



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

PROPUESTA DE MEJORA PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA PRE- INVERSIONAL DE UN PROYECTO MINERO UTILIZANDO EL ENFOQUE LEAN MANAGEMENT

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

NATACHA ISABEL SOCÍAS SALAS

PROFESOR GUÍA:

GERARDO DÍAZ RODENA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

RAÚL URIBE DARRIGRANDI

SEBASTIÁN CONDE DONOSO

SANTIAGO DE CHILE

2017

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE:** Ingeniera Civil Industrial
POR: Natacha Isabel Socías Salas
AÑO: 2017
PROFESOR GUÍA: Gerardo Díaz Rodena

PROPUESTA DE MEJORA PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA PRE-INVERSIONAL DE UN PROYECTO MINERO UTILIZANDO EL ENFOQUE LEAN MANAGEMENT

En la actualidad, la minería se ve enfrentada a un escenario crítico debido a la caída en el precio del cobre; menores rendimientos del mineral; agotamiento de recursos explotables y una fuerte baja de la productividad. Ante tal situación, Codelco, Corporación Nacional del Cobre de Chile, ha declarado iniciar un proceso transformador en sus procesos operacionales mediante la utilización de la filosofía Lean, filosofía que identifica las actividades que generan valor y elimina o disminuye las que no lo aporten, consideradas desperdicios.

Codelco, mediante los servicios de Boston Consulting Group ha identificado los procesos críticos sobre los cuales influir para obtener la productividad deseada, siendo uno de éstos el desarrollo de ingeniería pre-inversional, proceso a cargo de la Vicepresidencia de Proyectos. Es en este punto donde surge la motivación por realizar este trabajo, con el objetivo de proponer mejoras sobre el desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad, una de las etapas más críticas dentro del desarrollo de ingeniería pre-inversional porque establece las bases del futuro proyecto en construcción. Además, la literatura ha demostrado que buenas decisiones y definiciones en etapas conceptuales generan un gran impacto en el cumplimiento del presupuesto y manejo ante las posibles dificultades en la ejecución del proyecto.

Para lograr el objetivo se ha considerado el estudio de bibliografía que incorpore herramientas de diseño, control y gestión de la filosofía Lean Management. Además, se analiza un caso de estudio de un proyecto minero, con el fin de levantar las principales problemáticas en el desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad. El caso de estudio corresponde al proyecto Aumento de Capacidad de Tranque de Relaves de Talabre, tranque encargado de recibir los relaves de las Divisiones: Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales.

Del caso estudiado, se realiza un diagnóstico de problemas, donde se obtienen las 2 problemáticas más relevantes dado un análisis de riesgos mediante la realización de una Matriz de Riesgos. Estas problemáticas corresponden a: falta de definiciones y estándares claves al inicio del proyecto y reuniones poco efectivas, las cuales son abordadas en la propuesta final del presente trabajo mediante el diseño de 2 herramientas basadas en la filosofía Lean Management: BEAM y Obeya Room. Estas herramientas ayudan a generar una mejor gestión integral del proyecto y son posibles de aplicar y adaptar a cualquier tipo de proyecto, con su respectiva actualización de información dada a la naturaleza del negocio.

Finalmente, se proponen ciertas recomendaciones para lograr un cambio organizacional que lleve hacia una mejora en la productividad mediante la aplicación de herramientas de la Filosofía Lean Management, el cual está altamente determinado por la existencia de agentes de cambio, personas con conocimientos de las herramientas Lean, que sean capaces de motivar el cambio en la cultura organizacional, y promover la mejora continua.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a mis padres y mi familia, que siempre confiaron en mí y me alentaron a luchar por cosas que ni yo pensaba posible. Gracias a mi papá por sus interminables esfuerzos en una familia de 6 personas; a mi mamá por toda su compañía y ayuda en mis largas noches de estudio, ella siempre estuvo allí preocupada de que no me faltara nada para poder estudiar y alentándome con cariños o rica comida de mamá; a mi hermano Nelson por sus consejos profesionales, por trazar mi camino y ayudarme siempre a buscar ser la “cola de león”; a mi hermano Miguel por estar ahí cuando necesitaba su ayuda; y a mi pequeño y regalón hermano Nicolás por su compañía constante, sus chistes, su ayuda y ser mi alarma-humana durante muchos días. El sueño de mi vida y de mi familia, fue verme convertida en ingeniera y hoy por fin puedo culminar esta etapa tan importante en mi vida.

Agradecida al amor de mi vida, mi Nata, sin él este trabajo de título no hubiera sido posible, él me alentó en mis momentos más difíciles y me brindó los mejores consejos en mis momentos de duda. Él siempre ha estado ahí, acompañame en estos 6 años de ingeniería y más aún, en este último año del Trabajo de Título. Él es el coautor principal de todo mi trabajo y sin lugar a duda, el mejor compañero que podría haber escogido.

Agradecida de mis amigos de la Universidad: Marta, Fernanda, Juan Pablo y Andrés. Ellos siempre estuvieron en mi última etapa de la carrera y me ayudaron en todo lo que yo necesitara; me acompañaron en largos trabajos, me enseñaron materias que no comprendía, o a veces tan sólo, me hicieron una buena compañía o me alentaron ante malos resultados académicos. Ellos son los profesionales más capaces que conozco, y me siento agradecida de que sean mis amigos.

Finalmente, siento un agradecimiento especial hacia mi profesor integrante de comisión, el profesor Sebastian Conde, el me abrió la oportunidad de realizar mi memoria en una empresa tan prestigiosa como lo es Codelco, y siempre estuvo allí para aclarar mis dudas y más aún, estuvo dispuesto a aceptar reuniones con mi equipo de trabajo de la empresa para otras inquietudes y finalmente, aceptó ser parte de mi comisión del trabajo de título sin problema alguno.

Tabla de Contenido

1.	Capítulo I: Introducción	1
1.1	Antecedentes Generales.....	1
1.1.1	La Minería en Chile	1
1.1.2	Codelco.....	1
1.1.3	Vicepresidencia de Proyectos	2
1.1.4	Desarrollo de los Proyectos	3
1.1.5	Desarrollo de Ingeniería en los Proyectos	4
1.1.6	Proyecto Analizado: Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre	5
1.2	Descripción del Proyecto de Memoria y Justificación.....	5
1.3	Objetivos.....	7
1.3.1	Objetivo General	7
1.3.2	Objetivos Específicos.....	7
1.4	Metodología	7
2.	Capítulo II: Marco Conceptual.....	9
2.1	Filosofía Lean	9
2.1.1	Concepto de Muda	9
2.1.2	Principios Lean	10
2.2	Lean Management.....	11
2.2.1	Procesos Lean	11
2.2.2	Lean Project Delivery System	13
2.3	Herramientas Lean	14
3.	Capítulo III: Casos Bibliográficos	16
3.1	Caso 1: Evaluación de la Revisión de Proyectos del Fondo Solidario de Vivienda aplicando Metodología Lean	16

3.2	Caso 2: Extreme Collaboration	16
3.3	Caso 3: Roadmap for Lean Implementation at the Project Level	16
4.	Capítulo IV: Desarrollo de Ingeniería en los Proyectos de Codelco	18
4.1	Lineamientos Estratégicos	18
4.1.1	Objetivos Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad	18
4.1.2	Objetivos Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad	18
4.1.3	Definición de Productividad	19
4.2	Descripción del Desarrollo de Ingeniería en los Proyectos de Codelco	19
4.2.1	Desarrollo de Ingeniería Pre-Inversional	19
4.2.2	Proceso de Ingeniería	20
4.2.3	Estudio de Ingeniería de Prefactibilidad	21
4.2.4	Entregables del Estudio de Ingeniería de Prefactibilidad.....	21
4.2.5	Reportabilidad en los proyectos.....	24
4.2.6	Ingeniería de Valor.....	24
4.3	Diagnóstico de Boston Consulting Group.....	25
5.	Capítulo V: Análisis de Caso de Estudio	27
5.1	Análisis del Caso de Estudio	27
5.1.1	Descripción del Proyecto	27
5.1.2	Descripción de Estudio de Prefactibilidad	27
5.1.3	Alternativas de Estudio de la Etapa de Prefactibilidad	30
5.1.4	Contratos Etapa de Prefactibilidad.....	31
5.1.5	Estructura Organizacional del Proyecto	32
5.1.6	Prácticas de Incremento de Valor	33
5.1.7	Reportabilidad del Proyecto	33
5.2	Diagnóstico del Caso de Estudio	34
5.2.1	Historia del Proyecto con sus Principales Dificultades.....	35

