	-10,0 %	-0,12 %
Caupolicán	62.589	978	1.265	29 %	29,1 %	0,46 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.15: Albañiles: Total presupuesto vs Total gastado

<b>Albañiles</b>						
<b>Obra</b>	<b>Ppto</b>	<b>Total Ppto</b>	<b>Total Gastado</b>	<b>Desviación</b>	$\Delta_P$	<b>Impacto</b>
		[UF]	[UF]			[% Ppto]
Vasconia	69.670	1.518	1.497	-1 %	-1,6 %	-0,03 %
Echeñique	112.554	1.824	1.219	-33 %	-54,6 %	-0,54 %
Caupolicán	62.589	1.759	1.213	-31 %	-52,8 %	-0,87 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.16: Jornales: Total presupuesto vs Total gastado

<b>Jornales</b>						
<b>Obra</b>	<b>Ppto</b>	<b>Total Ppto</b>	<b>Total Gastado</b>	<b>Desviación</b>	$\Delta_P$	<b>Impacto</b>
		[UF]	[UF]			[% Ppto]
Vasconia	69.670	2.281	2.715	19 %	23,6 %	0,62 %
Echeñique	112.554	3.393	4.427	30 %	26,5 %	0,92 %
Caupolicán	62.589	2.214	3.411	54 %	44,1 %	1,91 %

Fuente: Elaboración propia

Se observa de las tablas que en general, valores menores de  $\Delta_P$  no impactan de gran medida al presupuesto total de obra. Sólo en casos donde los valores superan el 25 % se obtienen impactos considerables.

### 5.3. Alza en los precios de materiales

En este apartado se estudia cuál es el impacto de la volatilidad de precios para 4 materiales en específico: cemento, acero, madera y hormigón. en los presupuestos totales de construcción de 5 obras realizadas por la empresa Collico (ver Tabla 5.17).

Tabla 5.17: Obras de empresa Collico

Obra	N°Pisos	N°Deptos	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Año de Inicio	Presupuesto [UF]
Vasconia	6	33	3.488,36	2016	69.670
Echeñique	5	31	5.187,78	2015	112.554
Caupolicán	7	30	3.371,81	2014	62.589
Manquehue	7	23	4.415,68	2008	68.268
Villaseca	8	44	4.183,07	2006	59.388

Fuente: Elaboración propia

Para cumplir con el objetivo, se considera el problema de la siguiente manera: Sea  $C_{ppto}$  y  $P_{ppto}$  las cantidades y los precios presupuestados de los materiales, respectivamente. El costo total presupuestado ( $T_p$ ) está dado entonces por la multiplicación de dichos componentes, como muestra la ecuación 5.9

$$T_{ppto} = C_{ppto} \cdot P_{ppto} \quad (5.9)$$

Ahora, incorporando las desviaciones de cantidades ( $\Delta_C$ ) y precios ( $\Delta_P$ ), se obtiene una expresión para el costo total real,  $T_{real}$ , según la siguiente ecuación:

$$T_{real} = T_{ppto} + \Delta_T = (C_{ppto} + \Delta_C) \cdot (P_{ppto} + \Delta_P) \quad (5.10)$$

Luego, a partir de la ecuación 5.10 es posible obtener una expresión para  $\Delta_T$ :

$$\Delta_T = \Delta_P \cdot C_{ppto} + \Delta_P \cdot \Delta_C + \Delta_C \cdot P_{ppto} \quad (5.11)$$

De esta manera, es posible estudiar la desviación en el costo total de un suministro como la suma de una componente asociada a errores en la estimación de precios,  $\Delta_P \cdot C_{ppto}$ ,

otra asociada a errores en cantidades o cubicaciones,  $\Delta_C \cdot P_{ppto}$ , y una asociada a ambas desviaciones,  $\Delta_P \cdot \Delta_C$ .

Como se pretende estudiar exclusivamente el impacto de la volatilidad de los precios, sólo se considera la componente  $\Delta_P \cdot C_{ppto}$  en el análisis.

Los valores de los precios presupuestados,  $P_{ppto}$ , los entregó la empresa de manera directa. Con registros históricos de Collico es posible obtener las cantidades y los precios reales para cada obra. Es importante señalar que para determinar  $\Delta_P = P_{real} - P_{ppto}$  se utiliza un precio real ponderado, debido a que en el desarrollo de cada obra se compraron materiales en diferentes cantidades y precios. De este modo, el precio real ponderado se obtiene a partir de la ecuación 5.12.

$$P_{pond} = \frac{\sum P_i \cdot C_i}{\sum C_i} \quad (5.12)$$

Siendo  $i$  cada ocasión en que se realizó una compra de material durante el desarrollo de la obra.

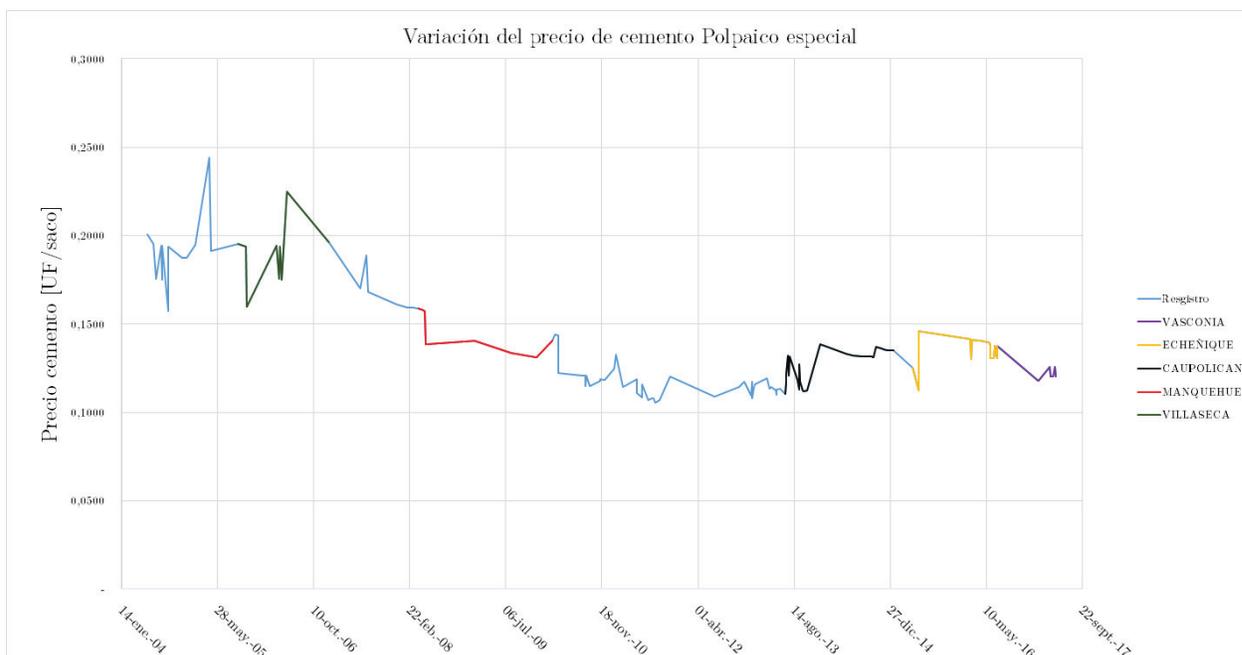
Para finalizar se obtiene el impacto ( $I_{\Delta_P}$ ) de la volatilidad de los precios en el presupuesto total de cada obra de la siguiente manera:

$$I_{\Delta_P} = \frac{\Delta_P \cdot C_{ppto}}{P_{ppto_{total}}} \quad (5.13)$$

A continuación se presenta el análisis para los tres materiales ya mencionados cemento, acero, y madera.

### 5.3.1. Cemento

En primer lugar, se presenta el registro histórico de los precios de compra del saco de Cemento Polpaico Especial de la empresa (ver Figura 5.4).



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.4: Variación del precio del Cemento

Ahora, se exhiben para cada obra los valores de los precios del presupuesto,  $P_{ppto}$ , precio real ponderado,  $P_{real}$ , y cantidad presupuestada,  $C_{ppto}$ .

Tabla 5.18: Cemento: Precios y cantidades

Obra	Inicio	$P_{ppto}$	$P_{real}$	$C_{ppto}$
		[UF/saco]	[UF/saco]	[saco]
Vasconia	2016	0,120	0,122	1.620
Echeñique	2015	0,120	0,126	2.142
Caupolicán	2014	0,120	0,123	1.562
Manquehue	2008	0,150	0,136	1.340
Villaseca	2006	0,160	0,170	1.947

Fuente: Elaboración propia

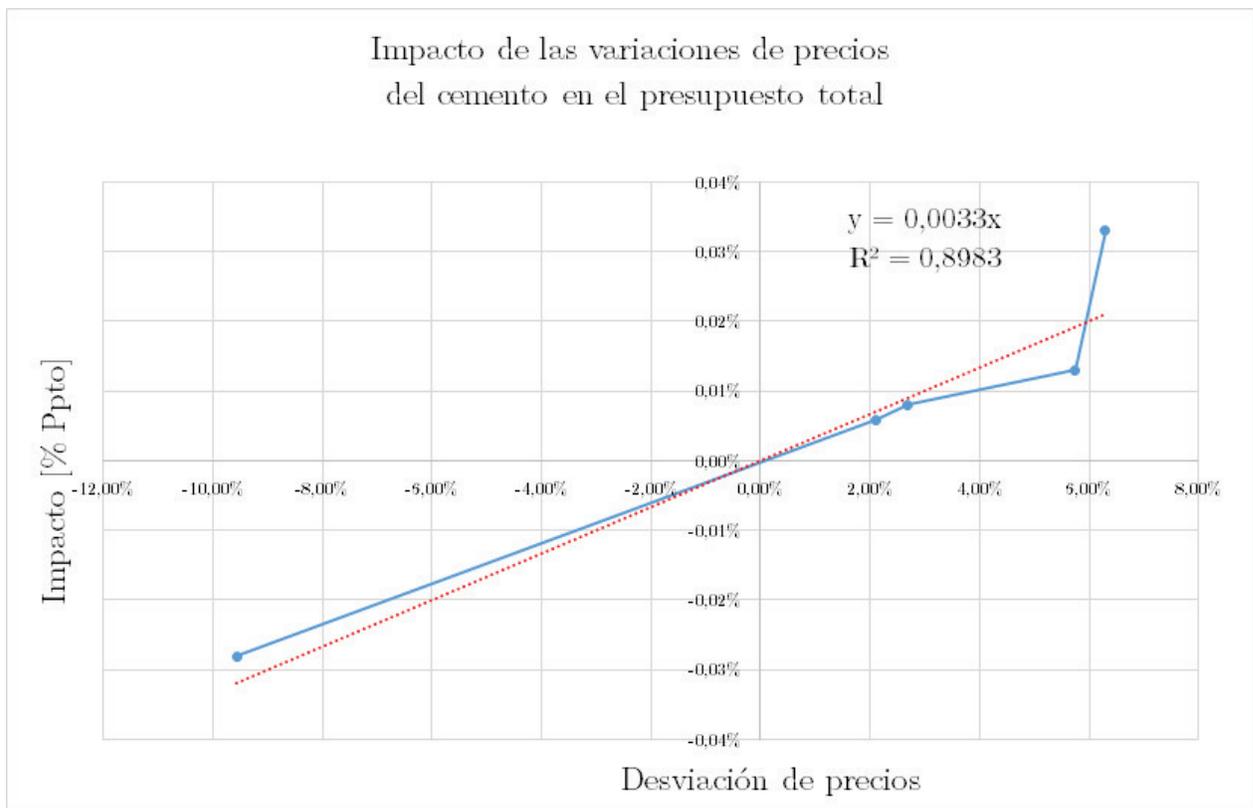
Con los datos de la Tabla 5.18 es posible obtener las diferencias de precios,  $\Delta_P$ , su costo asociado,  $\Delta_P \cdot C_{ppto}$ , y el impacto sobre el presupuesto total según la ecuación 5.13.

Tabla 5.19: Cemento: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total

Obra	Inicio	$PPTO_{total}$ [UF]	$\Delta_P$ [UF]	$\Delta_P \cdot C_{ppto}$ [UF]	$\Delta_P$ [%]	$I_{\Delta_P}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	0,003	4,09	2,11 %	0,004 %
Echeñique	2015	112.554	0,007	14,70	5,74 %	0,007 %
Caupolicán	2014	62.589	0,003	5,03	2,70 %	0,007 %
Manquehue	2008	68.268	- 0,014	- 19,21	-9,56 %	-0,035 %
Villaseca	2006	59.388	0,010	19,62	6,29 %	0,037 %

Fuente: Elaboración propia

De manera gráfica, se representa el impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total a partir de los datos de la Tabla 5.19.