5.2.2	Análisis de los desvíos	39
5.2.3	Desvíos en el Presupuesto del Proyecto	43
	Escenario 1: Proyecto con Alcance Original	44
	Escenario 2: Proyecto con Alcance Modificado	45
5.2.4	Desvíos en la Programación de HH	47
5.2.5	Desvíos en la Programación del Avance del Proyecto.....	51
6.	Capítulo VI: Validación de Problemas	54
6.1	Procesos y Estructura	54
6.2	Personas	55
6.3	Matriz de Riesgos.....	59
7.	Capítulo VII: Propuesta de Mejora con enfoque Lean Management	66
7.1	Aplicación de Lean en el Desarrollo de Ingeniería.....	66
7.2	Propuesta de Mejora.....	68
7.3	Propuesta para Falencia 1: Establecer definiciones y estándares claves.....	68
7.3.1	Input de RANP: Proceso de Configuración de Oportunidades	69
7.3.2	RANP (BEAM en inglés).....	71
7.3.3	Primera Parte de RANP: Sesión de Preparación	72
7.3.4	Segunda Parte de RANP: Taller de Encuadre de la Oportunidad.....	73
7.4	Propuesta a Falencia 2: Reuniones poco efectivas.....	79
7.4.1	Dinámica de Obeya Room.....	79
7.4.2	Reglas Obeya Room.....	81
7.4.3	Roles de Obeya Room.....	82
7.4.4	Compromisos Obeya Room.....	82
8.	Capítulo VIII: Conclusiones.....	84
8.1	Conclusiones Generales.....	84
8.2	Recomendaciones.....	85

9. Capítulo IX: Bibliografía	86
10. Capítulo X: Anexos	90
Anexo 1: Organigramas	90
Anexo 2: Procesos de Ingeniería.....	92
Anexo 3: Caso Bibliográficos	94
Anexo 4: Caso de estudio	95
Anexo 5: Resultados Encuesta Online.....	103

Índice de Tablas

Tabla 1: Participación chilena en la producción mundial de los principales minerales.....	1
Tabla 2. Descripción de Método de Evaluación	22
Tabla 3. Definición de Clases para los estudios de Ingeniería	23
Tabla 4. Cronograma de las Actividades de Ingeniería.....	29
Tabla 5. Avance de los Entregables de Ingeniería	34
Tabla 6. Plazos del Proyecto.....	39
Tabla 7. Desvíos en Fechas del Proyecto	40
Tabla 8. Detalle de las Fechas Actualizadas del Proyecto	42
Tabla 9. Desvíos en el Presupuesto del Proyecto.....	43
Tabla 10. Desvíos en el Presupuesto del Proyecto en Escenario 1	44
Tabla 11. Desvíos en el Presupuesto del Proyecto en Escenario 2	46
Tabla 12. Total de HH del Proyecto.....	48
Tabla 13. HH por ítem del Proyecto	49
Tabla 14: Detalle de las HH programadas y reales para cada ítem del Proyecto	50
Tabla 15. Detalle de la Programación de Avance en cada actualización del Plan Maestro	53
Tabla 16. Descripción de Nivel de Madurez	56
Tabla 17. Características de los profesionales que respondieron la encuesta.....	57
Tabla 18. Matriz de riesgos.....	59
Tabla 19. Escala de valores utilizados en la Matriz de Riesgos.	59
Tabla 20. Rangos de colores en la Matriz de Riesgos.....	59
Tabla 21. Riesgos para cada falencia identificada	60
Tabla 22. Priorización de Falencias Críticas	65
Tabla 23. Principios Lean aplicados al Área de Ingeniería	66
Tabla 24. Desperdicios Lean en Área de Ingeniería	66
Tabla 25. Tabla comparativa entre VP y Propuestas Lean Management.....	68

Tabla 26. Descripción de Roles en Matriz RACI	70
Tabla 27. Ejemplo de Clasificación de Problemas.....	76
Tabla 28. Ejemplo de Listado de Compromisos para una reunión realizada el 15-03-2016.....	83

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Esquema de Desarrollo de Ingeniería en Proyectos.....	4
Ilustración 2. Procesos con enfoque tradicional	12
Ilustración 3. Proceso con enfoque Lean.....	12
Ilustración 4. Mejora Continua en un Proceso Lean	13
Ilustración 5. Lean Project Delivery System	13
Ilustración 6: Roles dentro del Desarrollo de Ingeniería.....	20
Ilustración 7. Clases de estimación de Ingeniería para los estudios Ingeniería.....	22
Ilustración 8. Gráfico de respuestas de Profesionales VP ante la claridad de roles y toma de decisión.....	26
Ilustración 9 . Gráfico de respuestas de Profesionales VP ante la madurez del sistema de control de gestión.....	26
Ilustración 10. Método Aguas Abajo	30
Ilustración 11. Método Aguas Arriba.....	31
Ilustración 12. Método Eje Central	31
Ilustración 13. Organigrama del Proyecto.....	32
Ilustración 14. Macroproceso de Inicio de etapa de Prefactibilidad	35
Ilustración 15. Macroproceso de Planificación de Etapa de Prefactibilidad	36
Ilustración 16. Macroproceso de Ejecución de etapa de Prefactibilidad.....	37
Ilustración 17. HH Programas y HH Reales del Proyecto.....	48
Ilustración 18. HH acumuladas del Proyecto.....	48
Ilustración 19. HH por Ítem del Proyecto.....	49
Ilustración 20. Carta Gantt del Proyecto	51
Ilustración 21. Carta Gantt del Proyecto en Escenario 1	52
Ilustración 22. Carta Gantt del Proyecto en Escenario 2.....	52
Ilustración 23. Resultados de Preguntas Generales de la Encuesta	57
Ilustración 24. Ciclo de vida de un Proyecto	67

Ilustración 25. Proceso de Configuración de Oportunidades	69
Ilustración 26. Reunión de Alineamiento Negocio-Proyecto	72
Ilustración 27. Etapas del Taller de Encuadre de Oportunidad	73
Ilustración 28. Esquema de los Criterios de Selección Críticos	74
Ilustración 29. Ejemplo de Opciones Estratégicas	77
Ilustración 30. Temas Estratégicos.....	77
Ilustración 31. Dinámica propuesta para el Taller de Encuadre de Oportunidad	78
Ilustración 32. Layout de Obeya Room.....	80
Ilustración 33. Ejemplo de responsables por temáticas de reunión	81
Ilustración 34: Estructura Organizacional de Codelco	90
Ilustración 35: Organigrama de Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad	91
Ilustración 36: Organigrama de Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad.....	91
Ilustración 37. Proceso de Desarrollo de Ingeniería de la VP	92
Ilustración 38. Macroproceso de Inicio de la Etapa de Prefactibilidad.	92
Ilustración 39. Macroproceso de Planificación de la Etapa de Prefactibilidad.	93
Ilustración 40. Macroproceso de Ejecución de la Etapa de Prefactibilidad	93
Ilustración 41. Macroproceso de Cierre de Etapa de Prefactibilidad.....	93
Ilustración 42. Mapa de Flujo de Valor en la revisión de FSV	94
Ilustración 43. Lista de Entregable para el Estudio de Prefactibilidad.	95
Ilustración 44. Cronograma del Estudio de Prefactibilidad.....	96
Ilustración 45. Plan Maestro del Estudio de Prefactibilidad.....	97
Ilustración 46. Plan Maestro Actualizado V1	98
Ilustración 47. Plan Maestro Actualizado V2.....	99
Ilustración 48. Plan Maestro Actualizado V3	100
Ilustración 49. Plan Maestro Actualizado V4.....	101

1. Capítulo I: Introducción

1.1 Antecedentes Generales

1.1.1 La Minería en Chile

Chile es reconocido como un país minero, tanto por la importancia de la minería en el desarrollo económico del país, representando una contribución del 11,2% al Producto Interno Bruto (PIB) [1], como por la cantidad de años en que se ha explotado la actividad, creando una cultura minera y desarrollándose en gran parte del territorio nacional.

Chile es líder en la producción de Cobre con un 30% de participación en el mercado mundial. Además, es líder en la producción de Renio, Nitratos Naturales, Litio y Yodo, y posee una destacada participación en la producción de Molibdeno, Plata y Oro (*Ver Tabla 1*). El liderazgo adquirido por Chile se debe a la calidad y magnitud de sus recursos mineros, teniendo la mayor mineralización cuprífera del mundo y uno de los depósitos más grandes mundialmente, la mina de Chuquicamata.