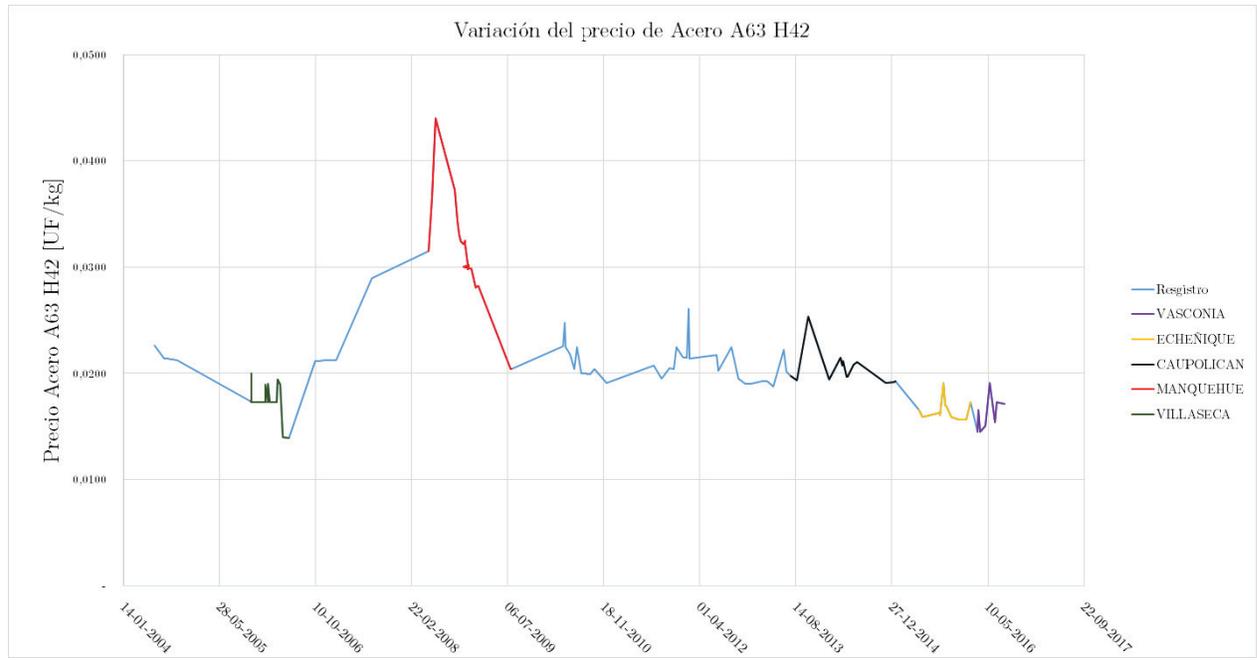


Fuente: Elaboración propia

Figura 5.5: Impacto de la variación de precio del cemento en presupuesto total

### 5.3.2. Acero

De igual manera que en el apartado anterior, se presentan los precios históricos de compra de Acero A63 H42.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.6: Variación del precio del Acero

Ahora, se muestran para cada obra los valores de los precios del presupuesto,  $P_{ppto}$ , precio real ponderado,  $P_{real}$ , y cantidad presupuestada,  $C_{ppto}$ .

Tabla 5.20: Acero: Precios y cantidades

Obra	Inicio	$P_{ppto}$ [UF/kg]	$P_{real}$ [UF/kg]	$C_{ppto}$ [kg]
Vasconia	2016	0,018	0,015	156.760
Echeñique	2015	0,018	0,016	197.728
Caupolicán	2014	0,020	0,020	136.473
Manquehue	2009	0,021	0,035	155.745
Villaseca	2006	0,018	0,018	150.901

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la Tabla 5.20 es posible obtener las diferencias de precios,  $\Delta_P$ , su costo

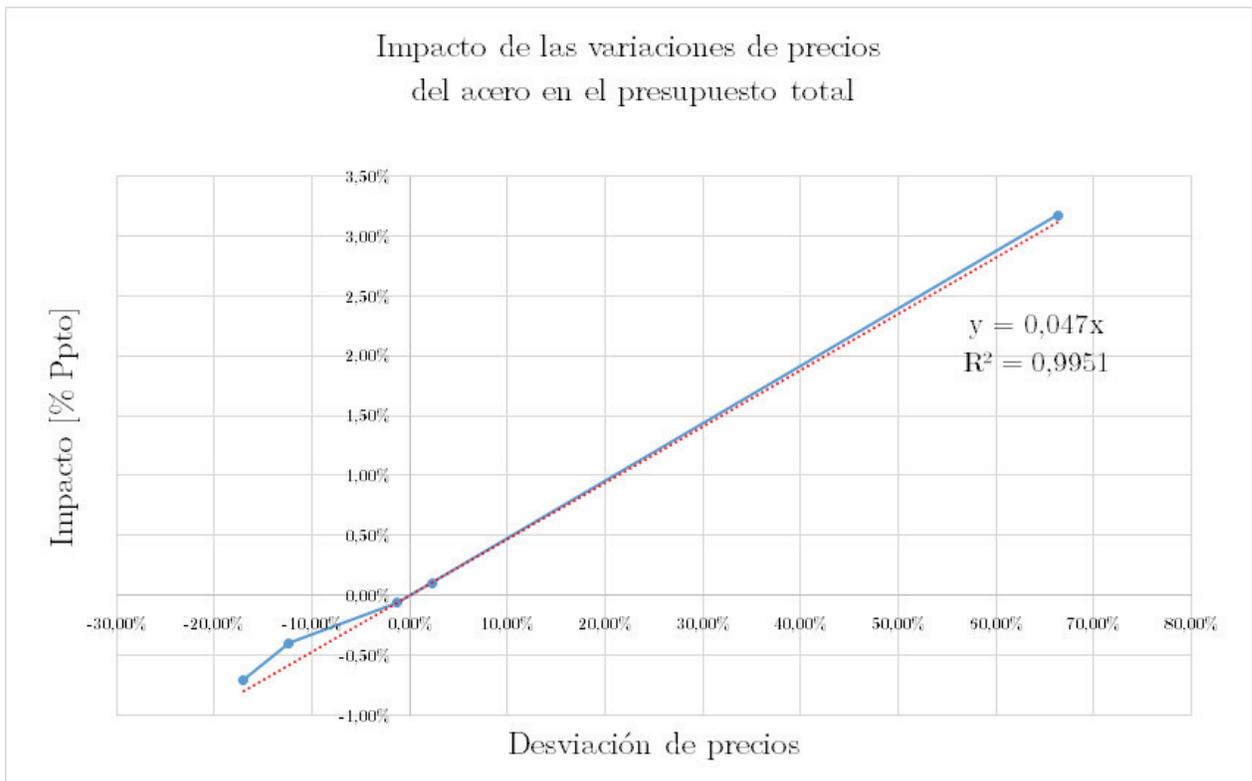
asociado,  $\Delta_P \cdot C_{ppto}$ , y el impacto sobre el presupuesto total según la ecuación 5.13.

Tabla 5.21: Acero: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total

Obra	Inicio	$PPTO_{total}$ [UF]	$\Delta_P$ [UF]	$\Delta_P \cdot C_{ppto}$ [UF]	$\Delta_P$ [%]	$I_{\Delta_P}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	- 0,003	- 487,52	-17,03 %	-0,717 %
Echeñique	2015	112.554	- 0,002	- 446,36	-12,36 %	-0,406 %
Caupolicán	2014	62.589	- 0,000	- 37,18	-1,38 %	-0,058 %
Manquehue	2008	68.268	0,014	2.168,11	66,29 %	3,143 %
Villaseca	2006	59.388	0,000	60,89	2,28 %	0,112 %

Fuente: Elaboración propia

De manera gráfica, se representa el impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total a partir de los datos de la Tabla 5.21.

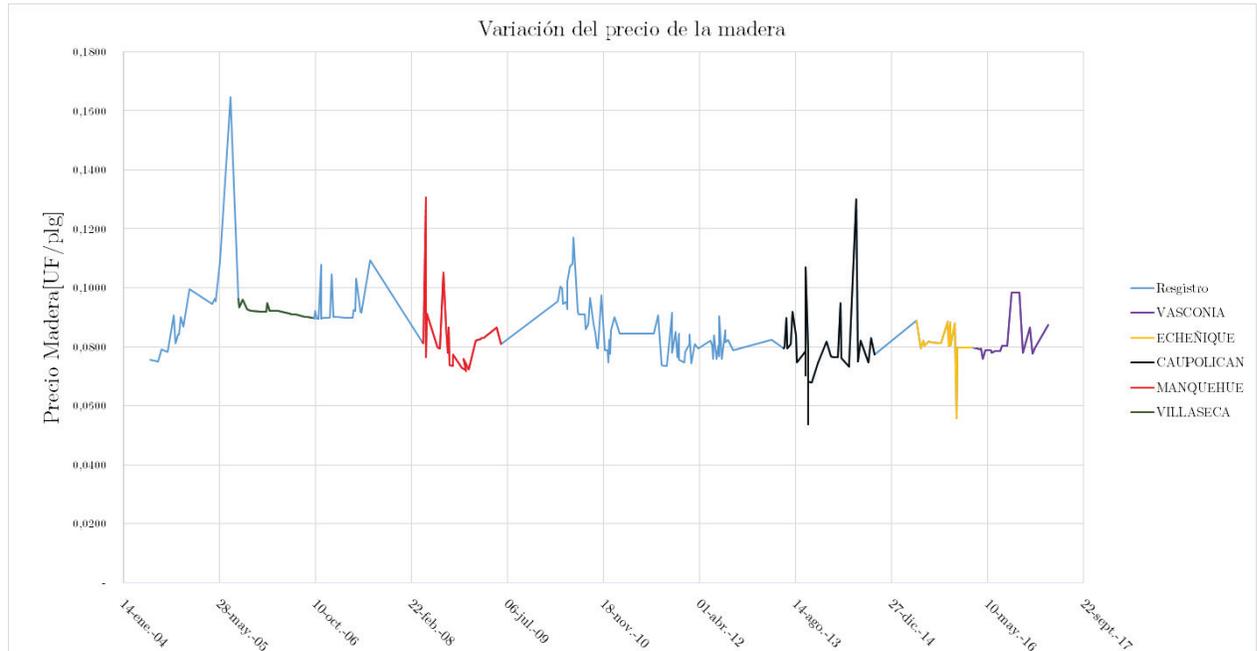


Fuente: Elaboración propia

Figura 5.7: Impacto de la variación de precio del acero en presupuesto total

### 5.3.3. Madera

Finalmente, para el caso de la madera, se comienza mostrando en la Figura 5.8 el registro de precios de compra de madera en bruto de escuadrías entre 1x2” a 3x4” de pino insigne seco.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.8: Variación del precio de la madera

A continuación, se presentan para cada obra los valores de los precios del presupuesto,  $P_{ppto}$ , precio real ponderado,  $P_{real}$ , y cantidad presupuestada,  $C_{ppto}$ .

Tabla 5.22: Madera: Precios y cantidades

Obra	Inicio	$P_{ppto}$	$P_{real}$	$C_{ppto}$
		[UF/plg]	[UF/plg]	[plg]
Vasconia	2016	0,078	0,081	2.457
Echeñique	2015	0,078	0,081	2.934
Caupolicán	2014	0,078	0,079	2.063
Manquehue	2009	0,085	0,083	2.485
Villaseca	2006	0,093	0,092	2.034

Fuente: Elaboración propia

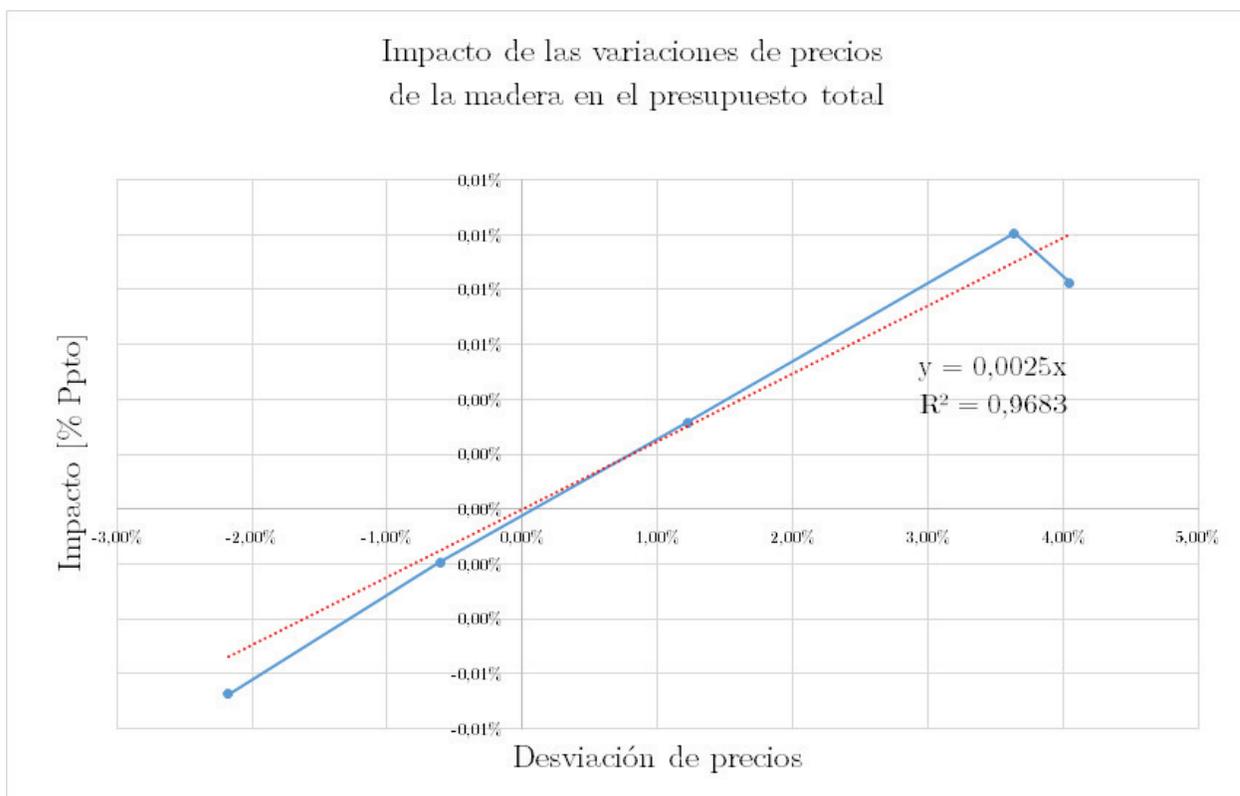
De manera análoga con los materiales anteriores, con la información de la Tabla 5.22 es posible obtener las diferencias de precios,  $\Delta_P$ , su costo asociado,  $\Delta_P \cdot C_{ppto}$ , y el impacto sobre el presupuesto total según la ecuación 5.13.

Tabla 5.23: Madera: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total

Obra	Inicio	$PPTO_{total}$ [UF]	$\Delta_P$ [UF]	$\Delta_P \cdot C_{ppto}$ [UF]	$\Delta_P$ [%]	$I_{\Delta_P}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	0,003	7,00	3,64 %	0,007 %
Echeñique	2015	112.554	0,003	9,30	4,05 %	0,006 %
Caupolicán	2014	62.589	0,001	1,97	1,22 %	0,002 %
Manquehue	2008	68.268	- 0,002	- 4,60	-2,18 %	-0,005 %
Villaseca	2006	59.388	- 0,001	- 1,14	-0,61 %	-0,001 %

Fuente: Elaboración propia

De manera gráfica, se representa el impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total a partir de los datos de la Tabla 5.23.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.9: Impacto de la variación de precio de la madera en presupuesto total

### 5.3.4. Hormigón

Para el caso del hormigón no se presentan los valores históricos de compra del material debido que se utilizan diferentes tipo de hormigón en una obra según fundaciones, radieres, muros, losas, entre otros. De todos modos, se presenta para las obras Vasconia, Echeñique, Caupolicán y Manquehue el tipo de hormigón, las cantidades y sus precios según el presupuesto, y lo comprado realmente.

Tabla 5.24: Hormigones presupuestados y reales. Vasconia

<b>Vasconia</b>							
<b>Presupuesto = 69.670 [UF]</b>							
<b>Presupuesto</b>				<b>Real</b>			
<b>Hormigón</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>	<b>Hormigón</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
	[m3]	[UF/m3]	[UF]		[m3]	[UF/m3]	[UF]
2s-40-6	31	1,11	34,4	H20(80)40-10	103	1,64	168,8
H-20(80)40-5	209	1,57	327,3	H25(90)40-6	158	1,66	262,6
H-25(90)40-5	181	1,49	269,9	HB30(90)20-10	1.150	1,82	2094,5
H30(90)20-10	765	1,63	1245,3	HN30(80)40-8	98	1,76	172,4
H30(90)20-8	747	1,63	1215,6	HN30(90)20-8	448	1,78	798,4
				HS040004008	22	1,46	32,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.25: Hormigones presupuestados y reales. Echeñique

**Echeñique**  
**Presupuesto = 112.554 [UF]**

Presupuesto				Real			
Hormigón	Cantidad	Precio	Total	Hormigón	Cantidad	Precio	Total
	[m3]	[UF/m3]	[UF]		[m3]	[UF/m3]	[UF]
2s 40-6	600	1,14	682,4	H25(90)40-6	328	1,60	526,4
H-20(80)40-5	64	1,60	102,9	HB30(90)20-10	1.023	1,80	1843,2
H-25(90)40-5	345	1,52	524,9	HF 5,0(80)40-8	28	2,02	56,6
H-30(80)40-8	23	1,82	42,5	HN30(90)20-8	773	1,76	1362,3
H30(90)20-10	736	1,66	1222,2	HS02000-40-08	618	1,20	742,3
H30(90)20-8	1053	1,66	1747,7				
HF5(80)40-8	25	2,18	55,3				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.26: Hormigones presupuestados y reales. Caupolicán

**Caupolicán**  
**Presupuesto = 68.268 [UF]**

Presupuesto				Real			
Hormigón	Cantidad	Precio	Total	Hormigón	Cantidad	Precio	Total
	[m3]	[UF/m3]	[UF]		[m3]	[UF/m3]	[UF]
H-30(80)40-8	84	1,94	162,9	H20(80)20-8	40	1,70	68,1
3s/C/m	8	1,31	10,4	HB20(90)20-10	164	1,69	277,7
H-20(80)40-5	46	1,70	77,9	HB25(90)20-10	88	1,75	153,3
H-25(90)20-8	133	1,69	224,4	HB25(90)13-12	36	2,09	75,1
H-25(90)40-5	249	1,62	405,2	HN20(90)20-10	6	1,64	9,9
HB-25(90)20-10	1165	1,75	2039,9	HN25(90)20-08	200	1,68	336,7
				HN25(90)20-10	893	1,71	1528,6
				HN25(90)40-8	124	1,63	200,7
				HN3(80)40-8	77	1,76	135,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.27: Hormigones presupuestados y reales. Manquehue

Manquehue							
Presupuesto = 69.670 [UF]							
Presupuesto				Real			
Hormigón	Cantidad	Precio	Total	Hormigón	Cantidad	Precio	Total
	[m3]	[UF/m3]	[UF]		[m3]	[UF/m3]	[UF]
H3s/C/m	9	1,35	12,8	H15(80)20-6	15	1,46	21,9
H20(80)40-5	66	1,54	101,1	H20(80)40-6	38	1,53	57,3
H20(90)20-10	176	1,58	278,0	H20(80)40-8	43	1,54	65,6
H-20(90)20-8	207	1,70	351,8	HB25(90)20-10	263	1,73	452,9
H-25(90)40-5	481	1,70	816,8	H25(90)20-8	840	1,71	1435,8
HB25(90)20-10	1139	1,75	1996,3	H25(90)40-6	101	1,64	165,3
				H30(80)20-6	3	2,02	6,1
				HB20(90)20-10	114	1,67	189,7
				HB25(90)20-12	544	1,85	1004,1
				HF5,0(80)40-6	8	2,70	21,6
				HN10(80)20-6	12	1,40	16,8
				HS4S-40-6	10	1,35	13,5

Fuente: Elaboración propia

Para simplificar el análisis, se utiliza un hormigón equivalente con un precio ponderado utilizando la ecuación 5.12 tanto para el presupuestado como el real. Las cantidades de presupuesto,  $C_{ppto}$  se consideran como la suma de los hormigones del presupuesto.

A continuación, se presentan para cada obra los valores de los precios del presupuesto ponderado,  $P_{ppto}$ , precio real ponderado,  $P_{real}$ , y cantidad presupuestada,  $C_{ppto}$ .

Tabla 5.28: Hormigón: Precios y cantidades

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	$P_{ppto}$ [UF/ $m^3$ ]	$P_{real}$ [UF/ $m^3$ ]	$C_{ppto}$ [ $m^3$ ]
Vasconia	2016	1,60	1,78	1.932
Echeñique	2015	1,54	1,64	2.848
Caupolicán	2014	1,73	1,71	1.685
Manquehue	2009	1,71	1,74	2.078

Fuente: Elaboración propia

Se observa que para cada obra, los precios ponderados de presupuesto y reales se asemejan a los precios de los hormigones considerados en grandes cantidades, y que corresponden principalmente, según información de la empresa, a los utilizados en Muros, Losas y Fundaciones. Por lo tanto, con los resultados de la Tabla 5.28 es posible asumir que el hormigón equivalente representa a los utilizados en Muro, Losas y Fundaciones.

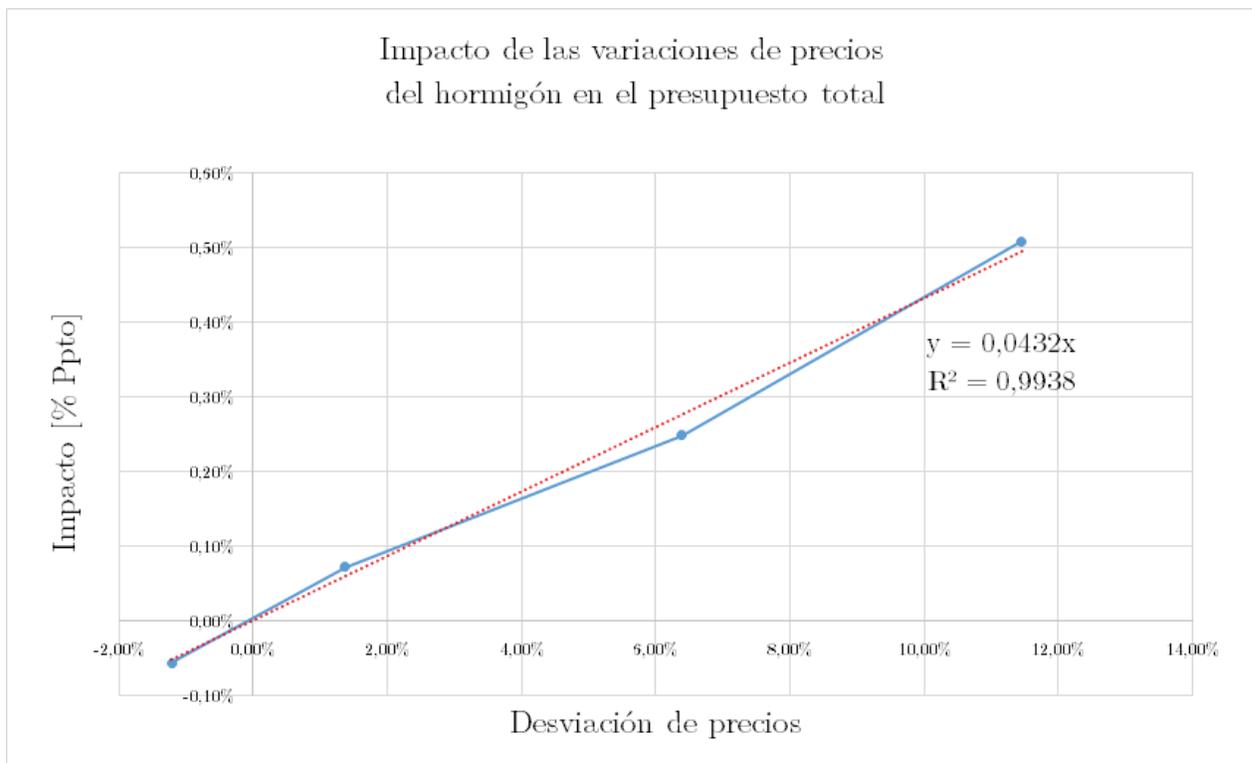
De igual modo que los materiales anteriores, a partir de la Tabla 5.28 es posible obtener las diferencias de precios,  $\Delta_P$ , su costo asociado,  $\Delta_P \cdot C_{ppto}$ , y el impacto sobre el presupuesto total según la ecuación 5.13.

Tabla 5.29: Hormigón: Impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	$PPTO_{total}$ [UF]	$\Delta_P$ [UF]	$\Delta_P \cdot C_{ppto}$ [UF]	$\Delta_P$ [%]	$I_{\Delta_P}$ [% Ppto]
Vasconia	2016	69.670	0,18	354	11,45 %	0,51 %
Echeñique	2015	112.554	0,10	280	6,39 %	0,25 %
Caupolicán	2014	62.589	-0,02	- 35	-1,21 %	-0,06 %
Manquehue	2009	68.268	0,02	49	1,38 %	0,07 %

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente, se representa el impacto de las desviaciones de precios sobre el presupuesto total a partir de los datos de la Tabla 5.29.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.10: Impacto de la variación de precio del hormigón en presupuesto total

### 5.3.5. Análisis de resultados

Las Figuras 5.4, 5.6 y 5.8 presentan los precios de compra del cemento, acero y madera, respectivamente. Para el caso del cemento se observa una notable baja desde el año 2007 al 2010, pasando de un promedio de  $0,186[UF/saco]$  entre los años 2004 y 2007, a  $0,116[UF/saco]$  entre los años 2010 y 2013; posteriormente se presenta una alza entre los años 2013 y 2017, con un promedio de  $0,132[UF/saco]$ .

El acero, presenta un alza considerable desde el año 2007 hasta mediados del 2008, aumentando su precio en más del doble y alcanzando un precio máximo de  $0,044[UF/kg]$ . Desde el 2009 hasta mediados del 2014 presenta un comportamiento medianamente estable con un promedio de  $0,021[UF/kg]$ . Finalmente, presenta una leve baja desde fines del 2014 hasta la fecha, con un promedio de  $0,016[UF/kg]$ .

El caso de la madera presenta un comportamiento más estable que los anteriores, con un promedio en los últimos 5 años de  $0,083[UF/plg]$ .

El impacto de la volatilidad de los precios de los materiales sobre el presupuesto total de cada obra, se presenta en las Tablas 5.19, 5.21, 5.23 y 5.29 para el cemento, acero, madera y hormigón, respectivamente. A modo de resumen, se presenta en la Tabla 5.30 el promedio de las desviaciones de precios de cada material para todas las obra, seguido del impacto promedio. Además, se presenta la tabla 5.31 con los mismos promedios pero sólo para las tres (3) últimas obras realizadas por la empresa.

Tabla 5.30: Desviaciones de precios e impactos promedios de todas las obras, según el material

<b>Material</b>	$\overline{\Delta_P}$	$\overline{I_{\Delta_P}}$
Cemento	1,457 %	0,003 %
Acero	7,560 %	0,425 %
Madera	1,226 %	0,003 %
Hormigón	4,503 %	0,193 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.31: Desviaciones de precios e impactos promedios de las tres últimas obras, según el material

<b>Material</b>	$\overline{\Delta_P}$	$\overline{I_{\Delta_P}}$
Cemento	3,52 %	0,009 %
Acero	-10,26 %	-0,385 %
Madera	2,97 %	0,007 %
Hormigón	8,92 %	0,378 %

Fuente: Elaboración propia

Se observa que para el caso de cemento, madera y hormigón no existe una diferencia considerable entre el promedio de todas las obras consideradas y el promedio de las tres últimas. Sin embargo, en el caso del acero se aprecia un cambio significativo en los promedios, pasando de 7,56 % en todas las obras a -10,26 % para las tres últimas. Lo anterior se explica por la gran influencia del alza de precio en el año 2008 que afectó a la obra Manquehue con un alza  $\Delta_P = 66,29\%$ , de esta manera tiene sentido no considerar el promedio de todas las obras para un estudio posterior.