Tabla 1: Participación chilena en la producción mundial de los principales minerales

Mineral	Participación en Producción Mundial	Ranking en Producción Mundial
Cobre	30%	1
Nitratos	100%	1
Yodo	61	1
Litio	35	1
Molibdeno	18%	2
Plata	6%	5
Oro	1%	14

Fuente: [2]

1.1.2 Codelco

Codelco, Corporación Nacional del Cobre, es una empresa estatal chilena dedicada a explorar, explotar y comercializar los recursos mineros del cobre refinado y sus subproductos, rubro en el cual es la mayor comercializadora mundial. La empresa contiene en sus yacimientos el 9% de las reservas mundiales de cobre y durante el año 2015, su producción totalizó 1.891 miles de TMF (Toneladas Métricas Finas) con un costo unitario de 138,7 centavos la libra¹, lo cual

¹ Este costo corresponde al costo C1, que agrupa los costos incurridos a través de todo el proceso minero hasta la venta del producto comercializable (cátodo en el caso del cobre), descontando los ingresos provenientes de los subproductos en caso de que existan.

permitió un EBITDA de US\$ 3.576 millones, un monto sólido y competitivo en relación a la industria, donde el Margen del EBITDA Minero² se mantuvo sobre el 35%. [3]

Codelco opera a través de centros de trabajos denominados Divisiones, éstos son 8 y corresponden a: Andina, Chuquicamata, El Teniente, Gabriela Mistral, Ministro Hales, Radomiro Tomic, Salvador y Fundición Refinería Ventanas. Estas divisiones son encabezadas y coordinadas a través de la casa matriz ubicada en Santiago, que cuenta con un directorio, una presidencia ejecutiva y 9 vicepresidencias encargadas de gestionar los distintos ámbitos del negocio. (Ver Ilustración 34: Estructura Organizacional de Codelco en Anexo 1)

En la actualidad, dada la necesidad de ampliar sus reservas mineras para ser una empresa más competitiva, se impulsa un plan de Inversiones de más de US\$ 20 mil millones para el quinquenio 2015-2019 financiado por recursos propios, capitalización y endeudamiento. Este plan consta de seis proyectos estructurales que extenderán la vida de los yacimientos y elevarán la productividad. Este nuevo desafío debe ir de la mano de un fuerte cambio organizacional que motive a los trabajadores a ser una empresa ejemplar, preocupada de la productividad y efectividad en sus proyectos, con estándares de buenas prácticas de clase mundial. [4]

1.1.3 Vicepresidencia de Proyectos

La Vicepresidencia de Proyectos (VP) es la organización que gestiona y ejecuta la cartera de proyectos con base Geo-Minero-Metalúrgica que superan los US\$ 10 millones, y es un soporte funcional para los proyectos menores a US\$ 10 millones.

La VP fue creada en el año 2005 con el objetivo de reconocer y establecer responsabilidades claras entre las operaciones de activos existentes que están cargo de las Divisiones, y la creación de nuevos activos a través del desarrollo de proyectos. La VP tiene como principio la impecabilidad en la gestión de proyectos, lo que significa velar por la integralidad en el desarrollo de proyectos, tanto en sus aspectos técnicos como organizacionales, aplicando las mejores prácticas en la construcción, como también en la operación y mantención de los activos.

La VP se organiza mediante un sistema matricial de unidades funcionales y proyectos; de esta forma, todas las unidades funcionales intervienen y apoyan los proyectos que se estén realizando. Estas unidades funcionales están divididas en 6 gerencias:

- Gerencia de Recursos Humanos
- Gerencia de Administración y Servicios a Proyectos
- Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos
- Gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional
- Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad
- Gerencias de Proyectos

La Gerencia de Proyectos se crea cuando un proyecto es levantado y necesita líderes de la VP que se hagan responsables. Esta gerencia tiene el rol de gestor-ejecutor y su misión es liderar al equipo del proyecto y asegurar la buena relación con las empresas contratistas con la finalidad

² Margen EBITDA Minero (%) = (EBITDA – Margen de cobre comprado a terceros)/(Ingresos Totales – Ingresos de Cobre comprado a terceros)

de mantener una coordinación adecuada que permita cumplir los plazos establecidos. Además, cuando es conformada esta gerencia de proyectos, los profesionales se deben posicionar en algún lugar cercano a la división donde se desarrollará el futuro proyecto.

Actualmente, la cartera en curso de la VP involucra a 28 estudios y proyectos con un monto total de más de US\$ 14.000 millones, en tanto que la gran cartera potencial, que cuantifica la construcción y puesta en marcha de todos los estudios y proyectos, supera los US\$ 30.000 millones [5].

1.1.4 Desarrollo de los Proyectos

El desarrollo de proyectos contiene 6 etapas: Etapa de Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ingeniería de Detalle, Ejecución y Operación. Entre una y otra etapa se generan distintas actividades para cumplir los objetivos de cada una, contando con procesos de revisiones y aprobaciones [6].

Definición de Etapas

1. Etapa de Perfil

Es la etapa de identificación de las oportunidades para el desarrollo del proyecto. Esta etapa la realiza la División que operará el futuro activo cuando el proyecto esté terminado.

2. Prefactibilidad

Es la etapa de generación y selección de alternativas para el desarrollo del proyecto. Desde esta etapa en adelante, las actividades son realizadas por la Gerencia de Proyectos con el sustento de las áreas funcionales de la VP.

3. Factibilidad

Es la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada.

4. Ingeniería de Detalle

Es la etapa que completa el diseño detallado del activo que se va a construir, comenzando las evaluaciones para la futura puesta en marcha.

5. Ejecución

Es la etapa de construcción, montaje y puesta en marcha del nuevo activo, donde se busca capturar la promesa ofrecida privilegiando los aspectos plazo, costo, calidad y sustentabilidad.

6. Operación

Es la etapa en que el nuevo activo entra en producción, siendo operado de acuerdo con el diseño del proyecto.

A las primeras etapas, desde la 1 a la 4, se las denomina fase pre-inversional debido a que corresponden a estudios que apoyan la toma de la decisión inversional del proyecto, y es particularmente valiosa porque desarrolla la base de lo que será construido en el futuro. En esta fase, se busca maximizar la rentabilidad de la inversión con el objetivo de ofrecer el mejor negocio posible. Luego, en las etapas siguientes que contienen la inversión del proyecto, se busca capturar la promesa ofrecida privilegiando los aspectos de plazo, costo, calidad y sustentabilidad que se orientan a maximizar el valor económico de Codelco.

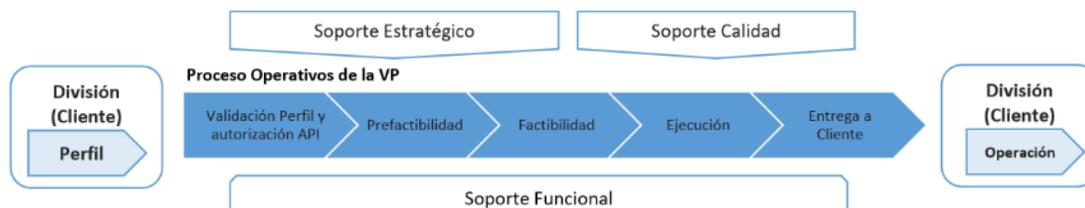
1.1.5 Desarrollo de Ingeniería en los Proyectos

Se define como Ingeniería o Estudios de Ingeniería³ al proceso que suministra la información técnica de la infraestructura requerida para implementar un proyecto Geo-Minero-Metalúrgico y que tiene como objeto, en las etapas pre-inversionales, determinar las inversiones a realizar y en la etapa inversional, ser el sustento de las actividades de adquisición, construcción y puesta en marcha. La ingeniería se define para el ciclo de vida de un proyecto como [7]:

- *Etapa-1 o FEL⁴ 1, Estudio de Perfil:* Desarrollo del perfil del proyecto.
- *Etapa-2 o FEL 2, Estudio Prefactibilidad:* Desarrollo de ingeniería conceptual.
- *Etapa-3 o FEL 3, Estudio de Factibilidad:* Desarrollo de ingeniería básica.
- *Etapa-4 o FEL 4, Ejecución:* Desarrollo de ingeniería de detalle y el apoyo a la construcción.

En la Ilustración 1 se muestra en esquema del desarrollo de ingeniería en los proyectos, el cual posee un soporte estratégico, de calidad y funcional, esto último se refiere al aporte realizado por la VP mediante sus Gerencias Funcionales.

Ilustración 1: Esquema de Desarrollo de Ingeniería en Proyectos⁵



Fuente: [8]

Cabe destacar, que el desarrollo de ingeniería lo realiza una *Empresa Externa de Ingeniería*, donde Codelco, en calidad de cliente, gestiona el desarrollo de los estudios de ingeniería, realizando revisiones a los diseños elaborados y detectando las desviaciones u omisiones respecto de los requerimientos establecidos en el alcance del proyecto, en la documentación de la normativa Codelco y la normativa nacional. [7]

³ Los estudios de ingeniería tienen: “Entregables de Ingeniería” que corresponden a planos, documentos y registros digitales de diseño 3D.

⁴ Front-end loading: Procesos con puertas de aprobación, para ir invirtiendo de a poco el dinero de inversión.

⁵ En la ilustración 1, las siglas SGC significan Sistema de Gestión de Calidad.

Calidad de la ingeniería se define como madurez, completitud y coherencia⁶, con estas cualidades se tiene la ingeniería adecuada para construir, con documentos claros y precisos, no interpretables y que sean consistentes y coherentes entre los distintitos desarrollos de ingeniería. (C. Droguett, Director de Ingeniería, Comunicación Personal, 23 mayo 2016)

1.1.6 Proyecto Analizado: Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre

El proyecto de memoria se desarrolla en la Dirección de Productividad de la Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco (*Ver Ilustración 36: Organigrama de Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad en Anexo 1*). Esta gerencia, a su vez, pertenece a la Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad, por lo tanto, el proyecto de memoria se enmarca dentro del desarrollo de todos los documentos y estudios de ingeniería necesarios para el futuro proyecto en construcción.