Finalmente, en las Figuras 5.5, 5.7, 5.9 y 5.10 se presentan gráficamente el impacto sobre el presupuesto según las variaciones de precios,  $\Delta_P$ , para los materiales en estudio. Se observa en los gráficos que los puntos (obras) se ajustan de gran manera a la regresión lineal respectiva,

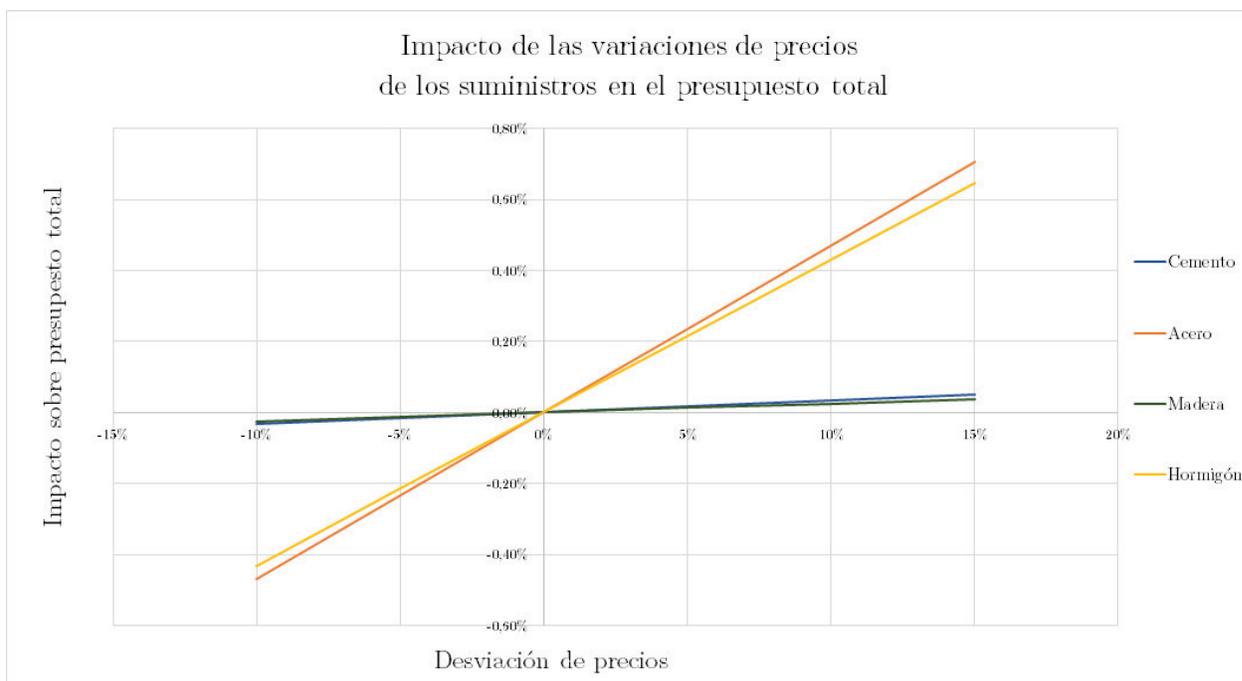
obteniéndose valores de  $R^2$  cercanos a 1. Esto indica que para cada material y en cada obra la relación  $\frac{C_{pppto}P_{pppto}}{P_{pto_{total}}}$  (que corresponde a la pendiente de las regresiones según la ecuación 5.13) es prácticamente constante, por lo tanto se trata de edificios de características y estructura de costos semejantes. De esta manera es posible proyectar el impacto sobre los presupuestos de futuras obras según supuestos en la variación de precios.

Las funciones que determinan el impacto según la variación de precios de los materiales se presentan en la tabla 5.32 y se presentan gráficamente en la Figura 5.11. Se observa que el material con mayor impacto ante la volatilidad de precios es el acero. En segundo lugar se encuentra el hormigón, seguido por el cemento y finalmente la madera. El cemento con el hormigón tienen impactos considerablemente más altos que el cemento y la madera, esto se debe a que son materiales usados en grandes cantidades en edificación, entonces una leve alza en los precios afecta de inmediato al presupuesto de la obra.

Tabla 5.32: Función de impacto para cemento, acero, madera y homigón

<b>Material</b>	<b>Función de Impacto</b>
Cemento	$I_{\Delta_P} = 0,0033 \cdot \Delta_P$
Acero	$I_{\Delta_P} = 0,047 \cdot \Delta_P$
Madera	$I_{\Delta_P} = 0,0025 \cdot \Delta_P$
Hormigón	$I_{\Delta_P} = 0,0432 \cdot \Delta_P$

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.11: Impacto de la variación de precios de la cemento, acero, madera y hormigón en el presupuesto total

Como ejemplo, se presenta en la tabla 5.33 el impacto ante una variación  $\Delta_P = 3\%$  para todos los materiales, utilizando las funciones de la Tabla 5.32. Se obtiene un impacto total  $I_{(\Delta_P=3\%)} = 0,29\%$ .

Tabla 5.33: Ejemplo de impacto. Variación  $\Delta_P = 3\%$

Material	$\Delta_P$	$I_{\Delta_P}$
Cemento	3%	0,01%
Acero	3%	0,14%
Madera	3%	0,01%
Hormigón	3%	0,13%
<b>Suma</b>		<b>0,29%</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.4. Trabajos mal realizados

Durante el desarrollo de una obra de construcción, es común cometer errores en los procesos constructivos que hacen necesario realizar los trabajos nuevamente, es decir, reprocesos. Éstos, generalmente no se registran y sólo se soluciona el problema. Sin embargo, una fuente de información sobre trabajos mal realizados o terminados de manera deficiente son los reclamos o disconformidades post-venta que realizan los compradores de los departamentos.

En base a lo anterior, es posible determinar el costo de trabajos mal realizados principalmente en la última etapa de la construcción.

A partir de la información entregada por la empresa, sólo se tiene registro de los reclamos post-venta de las obras Manquehue y Caupolicán. No se tiene registro de las obras Echeñique y Vasconia debido a que la primera es una obra con pocos meses de uso y la segunda no se encuentra completamente terminada durante el período de realización del presente trabajo de título.

Es importante destacar que los reclamos se realizan a la inmobiliaria encargada del proyecto y luego llegan a la constructora para su solución o reparación.

Se presenta en la siguiente tabla un resumen de las disconformidades de Manquehue desde el año 2012 al 2015 y de Caupolicán desde 2015 hasta junio de 2017. Todos los reclamos presentados se realizaron dentro de la garantía de 3 años desde la inscripción de las viviendas en el conservador de bienes raíces.

Se observa que la categoría con mayor número de disconformidades es *Gasfitería* que representa el 21 % de los reclamos en Caupolicán y el 27 % en Manquehue.

Todos estos reclamos, independiente si son cubiertos por la garantía de los subcontratistas, implican un costo para la empresa pues se debe enviar a un especialista en una primera instancia a verificar el estado del problema. Según la experiencia del personal de la empresa, el costo mínimo de la visita es del orden de  $0,77[UF]$ , lo que equivale aproximadamente a  $\$20,000[CLP]$  actuales, que cubren el costo del trabajo del revisor y el transporte.

Con la información anterior se determina el costo total mínimo de la gestión post-venta para las obras y el impacto sobre el presupuesto.

Tabla 5.34: Resumen de reclamos post-venta. Caupolicán y Manquehue

Categoría	Obra	
	Caupolicán	Manquehue
Gasfitería	21	12
Puertas Ventanas	11	4
Cerámica	2	4
Pisos Alfombras	11	1
Pintura Papel	7	2
Artefactos Equipos	8	3
Otras Instalaciones	33	11
Otros	9	7
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>44</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.35: Costo de la gestión post-venta

Obra	Ppto [UF]	N reclamos	Costo por reclamo [UF]	Costo total [UF]	Costo total [% Ppto]
Caupolicán	62.589	102	0,77	78,5	0,13 %
Manquehue	68.628	44	0,77	33,8	0,05 %

Fuente: Elaboración propia

Se observa de la tabla 5.35 que la gestión post-venta representó un 0,13% del presupuesto total de Caupolicán y un 0,05% para Manquehue, con un promedio de 0,09% por obra.

## 5.5. Error en las cubicaciones

Es común en las obras de construcción que la cantidad de materiales empleados realmente sufre desviaciones respecto a las cubicaciones de presupuesto. Estas desviaciones podrían implicar un sobre costo o ahorro para las empresas. Debido a esto, se estudiaron las cubicaciones de 4 materiales en 5 obras realizadas por la empresa Collico, los mismos estudiados en la sección 5.3, es decir, cemento, acero, madera y hormigón. Estas cubicaciones, corresponden a la suma de todas las partidas de precios unitarios que consideren la utilización de los materiales. De este modo, es posible determinar el impacto económico que implican las variaciones o errores en las cubicaciones.

Es importante destacar que este riesgo sólo se debe considerar en obras cuyos contratos sean bajo la modalidad de Suma Alzada, debido a que en este tipo de contrato son los contratistas los que asumen el riesgo en estudio.

Para analizar este riesgo se utiliza el mismo procedimiento que en la sección 5.3 con la diferencia que se considera la componente  $\Delta C \cdot P_{pptp}$  de la ecuación 5.11 para determinar el impacto económico.

A continuación se presenta el análisis de los materiales estudiados.

### 5.5.1. Cemento

En primer lugar, se presentan para cada obra los valores de  $P_{ppto}$ ,  $C_{ppto}$  y  $C_{real}$  del cemento en la Tabla 5.36.

Tabla 5.36: Cemento: Cubicaciones presupuestadas y reales

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	$P_{ppto}$ [UF/saco]	$C_{ppto}$ [sacos]	$C_{real}$ [sacos]
Vasconia	2016	0,120	1.620	1.135
Echeñique	2015	0,120	2.142	1.213
Caupolicán	2014	0,120	1.562	1.318
Manquehue	2009	0,150	1.340	1.652
Villaseca	2006	0,160	1.947	2.180

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla anterior se obtienen las diferencias en las cubicaciones,  $\Delta C$ ; su costo asociado,  $\Delta C \cdot P_{ppto}$ ; y el impacto sobre el presupuesto,  $I_{\Delta C}$ . Los resultados se muestran en la Tabla 5.19.

Tabla 5.37: Cemento: Impacto del error en cubicaciones

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	PPTO [UF]	$\Delta C$ [sacos]	$\Delta C \cdot P_{ppto}$ [UF]	$\Delta C$ [%]	$I_{\Delta C}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	- 485	- 57,99	-29,94 %	-0,08 %
Echeñique	2015	112.554	- 929	- 111,08	-43,37 %	-0,10 %
Caupolicán	2014	62.589	- 244	- 29,17	-15,62 %	-0,05 %
Manquehue	2009	68.268	312	46,80	23,28 %	0,07 %
Villaseca	2006	59.388	233	37,31	11,97 %	0,06 %

Fuente: Elaboración propia

## 5.5.2. Acero

Al igual que para el caso anterior, se presentan los valores de  $P_{ppto}$ ,  $C_{ppto}$  y  $C_{real}$  para el acero en la siguiente tabla.

Tabla 5.38: Cemento: Cubicaciones presupuestadas y reales

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	$P_{ppto}$ [UF/kg]	$C_{ppto}$ [kg]	$C_{real}$ [kg]
Vasconia	2016	0,018	156.760	160.547
Echeñique	2015	0,018	197.728	202.292
Caupolicán	2014	0,020	136.473	132.840
Manquehue	2009	0,021	155.745	154.125
Villaseca	2006	0,018	150.901	165.216

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos de la tabla anterior, se determinan las variaciones en las cubicaciones y sus respectivos impactos económicos para todas las obras estudiadas.

Tabla 5.39: Acero: Impacto del error en cubicaciones

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	PPTO [UF]	$\Delta C$ [kg]	$\Delta C \cdot P_{ppto}$ [UF]	$\Delta C$ [%]	$I_{\Delta C}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	3.787	69,15	2,42 %	0,10 %
Echeñique	2015	112.554	4.564	83,34	2,31 %	0,07 %
Caupolicán	2014	62.589	- 3.633	- 71,87	-2,66 %	-0,11 %
Manquehue	2009	68.268	- 1.620	- 34,02	-1,04 %	-0,05 %
Villaseca	2006	59.388	14.315	253,32	9,49 %	0,43 %

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3. Madera

A continuación, se presentan en la Tabla 5.40 los valores de  $P_{ppto}$ ,  $C_{ppto}$  y  $C_{real}$  para la madera empleada en las obras.

Tabla 5.40: Madera: Cubicaciones presupuestadas y reales

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	$P_{ppto}$ [UF/plg]	$C_{ppto}$ [plg]	$C_{real}$ [plg]
Vasconia	2016	0,078	2.457	1.705
Echeñique	2015	0,078	2.934	2.236
Caupolicán	2014	0,078	2.063	1.595
Manquehue	2009	0,085	2.485	1.665
Villaseca	2006	0,093	2.034	946

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla se obtienen las variaciones de cantidades de madera entre el presupuesto y lo realmente empleado, además del costo económico que estas variaciones implicaron.

Tabla 5.41: Madera: Impacto del error en cubicaciones

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	PPTO [UF]	$\Delta C$ [plg]	$\Delta C \cdot P_{ppto}$ [UF]	$\Delta C$ [%]	$I_{\Delta C}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	- 752	- 58,85	-30,61 %	-0,08 %
Echeñique	2015	112.554	- 698	- 54,63	-23,79 %	-0,05 %
Caupolicán	2014	62.589	- 468	- 36,66	-22,70 %	-0,06 %
Manquehue	2009	68.268	- 820	- 69,73	-33,01 %	-0,10 %
Villaseca	2006	59.388	- 1.088	- 100,85	-53,49 %	-0,17 %

Fuente: Elaboración propia

#### 5.5.4. Hormigón

Finalmente, y al igual que los tres materiales anteriores, se muestran en la tabla siguiente los valores de  $P_{ppto}$ ,  $C_{ppto}$  y  $C_{real}$  del hormigón equivalente para las obras.