El proyecto de memoria analiza el caso de estudio: Proyecto Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre y se enfoca en mejorar aspectos críticos de la etapa de ingeniería de Prefactibilidad, la segunda etapa de la fase pre-inversional, mediante la incorporación de herramientas de gestión propuestas por la filosofía Lean Management.

El tranque de relaves de Talabre es el depósito encargado de recibir los desechos del proceso minero de las Divisiones: Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales. Este proyecto pertenece a la División Codelco Norte y es parte del proceso productivo de la Línea Sulfuros recibiendo la totalidad de los relaves generados por las plantas concentradoras, cuyo tratamiento medio diario era de 182 KTPD⁷. El “Proyecto Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre” se crea en el año 2008 y consiste en el aumento de la capacidad del tranque mediante el peraltamiento del muro desde la cota 2.490 m.s.n.m⁸ hasta una cota aproximada a la 2.500 m.s.n.m para el año 2014, lo cual implica un aumento de la capacidad de almacenamiento de 700 millones de toneladas de relaves a una tasa de 232 KTPD con el fin alargar la vida útil del tranque.

1.2 Descripción del Proyecto de Memoria y Justificación

Actualmente, son diversos los problemas que afectan al mercado minero, como el menor precio del cobre (caída del 20% en el último año [9]), rendimientos decrecientes: cada vez cuesta más extraer la misma cantidad de cobre, el agotamiento de los recursos explotables y una fuerte caída en productividad [10]. Es así como la empresa minera más importante del país, Codelco, se ha visto impactada fuertemente viviendo un escenario crítico donde en el periodo 2000-2013 la minera retrocedió 15 lugares en competitividad con respecto a la minería mundial, además de operar yacimientos con menor ley y a mayores distancias, y que los costos directos aumentarían en un 29% entre 2011 y 2014. [11]

⁶ Madurez: Calificación del nivel de los contenidos de los entregables de ingeniería necesarios para respaldar el diseño y los resultados, en base a las clases de estimación

Completitud: Calidad de completo, en cuanto al conjunto de entregables de ingeniería necesarios para respaldar el diseño y los resultados. [55]

⁷ KTPD: Kilos de Toneladas Por Día.

⁸ m.s.n.m: Metros Sobre el Nivel del Mar.

Ante tal situación, Codelco ha considerado necesario iniciar un proceso transformador que involucre a todos los trabajadores en una reducción de costos operacionales y un aumento de productividad para volver a obtener la competitividad deseada, lo cual se ha plasmado mediante la utilización de la *Filosofía Lean* con el fin de realizar sólo aquellas actividades que generen valor y eliminar aquellas que no lo aporten consideradas “desperdicios”. Además, ha impulsado un plan de inversiones para mantener su capacidad productiva por los próximos 50 años. Para la realización de estos proyectos, es necesario un buen funcionamiento de la Vicepresidencia de Proyectos (VP), organización que gestiona y ejecuta la cartera de proyectos con base Geo-Minero-Metalúrgica. Por lo tanto, con el fin de optimizar los futuros proyectos e introducir medidas claras y específicas para el trabajo realizado dentro de la VP, se solicitaron los servicios de Boston Consulting Group (BCG) en el año 2015, quién identificó las principales brechas entre Codelco y otras empresas sobresalientes del mercado con el fin de brindar iniciativas de mejora sobre las cuales trabajar. Este trabajo detectó brechas en los procesos internos de las etapas pre-inversionales que impactan de manera importante los resultados en la ejecución de los proyectos, ante lo cual, se propuso mejorar dichos procesos para enfrentar de buena manera los desafíos inminentes, a través de un proyecto denominado *Sello Codelco*. Debido a esta necesidad de gestión de procesos, se crea en abril del 2016 una nueva gerencia denominada “Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad” que revisa los procesos críticos continuamente con el fin de ser más productivos; bajo esta gerencia se encuentra la Dirección de Productividad, área en la cual se desarrolla el tema de memoria.

La Dirección de Productividad tiene su origen en junio del año 2015 y se ha encargado de gestionar la productividad de los proyectos usando como base herramientas y metodologías basadas en la *Filosofía Lean*. Esta área lleva un año tratando de mejorar la gestión de la productividad en los procesos operacionales de los proyectos en ejecución y ha logrado distinguir y disminuir brechas relevantes en la construcción de los proyectos. Bajo este contexto, se genera un proyecto de memoria para mejorar la gestión en una fase anterior a la ejecución, en el desarrollo de ingeniería de etapas pre-inversionales, con el fin de asegurar que el futuro proyecto en construcción tenga las bases sobre un proyecto elegido, estudiado y diseñado óptimamente.

La fase de ingeniería pre-inversional está compuesta por 4 estudios de ingeniería: Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad e Ingeniería de Detalle. La primera etapa es desarrollada por las distintas divisiones de Codelco que requieren realizar un nuevo proyecto, luego es entregado a la Gerencia de Proyectos compuesta por profesionales de la VP, la cual se encarga de realizar la etapa de Prefactibilidad, Factibilidad e Ingeniería de detalle. Para estas últimas etapas existe una relación contractual con una empresa de ingeniería externa que se encarga del desarrollo de ingeniería, donde la gerencia del proyecto con la ayuda de las áreas funcionales de la VP se encarga de validar y gestionar dicho trabajo.

El proyecto de memoria consiste en el análisis del desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad del proyecto: Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre, proyecto que aumenta la capacidad de almacenamiento del tranque en 700 millones de toneladas de relaves debido a la necesidad de alargar la vida útil del tranque y así otorgar continuidad operacional. El análisis se realiza bajo los conceptos de la filosofía *Lean Management* con el fin de mejorar la gestión en la etapa de Prefactibilidad, esta etapa es elegida debido a que forma las bases del futuro proyecto en construcción, considerándose altamente relevante porque busca y analiza toda la información posible de las opciones y condiciones que rodean al proyecto, para de esta forma, escoger la mejor alternativa posible a desarrollar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer mejoras para el desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad del proyecto tranque de relaves de Talabre, utilizando el enfoque y herramientas de Lean Management.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Utilizar los contenidos de Lean Management y herramientas complementarias para incorporar conceptos, estrategias, metodologías y herramientas que permitan una mejora dentro del desarrollo de ingeniería de los proyectos.
- ✓ Comprender la situación actual de la empresa en su proceso de ingeniería pre-inversional, mediante la recopilación de antecedentes cualitativos y cuantitativos.
- ✓ Diagnosticar la situación actual mediante un levantamiento de las principales problemáticas y procesos críticos en la etapa de Prefactibilidad del proyecto tranque de relaves de Talabre.
- ✓ Seleccionar las problemáticas más relevantes mediante la elaboración de una Matriz de Riesgos que entrega los problemas con mayor probabilidad de ocurrencia e impacto hacia los objetivos del proyecto.
- ✓ Realizar una comparación entre la situación actual y la situación recomendada por la filosofía Lean Management.
- ✓ Indagar y seleccionar las herramientas y metodologías Lean que se puedan aplicar sobre las problemáticas críticas definidas.
- ✓ Optimizar el desarrollo de ingeniería mediante una propuesta de incorporación de herramientas Lean Management.

1.4 Metodología

1. Revisión Bibliográfica

Investigar la Filosofía Lean enfocándose en la aplicación al desarrollo de ingeniería en proyectos y las herramientas disponibles a aplicar en ese contexto, que permitan aumentar la productividad eliminando aquellos factores que no agreguen valor. A la vez, recopilar casos de estudio de situaciones similares con resultados positivos que permitan vislumbrar nuevas oportunidades de mejora.

2. Descripción de Situación Actual

Comprender y analizar los procesos internos de la empresa en la fase de ingeniería pre-inversional. La metodología para obtener la información de análisis es mediante el estudio de los documentos internos de la empresa que indican un estándar en el desarrollo de ingeniería pre-inversional. Además, se realiza una revisión bibliográfica de los resultados obtenidos en el diagnóstico organizacional realizado por Boston Consulting Group.

3. Analizar el Caso de estudio: Proyecto Tranque de Relaves Talabre

Comprender y analizar la fase de ingeniería pre-inversional en el caso de estudio: proyecto tranque de relaves de Talabre. La metodología para obtener la información de análisis es

mediante el estudio de la historia del proyecto, analizando los documentos y reportabilidad del proyecto emitidos durante la fase de ingeniería de Prefactibilidad, tales como, estudios pre-inversionales, bases técnicas y contratos con empresas externas, Estrategia de Ejecución del Proyecto (PES) y la información disponible en los informes mensuales del proyecto.

4. Diagnóstico de Problemas

Analizar, recolectar y definir los principales problemas que se generan en el desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad del Caso de Estudio. Las herramientas para este análisis son: recopilación de antecedentes cualitativos y cuantitativos del caso de estudio en tablas Excel, entrevistas exploratorias a los principales actores dentro del proceso para levantar las principales problemáticas mediante la herramienta Lean “5 Por qué” y una Encuesta Online que permita verificar y cuantificar los problemas detectados.