Tabla 5.42: Hormigón: Cubicaciones presupuestadas y real

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	$P_{ppto}$ [UF/ $m^3$ ]	$C_{ppto}$ [ $m^3$ ]	$C_{real}$ [ $m^3$ ]
Vasconia	2016	1,60	1.932	1.979
Echeñique	2015	1,54	2.848	2.770
Caupolicán	2014	1,73	1.685	1.627
Manquehue	2009	1,71	2.078	1.989

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos de la Tabla 5.42, se calculan las desviaciones en las cubicaciones y sus respectivos impactos económicos.

Tabla 5.43: Hormigón: Impacto del error en cubicaciones

<b>Obra</b>	<b>Inicio</b>	PPTO [UF]	$\Delta C$ [plg]	$\Delta C \cdot P_{ppto}$ [UF]	$\Delta C$ [%]	$I_{\Delta C}$ [%]
Vasconia	2016	69.670	46,02	73,64	2,38 %	0,11 %
Echeñique	2015	112.554	-77,63	- 119,34	-2,73 %	-0,11 %
Caupolicán	2014	62.589	-58,34	- 101,14	-3,46 %	-0,16 %
Manquehue	2009	68.268	-89,26	- 152,78	-4,30 %	-0,22 %

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.5. Análisis de resultados

A partir de los datos de las Tablas 5.37, 5.39, 5.41 y 5.43, se obtienen los promedios, para todos los materiales, de las desviaciones en las cantidades y sus respectivos impactos económicos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Se observa en la tabla que el cemento, madera y hormigón sufrieron desviaciones negativas en las cubicaciones, es decir, hubo un ahorro de material, y por consiguiente un ahorro en los costos. El único material que tiene en promedio una desviación positiva es el acero, con un 2,10 % de desviación, implicando un impacto del 0,09 % del presupuesto.

Además, se nota que la madera y el cemento tienen desviaciones de gran magnitud,  $-10,74\%$  y  $-32,72\%$ , respectivamente, y sin embargo los impactos económicos no superan

Tabla 5.44: Desviaciones de cantidades e impactos promedios de todas las obras, según el material

<b>Material</b>	$\overline{\Delta_P}$	$\overline{I_{\Delta_P}}$
Cemento	-10,74 %	-0,02 %
Acero	2,10 %	0,09 %
Madera	-32,72 %	-0,09 %
Hormigón	-2,03 %	-0,10 %

Fuente: Elaboración propia

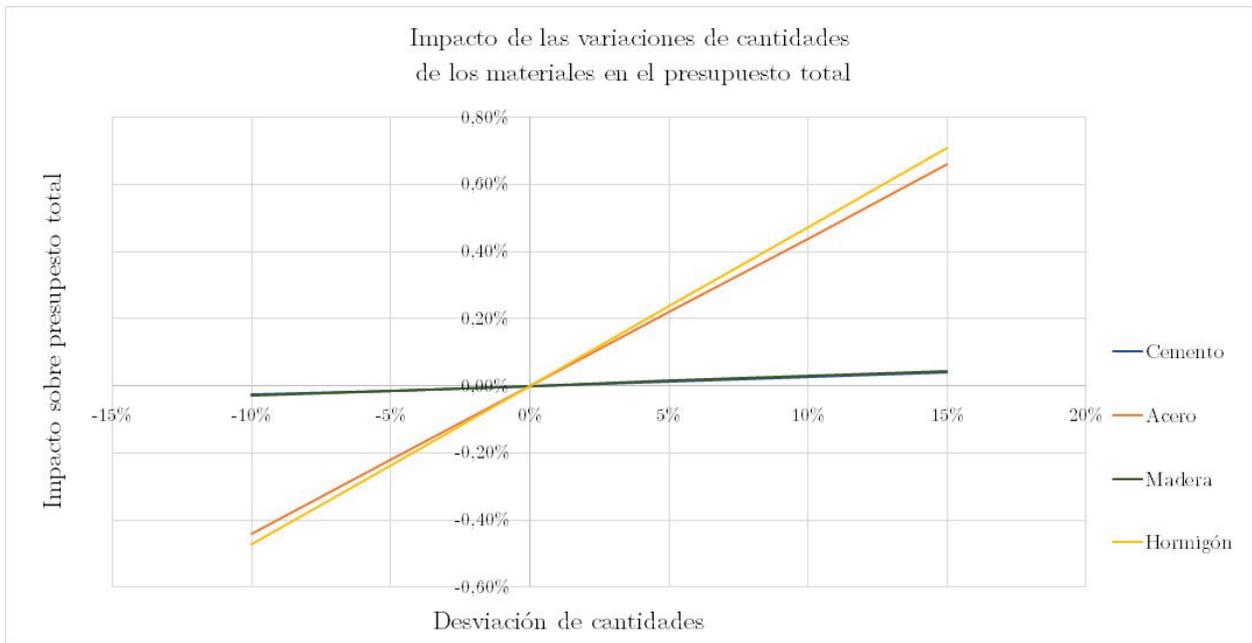
a los alcanzados por el acero y el hormigón, a pesar de que estos últimos tienen variaciones considerablemente menores. Esto da cuenta que las variaciones en las cantidades de la madera y el cemento no afectan de gran medida a los costos de las obras.

Para determinar el impacto de las desviaciones de cada material en el presupuesto total de las obras, se realiza el mismo procedimiento que en la sección 5.3.5, es decir, se determina una función de impacto para cada material. Las ecuaciones que definen cada impacto se muestran en la siguiente tabla y se muestran gráficamente en la Figura 5.12.

Tabla 5.45: Función de impacto de las cubicaciones

<b>Material</b>	<b>Función de Impacto</b>
Cemento	$I_{\Delta_P} = 0,0027 \cdot \Delta_P$
Acero	$I_{\Delta_P} = 0,044 \cdot \Delta_P$
Madera	$I_{\Delta_P} = 0,0029 \cdot \Delta_P$
Hormigón	$I_{\Delta_P} = 0,047 \cdot \Delta_P$

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.12: Impacto de la variación en cubicaciones del cemento, acero, madera y hormigón en el presupuesto total

Con las funciones de impacto determinadas es posible proyectar cuál será el impacto de los materiales según sus variaciones en las cubicaciones.

Como ejemplo, se presenta en la tabla 5.46 el impacto bajo el supuesto de una variación  $\Delta_C = 2\%$  para todos los materiales, utilizando las funciones de la Tabla 5.45. Se obtiene un impacto total  $I_{(\Delta_C=2\%)} = 0,19\%$  sobre el presupuesto.

Tabla 5.46: Ejemplo de impacto. Variación  $\Delta_C = 2\%$

Material	$\Delta_P$	$I_{\Delta_P}$
Cemento	2%	0,01%
Acero	2%	0,09%
Madera	2%	0,01%
Hormigón	2%	0,109%
<b>Suma</b>		<b>0,19%</b>

Fuente: Elaboración propia

# Capítulo 6

## Planes de Respuesta

En este último capítulo se presentan planes de respuesta sugeridos para enfrentar los riesgos estudiados en el Capítulo 5.

Según las metodologías de Gestión de Riesgos estudiadas en el capítulo 2, existen distintas estrategias para enfrentar los riesgos negativos que afectan a un proyecto u contrato. Particularmente, los planes de respuesta sugeridos tienen el objetivo y se condicen con la estrategia de *Mitigar* el riesgo, es decir, reducir la probabilidad de ocurrencia de un evento riesgoso, y por otro lado, reducir el impacto financiero si este llegase a ocurrir.

Es importante destacar que, de acuerdo al alcance de este trabajo de título, sólo se sugieren planes de respuesta para los riesgos y no se desarrollan de una forma más completa, es decir, no se realiza una etapa de Control y Seguimiento como se sugiere en las metodologías en Gestión de Riesgos estudiadas en el Capítulo 2.

A continuación, se presentan en la Tabla 6.1 los planes de respuesta sugeridos para enfrentar los riesgos evaluados.

Tabla 6.1: Planes de respuesta para los riesgos evaluados cuantitativamente

N°	Riesgo	Plan de respuesta
1	Incumplimiento del programa de trabajo	<p><b>1.</b> Crear cartillas de informe diario de avance por cuadrillas, donde se indique claramente el avance diario requerido y se compare con el avance real. De esta manera se puede ir verificando y corrigiendo diariamente el cumplimiento del programa.</p> <p><b>2.</b> Llevar diariamente gráficos de control de avance (con curva teórica y real) con las actividades críticas de la obra. Al apreciarse desviaciones, es posible tomar a tiempo las medidas necesarias para corregir el avance de cada actividad (asignación de mayores recursos, nuevas metodologías, etc.)</p> <p><b>3.</b> Utilizar programas de control de avance como Primavera o Microsoft Project</p> <p><b>4.</b> Implementar sistemas de control de actividades asociadas a Lean Construction como Last Planner</p>
2	Bajo rendimiento de Mano de Obra	<p>1. Con las cartillas de informe diario del punto anterior, es posible detectar las cuadrillas que presenten rendimientos menores a los presupuestados. Si es el caso, se puede hacer un seguimiento sistemático de una o dos semanas seguidos del comportamiento de cada cuadrilla, con cartillas donde se anoten las horas trabajadas y las cantidades de la partida realizadas. Además, con datos sobre los sueldos pagados es posible determinar el factor <math>\Delta_P</math> que indica cuánto debe variar el rendimiento de la MO para no superar los costos presupuestados.</p>

Tabla 6.1: Planes de respuesta para los riesgos evaluados cuantitativamente (Continuación)

N°	Riesgo	Plan de respuesta
		<p>2. Como complemento al punto anterior, las cartillas pueden ser completadas con tiempos perdidos, problemas detectados, demoras por falta de recursos, cumplimiento de metodologías, falta de capacitación, entre otros, con el fin de detectar los problemas que originan la baja de rendimiento y corregirlos. Hay empresas que ofrecen ese servicio (Ej: CDT de la CCHC).</p>
3	Alza en los precios de materiales	<p><b>1.</b> En la etapa de estudio del proyecto, se puede solicitar a los proveedores cartas compromiso de mantener los precios por un tiempo determinado, con acuerdo de exclusividad de compra.</p> <p><b>2.</b> Un eficiente y acucioso sistema de cotizaciones que contemple una gran cantidad de proveedores en la etapa de construcción, puede reducir considerablemente el riesgo de alza de precios.</p> <p><b>3.</b> En caso de materiales que dependan de monedas extranjeras (Ej: Dólar), se pueden tomar seguros de riesgo de cambio y también comprar lo antes posible la cantidad suficiente de esa moneda para cubrir el costo de los materiales a comprar (se debe verificar el costo de financiamiento asociado a esta medida).</p>
4	Trabajos mal realizados	<p><b>1.</b> Los riesgos de trabajos mal realizados se minimizan con un buen sistema de control de calidad, que contemple procedimientos claros y completos, con recepciones y controles sistematizados. La norma ISO 9001 se presenta como una alternativa válida y comúnmente utilizada para estos efectos.</p>

Tabla 6.1: Planes de respuesta para los riesgos evaluados cuantitativamente (Continuación)

N°	Riesgo	Plan de respuesta
		<p><b>2.</b> Un programa de Capacitación de Personal, orientado a mejorar las competencias de los trabajadores en las labores específicas a realizar, reduce el riesgo de tener trabajos mal realizados.</p> <p><b>3.</b> Implementar sistema de mejora continua como Listas de Chequeo para llevar un control exhaustivo antes de la recepción.</p>
5	Error en cubicaciones	<p><b>1.</b> Una cubicación confiable requiere de que sea ejecutada por personal capacitado y con procedimientos sistematizados (cartillas de cubicación). Además deben establecerse protocolos de chequeo y revisión por profesionales distintos al que realiza la cubicación originalmente.</p> <p><b>2.</b> Errores de Cubicaciones también se podrían revertir con revisiones optimizadas de diseño de los elementos que constituyen el edificio. Esto implica gastos adicionales en Proyectistas que se deben comparar con los posibles ahorros en Cubicaciones.</p>

Fuente: Elaboración propia

# Conclusiones y Comentarios

El objetivo general de este trabajo de título es analizar los riesgos que enfrentan las empresas constructoras en la realización de obras de edificación. Mediante una revisión y adaptación de procesos de Análisis de Riesgos, perteneciente a metodologías de Gestión de Riesgos (ver Capítulo 2), este objetivo se cumple de manera satisfactoria a través del desarrollo de los principales procesos, que corresponden a Identificación, Análisis Cualitativo, Análisis Cuantitativo y la elaboración de un Plan de Respuesta a los riesgos. Además, se logra generar funciones matemáticas de los riesgos más relevantes con el objetivo de estimar el impacto financiero que implica su ocurrencia bajo diferentes supuestos.

En el Capítulo 3 se desarrolla la primera etapa correspondiente a la de Identificación. Con la información recopilada, en la Tabla 3.3 se presentan 23 riesgos identificados a través de Entrevistas Semi-estructuradas a profesionales con experiencia y trayectoria en el rubro como principal fuente de información. De acuerdo a la vasta experiencia de los entrevistados, se puede afirmar que los riesgos identificados son representativos de una obra de edificación. Sin embargo, es posible obtener otros riesgos no considerados que responden a situaciones específicas de empresas u obras en particular. Cabe señalar que de las entrevistas a cargos menores no se logró identificar riesgos globales de una obra, sino que sólo problemas específicos que dicen relación con sus trabajos, por lo que no fueron considerados en el presente trabajo. Por otro lado, se destaca que esta identificación puede servir como guía para que empresas constructoras sepan en qué áreas enfocar sus esfuerzos con el fin de obtener un resultado satisfactorio en proyectos similares.