5. Propuesta de Mejora

Realizar una comparación entre el desarrollo de los estudios de ingeniería realizados en Codelco y lo que propone la filosofía Lean Management, con el fin de proponer mejoras que permitan solucionar las falencias levantadas en la etapa de análisis y diagnóstico, permitiendo disminuir las interferencias del proceso y lograr una buena coordinación interdisciplinaria. Todo esto mediante la utilización de herramientas y metodologías Lean Management que sean aplicables, alcanzables y útiles.

6. Redacción Memoria, Conclusiones y Recomendaciones

Incorporar investigaciones, análisis y trabajos desarrollados en el informe de Memoria IN6909, agregando los aprendizajes, conclusiones y recomendaciones que permitan impulsar la mejora continua dentro de la organización para que el trabajo tenga el impacto deseado.

2. Capítulo II: Marco Conceptual

2.1 Filosofía Lean

La filosofía Lean se genera en la industria automotriz del siglo XX, desarrollada por la empresa Toyota luego de la Segunda Guerra Mundial. Es una filosofía que intenta reducir las pérdidas y agregar valor al cliente al mejorar la planificación y el control del servicio otorgado, buscando persistentemente la mejora continua en sus procesos. El servicio entregado al cliente es generado mediante un enfoque integral a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, un sistema colaborativo y de autoridad distribuida que se representa mediante un modelo contractual de tipo relacional y de riesgo compartido con el cliente. Así pues, el objetivo de todos los actores dentro del proyecto debería ser una mejor, más rápida y eficaz gestión integral del proyecto, desde el diseño hasta el resultado final. Este enfoque integral se logra mediante la formación de equipos totalmente integrados y colaborativos, donde las personas representan un activo fundamental, fomentando la confianza y la alineación de objetivos de las organizaciones participantes, con el fin de mejorar la comunicación y facilitar la visión en conjunto de todo el proceso. [12]

Los resultados de la aplicación de la filosofía Lean han demostrado altos niveles de rendimiento en cuanto a la reducción de costos, incremento de productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, seguridad, satisfacción del cliente y una mejor gestión del riesgo.

Una declaración que engloba al pensamiento Lean, es hacer más con menos, acercándose cada vez más a lo que quiere el cliente, en el instante en que lo necesita. Lo anterior se logra principalmente mediante el concepto de eliminación de muda o desperdicios y los 5 principios que sustentan la filosofía Lean.

2.1.1 Concepto de Muda

Muda es una palabra en japonés que representa todo aquello que no sea considerado de valor para el cliente y que puede ser eliminado o minimizado; en español se traduce como “desperdicio”. Es toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente exceso de inventario, pasos en el proceso que no son realmente necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo⁹ en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente. Estos desperdicios han sido clasificados en 7 categorías.

⁹ En operaciones, se utiliza el término Aguas Abajo para referirse a las etapas finales de la cadena productiva y Aguas Arriba para hacer mención a los procesos anteriores.

Clasificación de Desperdicios:

- Sobreproducción: pérdidas de recursos, tiempo y esfuerzos por realizar trabajos no requeridos que entorpecen el flujo a través de la cadena de valor. Ejemplo: Planos adicionales, exceso de detalles, sofisticación o más calidad de la esperada.
- Esperas o tiempos de inactividad: tiempos de espera de los trabajadores o productos al no poder realizar las actividades que generan valor. Ejemplo: tiempos de espera por falta de información (datos, planos, órdenes) o herramientas (materiales, equipos), esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, análisis, financiación, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones.
- Transporte innecesario: transporte innecesario de materiales, bienes, pasajeros o información que aumentan el tiempo de ciclo. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información.
- Sobre-procesamiento: actividades adicionales a la producción que no agregan valor en el proceso. Ejemplo: procesos adicionales, monitorización y control adicional.
- Movimiento innecesario: movimientos físicos para acceder o procesar materiales o información que los trabajadores deben realizar en su lugar de trabajo para llevar a cabo las tareas asignadas. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces o falta de estandarización.
- Defectos: defectos en la producción, corrección y rectificación de actividades como de tareas mal ejecutadas. Ejemplo: errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos.
- Subutilización del Personal: cuando el personal no es aprovechado de manera adecuada, utilizando menos de la capacidad que disponen. Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

2.1.2 Principios Lean

A continuación, se presentan los principios del Pensamiento Lean que postulan que el producto final debe fluir sin obstáculos hacia el cliente mientras es tirado por éste: [13]

1. **Valor:** Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender qué quiere el cliente, éste puede ser externo o interno y es todo aquel que dentro del flujo de valor recibe una entrada de material o información por parte de un proceso ubicado aguas arriba en el flujo de valor.
2. **Value Stream (Flujo de Valor):** Se trata de identificar la cadena de valor, es decir, identificar todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y entregado al cliente, desde la concepción de su diseño hasta su lanzamiento y desde el pedido hasta la entrega. Según el sistema Lean, desde el primer momento se asume que algunas de estas actividades aportan valor añadido y otras no. Una empresa Lean se gestiona a través de flujos de valor. Las empresas Lean se focalizan en los flujos de valor porque es donde se genera el dinero y donde resulta más fácil identificar el desperdicio y

- desarrollar un plan de acción para eliminarlo (la empresa tradicional está gestionada por departamentos y, normalmente, focalizada en la mejora de tareas individuales).
3. **Flujo:** Una vez que se ha identificado el valor para el cliente, se ha graficado la cadena de valor y se han eliminado las operaciones cuyo desperdicio es evidente, el siguiente paso es hacer que fluyan continuamente las operaciones creadoras de valor que quedan.
 4. **Sistema Pull:** Es un sistema de control de la producción en el que las actividades aguas abajo (tanto las que están en las mismas instalaciones como en instalaciones separadas) dan la señal de sus necesidades a las actividades aguas arriba de la cadena de valor. Es el cliente (interno o externo) quien tira de la demanda y no el productor quién empuja los productos hacia el cliente.
 5. **Perfección:** Lean busca la perfección como un proceso que proporciona puro valor, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ninguna muda o desperdicio de ninguna clase. Para lograr esto son fundamentales 3 herramientas de la cultura Lean: el Kaizen o mejora continua, la estandarización de procesos y un plan de acción (PDCA).

2.2 Lean Management

La Gestión de Proyectos se enfrenta a problemas relacionados con sobre-costos e incumplimientos en los plazos establecidos, lo cual se traduce en desperdicios que pueden ser evitados mediante la utilización de Lean.

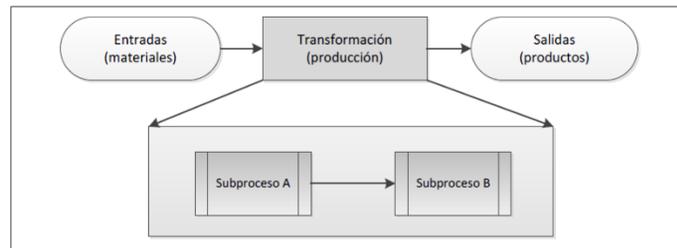
Lean Management es la extensión de los principios de la filosofía Lean Manufacturing a la gestión global de la empresa, donde el enfoque es la optimización del proceso de gestión de los proyectos, que involucra todas sus etapas y adaptación de los principios generales de la administración a la especial naturaleza de los proyectos. Un factor clave para esto, es la comprensión de las actividades de los procesos que generan valor para el cliente como un todo, para obtener el resultado final esperado por cliente. La ejecución eficiente de los proyectos hace que los proyectos sean eficientes al cumplir con el alcance y sean realizados en el tiempo establecido para este. [14]

Las claves del Lean Management es la eliminación de desperdicios (todo aquello que no agregue valor e implica un costo), mejora continua y participación de todo el personal porque requiere una estrecha coordinación entre todos los miembros de la organización con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes en plazos establecidos.

2.2.1 Procesos Lean

Lean Management permite entender y mejorar los procesos desde una nueva perspectiva. Anteriormente, la forma tradicional de estudiar y analizar la producción era un proceso en el cual se transforman las entradas en salidas, bajo esta mirada es posible tener medidas de control simples relacionando las entradas y las salidas, sin embargo, muchas veces el proceso de conversión o transformación debe ser dividido en subprocesos, que a su vez son otros procesos de conversión (*Ver Ilustración 2. Procesos con enfoque tradicional*). De este modo, las corrientes de gestión tradicionales proponen que el valor del producto o salidas de un proceso está directamente asociado con el valor de los materiales o entradas en dicho proceso y que se puede minimizar el costo total del proceso mediante la reducción del costo de cada subproceso por separado. [15]

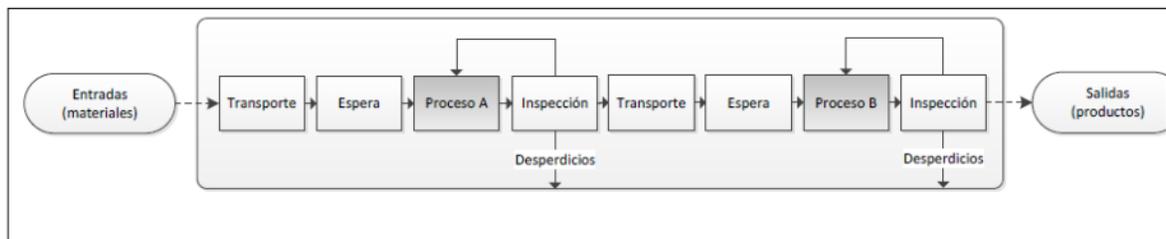
Ilustración 2. Procesos con enfoque tradicional



Fuente: [15]

La visión tradicional del proceso de producción se mantenía hasta entonces porque los procesos eran simples, los flujos eran cortos y escasos, y las organizaciones eran pequeñas. Sin embargo, a medida que se fueron desarrollando las industrias, no fue posible aplicar la misma lógica, surgiendo fuertes críticas a los flujos dentro de la producción, refiriéndose a aquellas actividades que no provocan transformación pero que son necesarias para la producción, entre ellas se encuentran las esperas, inspecciones y movimientos; actividades que no eran consideradas en la visión tradicional de transformación. Es aquí cuando se introduce el pensamiento Lean que propone una nueva visión para el proceso productivo, basada en dos tipos de procesos fundamentales: transformaciones y flujos. En este proceso productivo ocurre procesamiento de materiales, inspecciones, movimientos y esperas, el procesamiento representa la transformación del material; en cambio, inspecciones, movimientos y esperas representan a los flujos. En la Ilustración 3 se muestra la nueva visión del proceso productivo, la producción como una combinación de transformación y flujo.

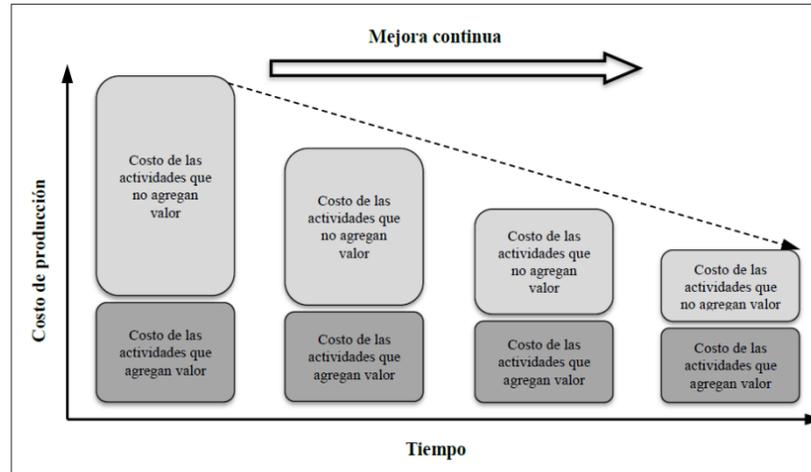
Ilustración 3. Proceso con enfoque Lean



Fuente: [15]

Conforme a esta visión, los procesos de transformación son los que agregan valor y los procesos de flujo no lo hacen. Entonces, la forma óptima de mejorar el proceso productivo es eliminando o aminorando las actividades de flujo y optimizando las actividades de transformación. De esta forma, se produce un mejoramiento continuo del proceso productivo tal como se muestra en la Ilustración 4. En esta última se detalla la importancia de reducir continuamente las actividades que no agregan valor.

Ilustración 4. Mejora Continua en un Proceso Lean



Fuente: [15]

2.2.2 Lean Project Delivery System

Lean Project Delivery System (LPDS) es un sistema de gestión integral de proyectos basado en la filosofía Lean Management que promueve un proceso colaborativo a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, donde el diseñador, ejecutor y cliente deben trabajar juntos con objetivos comunes y a favor de la interacción de diseño y construcción. [16]

Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura (Ver Ilustración 5). El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto, donde la misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente. [17]

Ilustración 5. Lean Project Delivery System



Fuente: [16]

LPDS requiere, además, tener una planificación anticipada para identificar la interacción entre los participantes. Estos puntos se generan en un acuerdo integrado, donde cada miembro del equipo proporciona información y conocimientos claves para generar un programa de calidad y que cumpla con los costos y plazos, y de esta forma, crear un producto de acuerdo a las necesidades del cliente. Finalmente, LPDS considera crítico tener un sistema integrado con los sistemas tecnológicos, procesos y herramientas Lean que permitan eliminar desperdicios y reducir la incertidumbre, considerando además al equipo de personas adecuadas e integrado en todas las fases del proyecto, lo que se denomina *Integrated Product Teams (IPT)*.

2.3 Herramientas Lean

Es posible agrupar las herramientas Lean Management aplicables al desarrollo de ingeniería en 3 tipos: el primero permite crear un diseño de valor, el segundo sirve para el análisis de la situación y el tercero identifica oportunidades de mejora utilizando la gestión visual. [18]

Para el primer grupo, se utilizan herramientas como el Visual Design Construction (VCD), General Performance Model (GPM) y Selecting Long-Term strategies for construction firms. Estas herramientas corresponden a modelos matemáticos y conceptuales que unen los datos históricos de proyectos y la experticia de los participantes del proyecto para unir el diseño de ingeniería y la construcción en un modelo computacional en 3D (o 4D cuando agregan el cronograma del proyecto como una de las variables del diseño). Además, para etapas tempranas del proyecto, se propone la Reunión de Alineamiento de Ingeniería y Negocio (RANP), en inglés Business Engineering Alignment Meeting (BEAM).

En el segundo grupo de herramientas Lean, las orientadas al análisis de la situación, se encuentran las 7 herramientas de calidad, los 5 por qué, el Spaguetti flow, el Value Stream Map (VSM), el A3 y el Standard Work.

Se denomina “7 herramientas básicas de calidad” a un conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la resolución de problemas enfocados a la calidad de los productos. La herramienta de los “5 por qué” consiste en preguntar el porqué de las cosas, hasta 5 veces de forma consecutiva, con el objetivo de encontrar la verdadera causa o raíz de un problema. El “Spaguetti flow” es la representación gráfica del recorrido realizado por un trabajador, por un material o por determinada información a lo largo de la empresa, con el objetivo de identificar deficiencias en el proceso (duplicidades). Por otra parte, también facilita ver si la distribución existente es o no correcta. El “Value Stream Map (VSM)” corresponde al mapa de valor de una familia de productos, con el objetivo de analizar tanto el flujo de materiales como el flujo de información que se requiere para poner a disposición del cliente un producto o servicio, y en él aparecen representados: empresa, proveedores y clientes, pudiendo identificar posibles acciones de mejora. El “A3” es una herramienta de gestión visual que contiene toda la información relativa a un determinado problema o a una determinada acción de mejora. En dicho documento deberá constar, como mínimo: la situación actual, propuestas realizadas, acciones a llevar a cabo y los mecanismos de control establecidos para comprobar que se avanza en la dirección correcta. Se llama A3 porque se recoge en una hoja tamaño A3 y su uso permite desarrollar e implantar dentro de la organización la cultura y filosofía de mejora continua Lean. Finalmente, el “Standard Work” es un análisis de todas aquellas acciones que se llevan a cabo para realizar una actividad con el objetivo de encontrar la secuencia más adecuada para poder optimizar tiempos y nivelar cargas de trabajo.

Por último, en el tercer grupo de herramientas estarían aquellas encaminadas a identificar oportunidades de mejora mediante la gestión visual de la información. En este grupo se engloba las 5S, Last Planner System, Obeya Room y el PDCA.

Las “5S” es una metodología que tiene como objetivo principal lograr que el puesto de trabajo esté siempre en buenas condiciones. Dicha metodología se compone de 5 fases distintas (todas comienzan por S en japonés): SEIRI (Organizar), SEITON (Ordenar eficientemente), SEISO (Limpieza e inspección), SEIKETSU (Estandarización) y SHITSUKE (Disciplina).

El Last Planner, o Último Planificador, es un sistema de planificación y control de proyectos con el objetivo de mejorar el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos. El sistema parte con los hitos necesarios y va retrocediendo hacia aquellas actividades necesarias, lo cual permite darse cuenta de la urgencia de avanzar en las actividades presentes para lograr lo planeado. De esta manera mide el grado en que los traspasos fueron efectuados según lo planeado y desarrolla un control proactivo permitiendo a los miembros de la organización detener el proceso ante defectos en la construcción e identificar problemas metódicamente antes que ellos ocurran.

Obeya Room es un método de gestión de proyectos que corresponde a una sala de trabajo que permite eliminar barreras de comunicación y hacer reuniones efectivas enfocándose en aquellos aspectos más importantes sobre los cuales se deban tomar decisiones en conjunto. Se utiliza material visual en las paredes para transparentar la información, incluyendo datos relevantes como la planificación del proyecto, indicadores del estado actual, mejoras obtenidas, estado de cumplimiento y nuevos compromisos

Finalmente, el círculo de Deming o círculo “PDCA” (Plan-Do-Check-Act) consiste en una estrategia de mejora continua de la calidad con el objetivo de conseguir que redunde en un incremento de la competitividad de los productos y servicios.

En resumen, estas herramientas ayudan a eliminar todo aquello que no aporta valor al producto o servicio y que, por ende, es un desperdicio.