Posteriormente, en el Capítulo 4 se realiza el Análisis Cualitativo de los riesgos a modo de ser clasificados según su importancia. Se levantó una encuesta a 15 profesionales, correspondientes a 5 constructoras del rubro, donde se preguntó, según su criterio, la probabilidad de ocurrencia y el impacto económico de los riesgos identificados. Según la escala de la Matriz

de Riesgos (ver Tabla 4.1) se asigna un nivel de Magnitud a cada riesgo (en función de su probabilidad e impacto), cuyo resultado se presenta en la Tabla 4.2. Los riesgos con mayor Magnitud están asociados a la Programación de la obra, Mano de Obra y Materiales. Considerando la información disponible para realizar un adecuado análisis, se seleccionan 5 riesgos para su cuantificación:

1. Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo.
2. Bajo rendimiento de Mano de Obra.
3. Alza en los precios de materiales.
4. Trabajos mal realizados (reprocesos).
5. Error en cubicación de materiales.

El Capítulo 5 detalla el desarrollo del Análisis Cuantitativo de cada uno de los riesgos seleccionados. Se concluye que el riesgo con mayor influencia en el presupuesto de las obras es *Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo*. Se determina el costo de un día de paralización en el punto 5.1.1 (según la etapa de la obra) y el costo del atraso en el punto 5.1.2. Como ejemplo, los resultados indican que un atraso del 10 % en el plazo original implican un aumento de un 1,81 % en los costos totales.

El segundo riesgo más influyente corresponde a *Bajo rendimiento de Mano de Obra*. La Figura 5.3 muestra gráficamente la influencia de variaciones en los rendimientos de la Mano de obra directa en el presupuesto total. Según los resultados del estudio, con una baja del 10 % en el rendimiento se obtienen sobrecostos de un 0,84 % del presupuesto. Además, en el punto 5.2.2 se muestra el comportamiento de los costos totales reales versus los presupuestados de la Mano de Obra directa para las tres últimas obras realizadas por la empresa.

Los riesgos *Alza en los precios de materiales* y *Error en cubicación* se cuantifican en las secciones 5.3 y 5.5, respectivamente. En ambas se realiza un análisis de las variaciones y el impacto financiero de éstas para las 5 últimas obras de la empresa. Además, se determina la influencia sobre el presupuesto en función de variaciones hipotéticas en las alzas de precio y en errores de cubicación para 4 materiales utilizados (Tablas 5.32 y 5.45, respectivamente). Ambos riesgos influyen de manera similar sobre el presupuesto dado que los costos asociados corresponden a la multiplicación de precios por cantidades ( $P \cdot C$ ). A modo de ejemplo, un alza de un 3 % en los precios de todos los materiales implica un sobre costo de un 0,29 % del presupuesto, mientras que un alza de un 2 % en las cantidades empleadas tienen un sobre

costo de 2,7%. Se muestra además que el acero y el hormigón son los materiales con mayor impacto, siendo hasta 15 veces más influyentes que la madera y el cemento.

El riesgo que presenta menor influencia es el de *Trabajos mal realizados* con una influencia de 0,09% del presupuesto total. Es importante señalar que el análisis de los trabajos mal realizados, sólo corresponde a los últimos períodos de las obras (etapa de Terminaciones), por lo que es esperable que la influencia de los trabajos mal realizados durante toda la obra fuese mayor.

A modo de resumen, se presenta la siguiente tabla que muestra los riesgos evaluados, la sección de estudio, los supuestos considerados, y el efecto económico sobre el presupuesto. Cabe señalar que el riesgo *Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo* se estudia separadamente en *Paralización de la obra* y *Atraso en los plazos*. Además, no se incluye el riesgo *Trabajos mal realizados* pues no se generan funciones matemáticas en su estudio.

Tabla 6.2: Resumen de riesgos estudiados e impactos ante situaciones supuestas

Riesgo	Sección	Supuesto	Impacto Ppto
		Paraliz. 2 días en OG	
Paralización de la obra	5.1.1	Paraliz. 1 día en TER	0,44 %
		Paraliz. 1 día en TER+INST	
Atraso en los plazos	5.1.2	10% de atraso	1,81 %
Bajo Rendimiento MO	5.2.1	Baja de 10% en rendimiento	0,84 %
Alza en precio de materiales	5.3	Alza de 3% en precios	0,29 %
Error en cubicaciones	5.5	Aumento 2%	0,19 %
	<b>Suma</b>		<b>3,57 %</b>

Se observa que la ocurrencia de estos riesgos, bajo los supuestos considerados, tiene un impacto total de 3,57%. Se destaca la gran influencia de *Atrasos en los plazos*, lo que indica que se debe tener especial manejo de este riesgo.

Por otro lado, en el último capítulo de esta memoria, se presentan planes de respuesta para mitigar los riesgos analizados. Éstos pueden ser considerados al momento de estudiar y realizar un manejo de riesgos. Se destaca la importancia de la asignación de responsabilidades

para su tratamiento.

Cabe destacar, que si bien los resultados y conclusiones presentadas corresponden a una empresa y determinadas obras, es posible generalizarlos conceptualmente para servir como guía y establecer órdenes de magnitud para investigaciones de otras obras de edificación.

Finalmente, se espera que este trabajo de título motive a empresas constructoras a realizar una metodología como la expuesta, a fin de estudiar los efectos de los riesgos en obras pasadas y generar planes de respuesta que permitan minimizar los principales riesgos que enfrentan sus obras, y así cumplir con los objetivos de plazos, costos y calidad.

# Bibliografía

1. AL-BAHAR, J. y CRANDALL, C. (1990). *Systematic Risk Management Approach for Construction Projects*. Journal Construction Engineering Management. 116 (3), 533-546.
2. CARR, V. y TAH, J.H.M (2001). *A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction project risk management system*. Advances in Engineering Software. 32, 847-857.
3. CONSEJO DE AUDITORÍA INTERNA GENERAL DE GOBIERNO (2016). *Documento Técnico N70. Implantación, Mantenimiento y Actualización del proceso de Gestión de Riesgos en el sector público*. Recuperado de: [www.auditoriainternadegobierno.gob.cl](http://www.auditoriainternadegobierno.gob.cl).
4. CORFO (2016). *Informe final de Hoja de Ruta del Programa Estratégico Nacional en Productividad y Construcción Sustentable*. Recuperado de <http://www.corfo.cl/sala-de-prensa/noticias/2016/marzo-2016/informe-de-hoja-de-ruta-desarrollado-por-pmg-para-el-programa-construye-2025>.
5. DEL CAÑO, A. y DE LA CRUZ, M. (2002). *Integrated Methodology for Project Risk Management*. Journal Construction Engineering Management. 128 (6), 473-485.
6. DZIADOSZ, A., y REJMENT, M. (2015). *Risk analysis in construction project - chosen methods*. Procedia Engineering. 122, 258-265.
7. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2012). *Gestión del riesgo - Principios y orientaciones. NCh-ISO 31000:2012*. Santiago.
8. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2013). *Gestión del riesgo - Técnicas de evaluación del riesgo. NCh-ISO 31010:2013*. Santiago.
9. KUTSCH, E., y HALL, M. (2010). *Deliberate ignorance in project risk management*. International Journal of Project Management. 8(3), 245-255.
10. LAVIELLE, V. (2016). *Desarrollo de gestión de riesgos en contratos de construcción,*

*bajo el estándar ISO 31000, orientado hacia la calidad y sustentabilidad.* Memoria para optar al título de ingeniería civil. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

11. LEÓN, J.(2013). *Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile.* Recuperado de <http://www.cdt.cl/informe-de-productividad/>.
12. LYON, E. (2016). *Evaluación de riesgos en procesos de estudio de propuesta y ejecución de contratos públicos de obras viales.*Memoria para optar al título de ingeniería civil. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
13. MILLS, A. (2001). *A systematic approach to risk management for construction.* Structural Survey. 16(5), 245-252.
14. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2012). *Project Management Body of Knowledge, PMBOK® Guide.* Quinta Edición. Estados Unidos.
15. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2012). *Construction Extention to the PMBOK® Guide.* Tercera Edición. Estados Unidos.
16. RAZ, T., y MICHAEL, E. (2001). *Use and benefits of tools for project risk management.* International Journal of Project Management. 19(1), 9-17.
17. RODRIGUEZ-DA-SIVLA, L, y CRISPIM, J. (2014). *The Project Risk Management Process, a Preliminary Study.* Procedia Technology. 16, 943-949.
18. SERPELLA, A., et al. (2014). *Risk Management in Construction Projects: A Knowledge-based Approach.* Procedia - Social and Behavioral Sciences. 119, 653-662.
19. TAH, J.H.M, y CARR, V. (2001). *Knowledge-Based Approach to Construction Project Risk Management.* Journal of Computing in Civil Engineering. 15 (3), 170-177.

# Anexos

# Anexo A

## La Empresa

La empresa Constructora COLLICO Ltda. es una empresa dedicada a la gestión y construcción de proyectos inmobiliarios. Es una empresa mediana del sector y socia de la Cámara Chilena de la Construcción.

COLLICO Ltda. construye y vende departamentos entre UF 2.000 hasta UF 4.000, en distintas comunas de Santiago.

La empresa nace en 1986 dedicándose principalmente a constratos de viviendas básicas con el Ministerio de la Vivienda. Posteriormente desde el año 1994 fue evolucionando hacia el sector inmobiliario hasta abandonar completamente el rubro de viviendas básicas y llegar a su situación actual.

Las crecientes exigencias de los mercados, entre los cuales se incluye la industria de la construcción, ha llevado a la empresa a evaluar diferentes estrategias que le permitan competir en el rubro inmobiliario a mayor escala y lograr una ventaja competitiva sustentable. En los últimos años, COLLICO ha tenido una tasa de crecimiento de un 10% anual, medido en ventas netas. Cuenta con alrededor de 100 trabajadores y presenta un nivel de facturación anual aproximado de UF 120.000.

Los 5 últimos edificios construidos por la empresa, y que son objeto de estudio para esta memoria son los siguientes:

Tabla A.1: Edificios construidos por la empresa Collico

Obra	N°Pisos	N°Deptos	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Año de Inicio	Presupuesto [UF]
Vasconia	6	33	3.488,36	2016	69.670
Echeñique	5	31	5.187,78	2015	112.554
Caupolicán	7	30	3.371,81	2014	62.589
Manquehue	7	23	4.415,68	2008	68.268
Villaseca	8	44	4.183,07	2006	59.388

Fuente: Elaboración propia

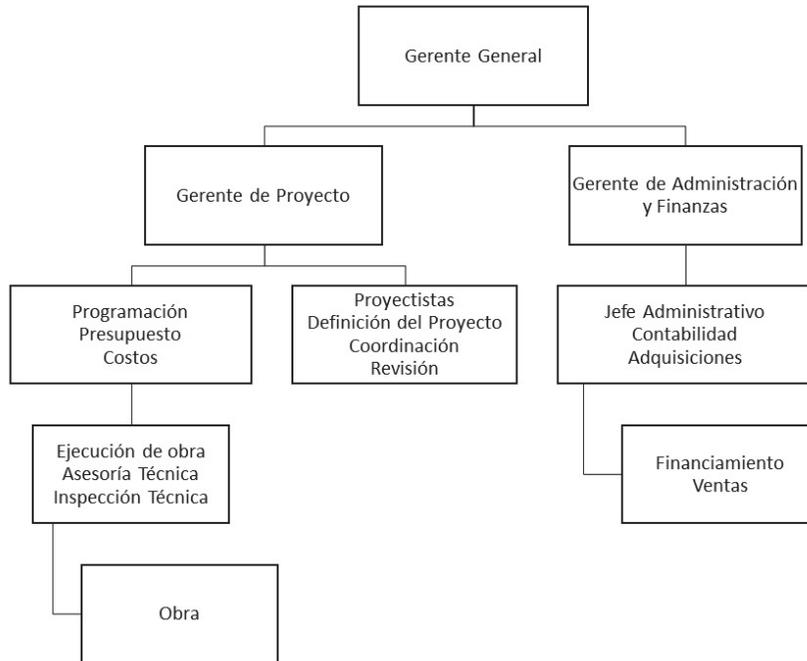
## A.1. Estructura Organizacional

La estructura organizacional consta de un Gerente General, un Gerente de Administración y Finanzas y personal de apoyo en ventas y adquisiciones.

Para la realización de cada obra la empresa contrata el personal administrativo y técnico (profesionales, trabajadores, subcontratistas) que ejecutará el trabajo, y los vendedores.

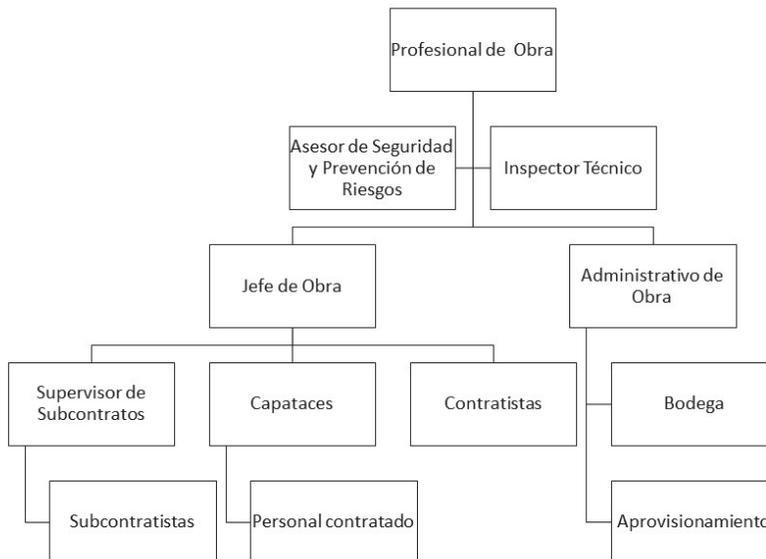
El Gerente General realiza durante la etapa de proyecto las funciones de Gerente de Proyecto, que continúa durante la etapa de construcción llevando el control de costos, programación, asesoría y supervisión técnica.