3. Capítulo III: Casos Bibliográficos

Se revisan 3 casos de estudio bibliográficos; el primero demuestra la posibilidad de implementar herramientas Lean en el desarrollo de proyectos, donde el flujo de valor corresponde a información y conocimiento. El segundo muestra una forma de coordinación denominada *Extreme Collaboration*, utilizada por grandes proyectos de la NASA y el otro ilustra aspectos claves a considerar en la implementación de Lean en proyectos de construcción.

3.1 Caso 1: Evaluación de la Revisión de Proyectos del Fondo Solidario de Vivienda aplicando Metodología Lean [19]

El caso de estudio corresponde a una memoria para optar al Título de Ingeniero Civil con Diploma en Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, del año 2007. En el estudio se analizó la forma de evaluación de los proyectos presentados al Fondo Solidario de Vivienda (FSV) en la RM, lo cual consideraba la participación de distintas unidades del SERVIU Metropolitano, coordinados por el Departamento Fondo Concursable (DFC), donde los principales actores del proceso declaraban que era un proceso engorroso y demorado. Dada esta inquietud, surge la necesidad de evaluar el proceso de revisión de proyectos, y esto se realiza mediante la aplicación de Value Stream Map, herramienta Lean orientada hacia la creación de valor que categoriza las actividades del proceso entre aquellos que agregan valor y las que no, para luego eliminar o reformular aquellas que no generan valor al flujo del proceso. Esto permitió disminuir los tiempos de ciclos en la revisión de los proyectos dada la identificación de las actividades que no agregaban valor, lo cual en promedio era del 70%, lo que demuestra que la mayor parte del tiempo en que los proyectos están al interior del SERVIU, no se está ejecutando sobre ellos ninguna acción que contribuya al propósito para lo cual son ingresados. En el Anexo 3, en Ilustración 42. Mapa de Flujo de Valor en la revisión de FSV, es posible observar el mapeo de flujo de valor realizado en este caso de estudio.

3.2 Caso 2: Extreme Collaboration [20]

El modelo Extreme Collaboration (XC) es posible asemejarlo con los principios de la Filosofía Lean y su propuesta de reuniones del estilo Obeya Room. XC consiste en reunir en una gran sala a equipos multidisciplinarios con la información necesaria, modelos computacionales de alto rendimiento, herramientas de simulación, grandes pantallas gráficas interactivas con un modelo de proyecto genérico compartido por el equipo de estudio, quienes aportan con su especialización y formación para lograr el objetivo deseado. Este modelo comenzó en la NASA con el equipo Jet Propulsion Laboratory, quienes lograron reducir los tiempos de duración de muchos proyectos de estudio, desde los 3-9 meses hacia un par de días. Las principales ventajas del modelo es que reduce los tiempos de respuesta en el equipo (menos de un minuto frente a varios días en un equipo tradicional) y crea una red de conocimiento que provee las habilidades y experiencias necesarias.

3.3 Caso 3: Roadmap for Lean Implementation at the Project Level [21]

Construction Industry Institute desarrolló un mapa a seguir para la implementación de Lean en proyectos de construcción en su paper: Roadmap for Lean Implementation at the Project

Level. En el paper, se investigaron 15 casos¹⁰ de implementación de Lean en empresas de distintos tamaños y países. Si bien la investigación está enfocada en la industria de la construcción, existen conceptos y características comunes de la implementación de metodología y herramientas Lean.

Entre las dificultades de la implementación está principalmente el capital humano que se resiste a cambiar el statu quo de la organización; modificar su forma habitual de hacer las cosas requiere un fuerte cambio de paradigma. Al momento de seguir esta filosofía e introducir herramientas, las personas se confunden en sus conocimientos y competencias; esto ocurre aún más cuando se le pide a contratistas a ser parte de la implementación; todo esto implica enseñarles y ayudarlos a desarrollar las capacidades y aprendizajes necesarios. A lo anterior, se suma que la filosofía Lean promueve la mejora continua, por tanto, es un proceso de largo plazo y las personas al no ver resultados inmediatos, se desmotivan y no comprenden su verdadero beneficio.

Dentro de los factores de éxito en la filosofía Lean, es vital que toda la compañía esté alineada bajo los mismos objetivos. La filosofía Lean debe ser una iniciativa desde los altos rangos de la compañía hasta las divisiones menores y luego en los proyectos a realizar. Es por eso que en este proceso es crucial el liderazgo; deben existir los denominados “agentes de cambio” que promuevan e incentiven los pensamientos de la filosofía Lean en la cultura de la empresa y que apoyen en la adopción de prácticas y herramientas, siendo un factor de éxito determinante para la implementación. Otro factor relevante para el éxito son las capacitaciones a lo largo de toda la empresa, en un proceso continuo donde el aprendizaje debe ser constante, no deben ser instrucciones aisladas, además se deben incrementar las relaciones con todos los participantes del proyecto tratando de juntarlos en equipos multidisciplinarios para comprender de una mejor forma, generando una relación de colaboración y cooperación. Finalmente, para que esto funcione, es necesario que la información sea visible y compartida en tiempo real, mediante un buen canal de comunicación con una red de compromisos confiables en que todo el personal esté comprometido con la optimización y el aumento de productividad.

El estudio de casos bibliográficos permite demostrar la posibilidad de implementación de Lean Management en la industria del desarrollo de ingeniería, donde el flujo de trabajo corresponde a información y conocimiento mediante documentos y planos. Además, los casos demuestran que es primordial abarcar la gestión del cambio en las personas para lograr que su cultura organizacional se encuentre alineada a los principios y metodologías.

¹⁰ Empresas estudiadas: General Motors, BMW Constructors, Southland Industries, Burt Hill Architects & Engineers, Air Products, BAA/LOR, Sutter Health, Westbroo006B, Boldt, GS Construction, Walbridge Aldinger, Dee Cramer, Ilyang, Spancrete

4. Capítulo IV: Desarrollo de Ingeniería en los Proyectos de Codelco

4.1 Lineamientos Estratégicos

Se detallan los objetivos dentro de las áreas a trabajar para comprender cuál es la estrategia deseada y cuál es la definición de Productividad dentro de la empresa.

4.1.1 Objetivos Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad [22]

Objetivo General:

Cautelar la calidad de los entregables de cada uno de los Proyectos de la Vicepresidencia de Proyectos y validar los procesos que aseguren la calidad de los resultados.

Objetivos Específicos:

En materia de experticia: definir la razonabilidad técnica del diseño de los proyectos, identificar riesgos del diseño y operacionales, y ser contraparte de altos especialistas. Además, se encarga de definir un cuerpo normativo base, identificar y aplicar mejores prácticas y capturas de sinergias y liderar la gestión del conocimiento.

En materia de definición de roles y estructuras organizacionales: entregar la validación de estructuras organizacionales de proyectos, apoyar la definición de roles y responsabilidades y validar las competencias en contratación de personal.

En materia de los entregables: asegurar calidad y completitud de los entregables y apoyar el control de adherencia a los procesos de gestión.

4.1.2 Objetivos Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad [23]

Objetivo General:

Fortalecer y optimizar los procesos para asegurar resultados robustos que den sostenibilidad a los proyectos que ejecuta la VP.

Objetivos Específicos:

En materia de experticia: garantizar calidad, eficiencia y eficacia en la gestión de procesos que permitan a la VP alcanzar sus metas de productividad y aportar a la cadena de valor del negocio. Lo cual se materializa mediante el ser un recurso especializado, un acompañamiento colaborativo y una asesoría técnicamente validada que apoye las mejores prácticas y estándares de trabajo en la organización

En materia de trabajo en equipo: la estrategia es la colaboración y un estilo de trabajo con reconocimiento en la organización. Un modo de trabajar, empático, cercano, diverso y con la capacidad de ejercer un rol colaborativo.

4.1.3 Definición de Productividad

Productividad: Ser eficaz en el desarrollo de ingeniería, es decir, desarrollar los estudios necesarios en los tiempos indicados cumpliendo con la calidad establecida.

Aumentar la productividad en Ingeniería se interpreta como un aumento del desarrollo de ingeniería, por medio de ser eficaz en los estudios necesarios en los tiempos y calidad indicados a nivel de proyecto, considerando el plazo y costo en su conjunto con otras disciplinas, para lograr cumplir con la madurez del proyecto en su totalidad. (J. Aracena, Dirección de Productividad, Comunicación Personal, 9 junio 2016)

4.2 Descripción del Desarrollo de Ingeniería en los Proyectos de Codelco

Se detallan las actividades del proceso de Ingeniería de Prefactibilidad en el desarrollo de ingeniería pre-inversional de los proyectos de Codelco, esto se encuentra normado mediante documentos estándares desarrollados por la VP.