Las Figuras A.1 y A.2 presentan los organigramas de la empresa y de la Obra de Construcción, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia

Figura A.1: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

Figura A.2: Organigrama de la Obra de Contrucción

# Anexo B

## Técnicas de evaluación de riesgos

En el presente anexo se presentan las técnicas y herramientas empleadas para las etapas de Identificación y Análisis Cualitativo, éstas corresponden a Entrevistas Semiestructuradas y Matriz de Probabilidad/Impacto, respectivamente. Las técnicas pertenecen y se detallan en la norma NCh ISO 31010 y en la guía PMBOK.

### B.1. Entrevistas Semiestructuradas

Esta técnica se utiliza en la etapa de Identificación de riesgos. La norma NCh ISO 31010 la cataloga como *Muy Aplicable* para reconocer los eventos que podrían afectar a los objetivos de un proyecto.

#### B.1.1. Presentación

En una entrevista semiestructurada, los entrevistados son sometidos a un conjunto de preguntas previamente preparadas a partir de un hoja de indicaciones, que estimulan al entrevistado a ver la situación desde una perspectiva diferente, y por tanto a indentificar los riesgos desde esta perspectiva. A diferencia de las entrevistas estructuradas, la Semi estructurada permite más libertad para mantener una conversación con objeto de examinar los temas a tratar.

### **B.1.2. Utilización**

Esta técnica es útil cuando es difícil reunir a las personas para una sesión de Tormenta de ideas o cuando un debate fluido en grupo no es apropiado para la situación. Se puede realizar en cualquier etapa de un proyecto o proceso y constituyen un medio de proporcionar una entrada para la evaluación del riesgo a las partes interesadas.

### **B.1.3. Elementos de entradas**

Las entradas incluyen:

- Una definición clara de los objetivos de las entrevistas;
- Una lista de entrevistados que se seleccionan de las partes interesadas;
- Un conjunto de preguntas preparadas.

### **B.1.4. Proceso**

Se establece un conjunto de preguntas pertinentes para que sirva de guía al entrevistador. Siempre que sea posible, las preguntas deben ser abiertas y onretas, sencillas, formuladas en un lenguaje apropiado al entrevistado, y relacionadas únicamente con el asunto. Se debe tener cuidado de no influenciar al entrevistado. Las respuestas se deben considerar con cierto grado de flexibilidad, a fin de dar la oportunidad de que se exploren áreas en las que el entrevistado quiera entrar.

### **B.1.5. Resultados**

Los resultados son las opiniones de las partes interesadas sobre los temas de las entrevistas.

### **B.1.6. Fortalezas y limitaciones**

Las fortalezas son las siguientes:

- Dan tiempo a las personas para que consideren la idea sobre un asunto;
- Las comunicaciones uno a uno pueden permitir una consideración más profunda del asunto;
- Permiten la implicación de un mayor número de partes interesadas que la técnica de Tormenta de ideas, que sólo utiliza un grupo relativamente pequeño.

Las limitaciones son las siguientes:

- El tiempo que emplea el coordinador para obtener las múltiples opiniones de los entrevistados;
- La desviación se tolera y no se elimina a través del debate en grupo;
- Es posible que no se consiga la provocación de la imaginación, que es una característica de la tormenta de ideas.

## **B.2. Matriz de Probabilidad/Impacto**

La Matriz de Probabilidad/Impacto se utiliza en el Análisis Cualitativo de los riesgos. De igual modo que la técnica anterior, la norma NCh ISO 31010 la cataloga como *Muy Aplicable* para realizar este tipo de análisis.

### **B.2.1. Presentación**

La matriz de consecuencias/probabilidad es un medio de combinar clasificaciones cualitativas o semicuantitativas de consecuencia y probabilidad para producir un nivel de riesgo o una clasificación del riesgo. El formato de la matriz y las definiciones que se apliquen dependen del contexto en el que se utiliza, y es importante que se utilice un diseño apropiado a las circunstancias.

### **B.2.2. Utilización**

La matriz de consecuencia/probabilidad se utiliza para jerarquizar riesgos, orígenes de riesgo o tratamientos del riesgo sobre la base del nivel de riesgo. Normalmente, se utiliza

como una herramienta de filtrado cuando se han identificado muchos riesgos, por ejemplo, para definir cuáles son los riesgos que necesitan análisis adicionales o más detallados, cuáles son los que se han de tratar primero, o cuáles se han de referenciar a un nivel de gestión más elevado. También se puede utilizar para seleccionar los riesgos que no es necesario considerar en ese momento. El tipo de matriz de riesgo también se utiliza con mucha frecuencia para determinar si un riesgo dado es ampliamente aceptable o no aceptable, en función de la zona donde se localice sobre la matriz.

La matriz de consecuencia/probabilidad también se puede utilizar para ayudar a que toda la organización participe en la comprensión común de los niveles cualitativos de riesgos.

### **B.2.3. Elementos de entradas**

Los elementos de entrada al proceso son escalas personalizadas de la consecuencia y de la probabilidad, y una matriz que combina las dos.

La escala (o escalas) de consecuencia debería cubrir la gama de diferentes tipos de consecuencia a considerar y se debería extender desde la consecuencia máxima verosímil hasta la consecuencia más baja de interés.

La escala puede tener cualquier número de puntos. Las escalas más comunes son las de 3, 4 ó 5 puntos. La escala de probabilidad también puede tener cualquier número de puntos. Las definiciones de la probabilidad se deben seleccionar de manera que sean lo menos ambiguas posible.

La matriz se dibuja con la consecuencia representada sobre un eje de coordenadas y la probabilidad sobre el otro eje.

Los niveles de riesgo asignado a las celdas dependerán de las definiciones de las escalas de probabilidad/consecuencia.

## **B.2.4. Proceso**

Para clasificar jerárquicamente los riesgos, el usuario en primer lugar localiza el descriptor de la consecuencia que mejor se adapta a la situación, después define la probabilidad con la que ocurrirán estas consecuencias. A continuación, de la matriz deduce el nivel de riesgo.

## **B.2.5. Resultados**

Los resultados son una clasificación de cada riesgo o una lista jerarquizada de riesgo con niveles de importancia definidos.

## **B.2.6. Fortalezas y limitaciones**

Las fortalezas son las siguientes:

- Es relativamente fácil de utilizar;
- Proporciona una clasificación jerarquizada rápida de los riesgos con diferentes niveles de importancia.

Las limitaciones son las siguientes:

- La matriz se debería diseñar de manera que sea apropiada a las circunstancias, por lo que en una organización puede ser difícil disponer de un sistema común que se aplique a una gama de circunstancias importantes;
- Es difícil definir escalas que no sean ambiguas;
- Su utilización es muy subjetiva, y por tanto pueden existir variaciones significativas entre los clasificadores;
- Es difícil combinar o comparar el nivel de riesgo para categorías diferentes de consecuencias.

# Anexo C

## Notas de las entrevistas

En el siguiente anexo se muestran las notas de las entrevistas realizadas a 5 profesional con experiencia en el rubro y por las cuales se logró identificar los riesgos presentados en el Capítulo 3. Todos los entrevistados pertenecen a empresas diferentes y de distintos tamaños (ver Tabla 3.2). En general, las entrevistas tuvieron una duración de 1 hora aproximada y consistían en validar los riesgos identificados anteriormente y reconocer nuevos.

### C.1. Entrevista 1

Juan Carlos Caballero trabaja como Ingeniero de Obra de la empresa Collico. De la entrevista se mencionaron los siguientes riesgos:

- **Alza en los precios de materiales:** Se comenta sobre el impacto económico que pueden tener las diferencias de precios entre lo presupuestado y lo realmente pagado. En particular, se menciona el alza de precios del fierro ocurrida en el 2009, donde el precio de kilogramo subió de *CLP*\$400 a \$750 aproximadamente. Esta alza afectó considerablemente una de sus obras, con un impacto del 3% en el presupuesto total de la obra. Se menciona además que algunas empresas tuvieron que paralizar sus obras hasta que la crisis terminara.
- **Desastres naturales:** Se menciona sobre el efecto de terremotos en las obras, pues en algunos casos puede dañar elementos que posteriormente se deben rehacer. Sin em-

bargo, no es un riesgo que tenga mayor impacto. También se comenta sobre el efecto en las ventas de los departamentos que el terremoto del año 2010 provocó. Durante los primeros 6 meses a partir de febrero del 2010, la velocidad de ventas cayó significativamente. Desde este punto de vista, el riesgo pertenece a la inmobiliaria encargada del proyecto y no a la constructora.

- **Problemas meteorológicos:** Se comenta sobre la interrupción de la obra que podría causar un día de lluvia intensa. En general, este riesgo se podría manifestar sólo en las primeras etapas de la obra (Excavaciones u Obra Gruesa) pues cuando la obra ya está avanzada se pueden realizar otros trabajos adentro de la edificación.
- **Trabajos mal realizados:** Se menciona que este riesgo es muy frecuente pues constantemente se cometen errores, por lo generalmente humanos, que conllevan a que los trabajos deban realizarse nuevamente (reprocesos), y por lo tanto, sobre costos. Es importante realizar un seguimiento de los trabajos mal realizados pues así, se pueden reconocer patrones o errores repetitivos para que se logre una mejora. Como ejemplo, se pueden cambiar las tecnologías utilizadas cuando un error es repetitivo. Sin embargo, se comenta que no se tiene un registro sobre este riesgo, por ende, no se puede realizar una cuantificación del efecto económico de éste. Se menciona que una forma de conocer algunos trabajos mal realizados es estudiar los reclamos post-venta que hacen los compradores de los departamentos, aunque sólo pertenezcan a trabajos mal realizados en las últimas etapas de la obra.
- **Error en las cubicaciones de los materiales:** Este es un riesgo bastante común pues las cantidades realmente empleadas de un material por lo general difieren a las presupuestadas. Se comenta que en algunas ocasiones las fundaciones deben ser más grandes que lo presupuestado por las condiciones del suelo en que se emplaza la obra, ocupándose así, una mayor cantidad de hormigón. También se señala que el fierro sufre pérdidas debido que las barras deben cortarse para cumplir de manera correcta con las especificaciones. Este riesgo puede llegar a tener un gran impacto en los costos de las obras.
- **Robos:** Se comenta que este riesgo es una práctica que se manifiesta prácticamente siempre en todas las obras. Se señala que un buen sistema de control en bodega puede reducir el efecto. Sin embargo, llevar un control riguroso de todos los elementos y materiales de las obras puede tener un costo mayor que los robos propiamente tal, debido que por lo general, son elementos como palas, baldes, cascos, entre otros, los

que desaparecen en las obras.

- **Bajo rendimiento de la Mano de Obra:** Se menciona sobre las dificultades de estimar correctamente el rendimiento de la Mano de Obra pues al parecer no existe un mecanismo o método lo suficientemente preciso para conocer el rendimiento. Se comenta que por lo general siempre se tienen rendimientos menores a lo presupuestado.

## C.2. Entrevista 2

José Molina es el Gerente General de la empresa Molina Morel. De la entrevista se rescatan los siguientes riesgos:

- **Diferencias entre especificaciones y planos de las especialidades:** Se menciona la importancia de compatibilizar los planos de las diferentes especialidades, sobre todo las relacionadas a terminaciones. Con una buena coordinación es posible evitar problemas posteriores. Es importante que tanto el arquitecto como el ingeniero calculista se comuniquen constantemente para que no se manifieste este riesgo. Los costos de este riesgo podrían ser considerablemente altos. Además se comenta la responsabilidad del jefe de obra, pues debe verificar si los elementos o trabajos realizados están acorde a los planos.
- **Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo:** Se destaca que este riesgo podría ser uno de los más frecuentes y los que mayor costos tiene asociados. Las constructoras tienen plazos acotados y de no ser cumplidos, además de pagar las multas correspondientes, se tiene un sobre costo asociado a los Gastos Generales que se deben pagar en los plazos no considerados en el presupuesto. Se destaca la importancia de realizar una correcta programación, y un control y seguimiento apropiado. Por otro lado, se comenta que los programas podrían no cumplirse por paralizaciones de obra producto de diferentes factores.
- **Accidentes laborales:** Se menciona la gran importancia de este riesgo, pues en algunas ocasiones puede terminar con la muerte de algún trabajador. Por lo mismo, es necesario contar con todos los equipamientos pertinentes y un correcto trabajo por parte de los prevencionistas de riesgos. Desde el punto de vista económico, se comenta que ante un accidente grave y con clara responsabilidad de la empresa, una obra podría estar

paralizada por hasta 3 meses, lo que podría atrasar la obra considerablemente, con sobre costos asociados. Además se menciona sobre la obligación que tienen las empresas de contratar un seguro de acuerdo a la ley 16.744 de Accidentes Laborales y Enfermedades Profesionales.

- **Falta de entrenamiento o capacitación:** Este riesgo es aquel donde el personal no cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para una correcta realización de los trabajos, y por tanto, los rendimientos podrían verse afectados. Se menciona que en su empresa constantemente se envían a los trabajadores a cursos o institutos para capacitarlos.
- **Poca disponibilidad de la Mano de Obra:** Se menciona que este riesgo depende de los ciclo del mercado de la minería en nuestro país. Como ejemplo, se comenta que en el año 2013 hubo un "boom" de la minería y que fue sumamente difícil encontrar Mano de Obra en sus proyectos y que en caso de encontrar, los precios que debían pagar eran mucho mayores. Además, se menciona que en ese período, muchas empresas no pudieron cumplir con sus plazos debido a la escasez de Mano de Obra.
- **Desempeño deficiente de los subcontratistas:** Se comenta que este riesgo es más probable de ocurrir cuando se trabaja con subcontratistas nuevos. Por lo mismo, es común trabajar con empresas subcontratistas ya conocidas, de este modo, el riesgo es casi nulo.

### C.3. Entrevista 3

Julio Castillo trabaja como Gerente de Operaciones de la empresa DLP. De la entrevista se mencionaron los siguientes riesgos:

- **Competencias laborales deficientes:** Se comenta la importancia de que los profesionales cuenten con los conocimientos técnicos-contractuales correspondientes y con habilidades blandas para un correcto desarrollo de la obra. Es importante que los profesionales manejen de manera apropiada la formalidad de la obra y que sean rigurosos en todos los procedimientos. Es un riesgo frecuente pero sin mayor efecto económico.
- **Cambios en la organización:** Corresponde al riesgo de que cambios de profesionales o encargados dentro de la obra dificulten el correcto desarrollo de los trabajos. Se comenta

que es un riesgo con poco impacto pues por lo general no hay cambios de todo un equipo de trabajo sino que de uno o dos cargos.

- **Diferencias en criterios de aceptación por parte de la Inspección:** Se comenta que no siempre los criterios de aceptación son estrictamente técnicos, y que por lo tanto, están sujetos a la evaluación de la inspección. Se menciona que en obras de montaje (como supermercados) los criterios son menos rigurosos que en obras de edificación.

## C.4. Entrevista 4

Fernando Vial se desempeña como Gerente General de la empresa El Cerro. De la entrevista se rescatan los siguientes riesgos:

- **Interferencia de la vecindad en la obra:** Se comenta sobre la posibilidad de que existan multas por parte de las instituciones fiscalizadoras o Municipios por reclamos de vecinos por trabajos fuera de los horarios establecidos o por tratar de oponerse a la construcción (dependiendo de dónde está emplazada la obra). Se menciona que en ocasiones, camiones con hormigón pueden llegar atrasados y que económicamente es preferible aceptar la multa por trabajos fuera de horario a tener que perder el hormigón recién llegado. Además, se comenta la vecindad puede presentar reclamos porque la salida de camiones de la obra puede ensuciar las calles.
- **Daños a edificaciones colindantes o terceros:** Se mencionan las dificultades que algunas obras tienen por los espacios limitados que se tienen para los trabajos. En algunas ocasiones pueden caer materiales o polvo a las edificaciones colindantes, lo que puede terminar en multas. Además se comenta que vehículos que se encuentran próximos a las salidas o entradas de la obra pueden resultar dañados por los camiones hormigoneros o de remoción de escombros.
- **Dificultades para cumplir el Plan Medioambiental:** En algunas ocasiones, los permisos medioambientales no se aprueban en los plazos estipulados, generando atrasos en la obra. También se señala que algunas restricciones pueden llegar a ser bastantes rigurosas como procurar no dañar árboles que estén cercanos a las obras. Es un riesgo poco frecuente con poco impacto económico.

- **Errores en la mecánica de suelos:** Este riesgo dice relación a que las propiedades del suelo en las excavaciones no cumple con las especificaciones necesarias. En algunos casos, cuando esto ocurre, se debe realizar una excavación más profunda, la que tiene un sobre costo por maquinaria especializada, además del atraso mismo de la partida de excavaciones.

## C.5. Entrevista 5

Rafel Correa es el Gerente General de la empresa Compax. De la entrevista se rescatan los siguientes riesgos.

- **Poca disponibilidad de equipos:** Dice relación a la incapacidad de contar con los equipos necesarios para realizar un trabajo. Se comenta que es un riesgo con baja probabilidad de ocurrencia y que puede manifestarse en casos en que se esté implementando una nueva tecnología. Los costos asociados a este riesgo también son bajos.
- **Bajo rendimiento de equipos:** Se comenta que los equipos de arriendo podrían trabajar de manera deficiente y que deban ser reemplazados por otros. Es costo de este riesgo es menor pues el equipo es de responsabilidad de la empresa encargada del arriendo. Sin embargo, si la reposición de los equipos tarda más de lo esperado, podrían generarse atrasos en los plazos.
- **Mala calidad de los materiales:** Al igual que el riesgo anterior, cuando los materiales no presentan las propiedades indicadas en las especificaciones, deben ser devueltos o utilizados en otras partidas. Es un riesgo poco frecuente, sin mayor costo asociado.

# Anexo D

## Resultados de las encuestas

En el presente Anexo se muestran los resultados de todos los encuestados. En las Tablas D.1, D.2, D.3 y D.4 se exhiben los resultados de la probabilidad de ocurrencia (P) e impacto (I), seguidos de la Magnitud (M), entendida como el producto de los factores anteriores (ver Capítulo 2).

Los valores en cada tabla corresponden a los niveles definidos según la Tabla 4.1.

A continuación se presentan los resultados de los encuestados del 1 al 4.

Tabla D.1: Resultados de las encuestas. Encuestado 1 - 4

Riesgo	Encuestado											
	1			2			3			4		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Alza en los precios de materiales	3	1	3	3	2	6	4	2	8	3	2	6
Desastres naturales	2	1	2	2	4	8	3	1	3	2	4	8
Cambios en la organización	2	1	2	3	2	6	2	1	2	2	1	2
Competencias laborales deficientes	3	1	3	2	3	6	2	4	8	4	2	8
Dificultades para cumplir el Plan Medio Ambiental	2	1	2	4	3	12	2	1	2	4	1	4
Diferencias en criterios de aceptación de los trabajos por parte de la Inspección	3	1	3	3	1	3	3	1	3	4	1	4

Tabla D.1: Resultados de las encuestas. Encuestado 1 -  
4 (Continuación)

Riesgo	Encuestado											
	1			2			3			4		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Diferencias entre especificaciones y planos de las especialidades	4	1	4	5	2	10	3	2	6	4	2	8
Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	4	2	8	4	3	12	3	2	6	5	2	10
Interferencia de la vecindad en la obra	3	1	3	4	4	16	3	1	3	3	1	3
Problemas meteorológicos	2	1	2	3	2	6	3	1	3	4	2	8
Accidentes Laborales	2	2	4	3	4	12	2	3	6	4	3	12
Trabajos mal realizados	3	1	3	4	1	4	2	2	4	5	2	10
Falta de entrenamiento o capacitación	4	1	4	4	1	4	2	2	4	5	2	10
Poca disponibilidad de mano de obra	3	2	6	3	3	9	3	3	9	5	4	20
Bajo rendimiento de Mano de Obra	3	1	3	5	2	10	3	2	6	5	3	15
Poca disponibilidad de equipos	2	1	2	2	2	4	2	2	4	3	2	6
Bajo rendimiento de equipos	2	1	2	2	2	4	2	2	4	2	2	4
Mala calidad de los materiales	1	1	1	2	1	2	1	3	3	2	4	8
Error en la cubicación de materiales	2	1	2	4	2	8	2	2	4	3	2	6
Robos	3	1	3	3	1	3	4	1	4	4	1	4
Errores en la mecánica de suelo	1	2	2	2	4	8	1	4	4	2	4	8
Daños a edificaciones o terceros colindantes	1	2	2	3	4	12	2	2	4	3	1	3
Desempeño deficiente de los subcontratistas	2	2	4	4	2	8	3	2	6	3	2	6

A continuación se presentan los resultados de los encuestados del 5 al 8.

Tabla D.2: Resultados de las encuestas. Encuestado 5 - 8

Riesgo	Encuestado											
	5			6			7			8		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Alza en los precios de materiales	3	3	9	3	2	6	4	2	8	4	4	16
Desastres naturales	2	4	8	1	4	4	2	3	6	3	1	3
Cambios en la organización	3	3	9	3	2	6	4	1	4	5	2	10
Competencias laborales deficientes	4	3	12	4	3	12	3	2	6	5	2	10
Dificultades para cumplir el Plan Medio Ambiental	3	3	9	3	2	6	3	1	3	2	2	4
Diferencias en criterios de aceptación de los trabajos por parte de la Inspección	2	2	4	4	2	8	4	3	12	3	3	9
Diferencias entre especificaciones y planos de las especialidades	3	2	6	3	3	9	5	3	15	5	3	15
Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	3	3	9	3	3	9	5	2	10	5	3	15
Interferencia de la vecindad en la obra	5	4	20	3	2	6	3	1	3	2	1	2
Problemas meteorológicos	3	1	3	3	2	6	2	2	4	2	1	2
Accidentes Laborales	3	4	12	2	2	4	3	4	12	2	2	4
Trabajos mal realizados	2	3	6	4	3	12	4	3	12	5	4	20
Falta de entrenamiento o capacitación	4	2	8	4	4	16	3	2	6	4	2	8
Poca disponibilidad de mano de obra	3	3	9	3	3	9	2	3	6	2	2	4
Bajo rendimiento de Mano de Obra	3	2	6	3	3	9	4	2	8	3	3	9
Poca disponibilidad de equipos	2	2	4	2	3	6	2	2	4	1	1	1
Bajo rendimiento de equipos	3	2	6	2	3	6	3	2	6	2	3	6
Mala calidad de los materiales	2	3	6	1	4	4	2	1	2	1	1	1
Error en la cubicación de materiales	2	2	4	2	4	8	4	2	8	3	4	12
Robos	3	2	6	2	3	6	3	2	6	4	2	8
Errores en la mecánica de suelo	2	3	6	3	4	12	2	3	6	1	1	1
Daños a edificaciones o terceros colindantes	3	4	12	3	3	9	2	2	4	2	1	2

Tabla D.2: Resultados de las encuestas. Encuestado 5 - 8  
(Continuación)

Riesgo	Encuestado											
	5			6			7			8		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Desempeño deficiente de los subcontratistas	3	3	9	4	3	12	3	3	9	5	4	20

A continuación se presentan los resultados de los encuestados del 9 al 12.

Tabla D.3: Resultados de las encuestas. Encuestado 9 - 12

Riesgo	Encuestado											
	9			10			11			12		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Alza en los precios de materiales	3	2	6	4	3	12	4	3	12	3	2	6
Desastres naturales	1	3	3	2	3	6	2	3	6	2	2	4
Cambios en la organización	2	1	2	1	1	1	3	2	6	2	1	2
Competencias laborales deficientes	3	1	3	3	2	6	3	2	6	4	3	12
Dificultades para cumplir el Plan Medio Ambiental	2	1	2	1	2	2	3	2	6	2	1	2
Diferencias en criterios de aceptación de los trabajos por parte de la Inspección	2	2	4	4	2	8	4	1	4	2	2	4
Diferencias entre especificaciones y planos de las especialidades	3	1	3	4	3	12	3	2	6	4	3	12
Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	3	2	6	5	3	15	4	3	12	5	2	10
Interferencia de la vecindad en la obra	2	2	4	1	2	2	3	2	6	2	1	2
Problemas meteorológicos	2	2	4	1	2	2	2	2	4	3	1	3
Accidentes Laborales	2	3	6	1	2	2	4	3	12	1	4	4
Trabajos mal realizados	2	2	4	3	2	6	3	2	6	4	3	12

Tabla D.3: Resultados de las encuestas. Encuestado 9 -  
12 (Continuación)

Riesgo	Encuestado											
	9			10			11			12		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Falta de entrenamiento o capacitación	2	1	2	3	3	9	5	2	10	3	2	6
Poca disponibilidad de mano de obra	2	3	6	4	3	12	3	3	9	4	4	16
Bajo rendimiento de Mano de Obra	3	3	9	5	4	20	4	3	12	5	2	10
Poca disponibilidad de equipos	2	2	4	1	2	2	3	2	6	2	1	2
Bajo rendimiento de equipos	2	2	4	1	1	1	2	2	4	3	1	3
Mala calidad de los materiales	2	3	6	3	1	3	2	3	6	1	1	1
Error en la cubicación de materiales	2	2	4	4	4	16	2	2	4	3	3	9
Robos	2	2	4	5	1	5	3	1	3	4	1	4
Errores en la mecánica de suelo	1	3	3	3	3	9	2	3	6	1	4	4
Daños a edificaciones o terceros colindantes	1	3	3	1	2	2	2	2	4	2	3	6
Desempeño deficiente de los subcontratistas	2	2	4	4	2	8	3	3	9	4	4	16

A continuación se presentan los resultados de los encuestados del 13 al 15.

Tabla D.4: Resultados de las encuestas. Encuestado 13 -  
15

Riesgo	Encuestado								
	13			14			15		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Alza en los precios de materiales	3	2	6	4	3	12	3	2	6
Desastres naturales	1	3	3	3	4	12	2	2	4
Cambios en la organización	2	2	4	3	2	6	3	1	3
Competencias laborales deficientes	3	3	9	3	2	6	4	2	8

Tabla D.4: Resultados de las encuestas. Encuestado 13 -  
15 (Continuación)

Riesgo	Encuestado								
	13			14			15		
	P	I	M	P	I	M	P	I	M
Dificultades para cumplir el Plan Medio Ambiental	2	2	4	3	2	6	3	1	3
Diferencias en criterios de aceptación de los trabajos por parte de la Inspección	3	1	3	4	2	8	3	3	9
Diferencias entre especificaciones y planos de las especialidades	4	3	12	3	2	6	5	1	5
Incumplimiento del programa semanal o mensual de trabajo	3	3	9	3	3	9	5	2	10
Interferencia de la vecindad en la obra	4	3	12	3	2	6	3	2	6
Problemas meteorológicos	2	2	4	3	1	3	3	2	6
Accidentes Laborales	3	2	6	2	2	4	2	3	6
Trabajos mal realizados	2	3	6	4	2	8	4	2	8
Falta de entrenamiento o capacitación	4	1	4	2	3	6	3	2	6
Poca disponibilidad de mano de obra	3	3	9	2	2	4	3	3	9
Bajo rendimiento de Mano de Obra	3	3	9	4	2	8	3	3	9
Poca disponibilidad de equipos	2	3	6	1	2	2	2	2	4
Bajo rendimiento de equipos	1	3	3	3	2	6	2	2	4
Mala calidad de los materiales	2	2	4	2	2	4	1	3	3
Error en la cubicación de materiales	2	1	2	4	2	8	3	4	12
Robos	5	3	15	2	2	4	3	1	3
Errores en la mecánica de suelo	3	2	6	2	4	8	1	3	3
Daños a edificaciones o terceros colindantes	3	4	12	2	2	4	1	1	1
Desempeño deficiente de los subcontratistas	5	2	10	2	1	2	3	3	9