4.2.1 Desarrollo de Ingeniería Pre-Inversional

4.2.1.1 *Sistemas y Roles en el Desarrollo de Ingeniería de los Proyectos*

Los proyectos se basan en el Sistema Gestión Inversiones (SIC) y en el Sistema Gestión de Proyectos (SGP), el primero indica qué tipo de inversiones de capital realizar y el segundo, cómo se deben realizar los proyectos, esto es acompañado de una documentación en el Sistema de Gestión Documental (SGDOC) [25]. Estos sistemas contienen todos los procesos, procedimientos, normativas estándares y documentación requerida para el desarrollo de proyectos, tanto para el ámbito de calidad del diseño como en los procesos internos. Cabe destacar que hasta finales del año 2015, existía un 72% de la documentación de los procesos, y dentro de esto, un 40% se encontraba estandarizado como prácticas habituales por los ingenieros de las distintas áreas funcionales (G. Quiñones, Director de Calidad, Comunicación Personal, 12 abril 2016)

El Gerente General de la VP, denominado Vicepresidente de Proyectos, dará inicio al proyecto con la designación de Gerente de Proyecto, quien complementará su equipo conservando las mismas áreas funcionales que la Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad (GIC) de la VP; esta gerencia es responsable de promover recursos internos y/o externos para el desarrollo de ingeniería en los proyectos, para la cual contrata a una Empresa Externa de Ingeniería, que es aquel a quien Codelco encarga en calidad de cliente la ejecución de los servicios de ingeniería manteniendo el gerenciamiento como propio. Para regular y gestionar el trabajo con esta Empresa Externa de Ingeniería, el Gerente de la GIC en concordancia con Gerente del Proyecto designa a un *Equipo de Contraparte*, conformado por profesionales de la VP asociados al proyecto. En este equipo, se nombra a un Director de Ingeniería, que será el responsable de regular y gestionar todo el trabajo realizado por la Empresa Externa de Ingeniería, además, es el responsable ante el Gerente de Proyecto del desarrollo de las actividades de ingeniería, de acuerdo con el alcance, presupuesto y programa del contrato, y, además, de asegurar la calidad de los diseños de ingeniería.

Por lo tanto, los roles directivos de Codelco que intervienen en el desarrollo de la ingeniería en los proyectos son: Gerente del Proyecto, Director de Ingeniería del equipo contraparte y el Gerente de la GIC que otorga un sustento funcional, tal como lo muestra la Ilustración 6. [26]

Ilustración 6: Roles dentro del Desarrollo de Ingeniería



Fuente: Elaboración propia a partir de documentos de SGDOC

4.2.2 Proceso de Ingeniería

El proceso que sustenta el desarrollo de la Ingeniería en los proyectos, tiene los siguientes macroprocesos:

- Actividades de inicio
- Planificación del estudio o proyecto
- Licitación de los contratos y Desarrollo de la fase correspondiente
- Actividades de cierre
- Control

El proceso de actividades de inicio tiene como objeto conformar el equipo de trabajo y revisar la etapa anterior, entre las tareas más importantes está la selección del Director de Ingeniería y organización de la Contraparte, y revisión del alcance de la Ingeniería. El proceso de planificación del estudio tiene como objeto especificar la línea base con la cual se va a desarrollar la ingeniería y tiene los siguientes procesos críticos: planificación de revisiones funcionales y de la estructura de los entregables, planificación de un programa que contenga los recursos y cantidad de profesionales en HH, además de las plataformas tecnologías necesarias para el desarrollo del proyecto, también contiene la planificación de la licitación de servicios de ingeniería. La licitación de los contratos comienza con la preparación de las bases técnicas y el método de evaluación de las ofertas, para luego escoger alguna de las ofertas de las Empresas Externas de Ingeniería y desarrollar la ingeniería según la fase correspondiente. Finalmente, a lo largo del ciclo de vida del proyecto, éste se gestiona mediante el macroproceso de control.

El proceso de ingeniería se muestra en la Ilustración 37. Proceso de Desarrollo de Ingeniería de la VP del Anexo 2, donde además se tiene un Soporte Estratégico, un soporte del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y un soporte funcional realizado por las Gerencias Funcionales de la VP.

4.2.2.1 Proceso de Ingeniería Prefactibilidad

El proceso de ingeniería de Prefactibilidad, es una de las etapas de la fase de ingeniería pre-inversional y corresponde a un estudio que incorpora el desarrollo de Ingeniería que está dirigido a seleccionar la mejor opción entre las alternativas identificada. Este estudio, al ser un proceso

de ingeniería, tiene los macroprocesos detallados anteriormente, los cuales se encuentran disponibles en Anexo 2: Ilustración 38. Macroproceso de Inicio de la Etapa de Prefactibilidad.

4.2.3 Estudio de Ingeniería de Prefactibilidad

El estudio de Ingeniería de Prefactibilidad evalúa la viabilidad técnica y económica de la oportunidad de negocio detectada mediante el reconocimiento, definición conceptual, evaluación técnico-económica y definición del nivel de riesgo de las diferentes alternativas de desarrollo del negocio, además de las tecnologías disponibles y diseño asociado, tamaño, localización, construcción y explotación del activo, con el fin de seleccionar la opción óptima desde un punto de vista de riesgo-rentabilidad o recomendar no continuar con los estudios del proyecto.

Esta fase es altamente crítica y trascendente debido a que una decisión no adecuadamente respaldada puede conducir a desechar una buena oportunidad de negocio o a continuar el proyecto con una opción sub-óptima o con presupuesto y programa de ejecución subestimados. En promedio, en el Estudio de Perfil, un 75% de las alternativas a desarrollar se desechan, en Prefactibilidad un 50% y en Factibilidad, sólo se caen un 2% de las alternativas para luego pasar a la fase inversional, por lo tanto, es fundamental analizar el área de Prefactibilidad porque luego de ella, vienen etapas críticas de inversión. (G. Soto, Gerente de Ingeniería y Constructibilidad, Comunicación Personal, 07 junio 2016)

El objetivo que persigue esta etapa es maximizar la rentabilidad de la inversión, con el fin de ofrecer la mejor oportunidad de negocio disminuyendo el rango de variabilidad sobre la cual se toma la decisión final. El indicador utilizado para valorar las distintas oportunidades de negocio es el VAN (Valor Actual Neto) y se busca aquella solución que otorgue un mayor valor a un menor CAPEX en base a un análisis de beneficios-riesgos. [27]

4.2.4 Entregables del Estudio de Ingeniería de Prefactibilidad

Los entregables de Ingeniería¹¹ de Prefactibilidad deben contener una definición adecuada que permita sustentar en forma robusta, objetiva y confiable la opción técnico-económica seleccionada, la cual deberá tener los análisis de riesgo y sensibilidad que la relevancia de las decisiones así lo justifiquen, además de su sustentabilidad ambiental, la estimación presupuestaria, el programa y el Plan de Ejecución de la próxima fase, entre los más relevantes. Al término de la Etapa de Prefactibilidad se debe contar con una base geo-científica suficientemente robusta en contenido y calidad para desarrollar la etapa de Factibilidad. Así también deberá entregarse el plan de captura de información a desarrollar durante la factibilidad que permita contar con una base geo-minera-metalúrgica adecuada para desarrollar la etapa de ingeniería de detalles y la planificación minera detallada para los primeros años de producción.

4.2.4.1 Niveles de Entregables

Para medir la calidad en el desarrollo de ingeniería se utiliza la madurez del entregable de ingeniería, ésta es categorizada mediante Clases de Estimación:

¹¹ Se entiende por “Entregables de Ingeniería” a los planos, documentos y registros digitales de diseño 3D que deben ser desarrollados en las distintas fases de ingeniería por la Empresas Externa de Ingeniería y que deben cumplir con el alcance definido por la GI de la VP.

Ilustración 7. Clases de estimación de Ingeniería para los estudios Ingeniería



Fuente: Elaboración propia a partir de documentos de SGDOC

La Clase de Estimación establece la calidad de estimación de costos de capital y operación (CAPEX y OPEX) que deberá lograrse durante el estudio, además de estipular la calidad de las estimaciones definitivas que pueda ser necesario realizar en la etapa de ejecución. [27]

El tipo de estimación tiene relación a las estimaciones de equipos y materiales, los cuales pueden ser desglosados por tipo, por ejemplo, la estimación de materiales para la estructura de acero tiene tipos de materiales como la estructura pesada, extra pesada, mediana, liviana y planchas, parrillas y misceláneos. De esta forma, en una Estimación General se tendría el valor estimado para las toneladas totales de estructuras de acero, sin el desglose por tipo o subtipo, lo que si se obtiene de la Estimación Diferenciada por tipos. Por otro lado, el método de evaluación tiene relación con la profundidad del análisis y el origen de los datos, detallados en la Tabla 2:

Tabla 2. Descripción de Método de Evaluación

Método	Definición
Evaluado	Costos discrecionales en base a datos referenciales generales, pero sin montos disponibles aún. Uso del juicio experto de la Ingeniería VP.
Factorizado	En proporción a datos de costos previos y referenciales, posible medir algunos volúmenes globales para compararlos con datos referenciales
Calculado	Mediante el uso de memorias de cálculos y cubicaciones, posible inferir con precisión dimensiones o características detallas y susceptibles de seguimiento
Detallado	Posible calcular todas las cantidades, cotizaciones de suministro de equipos y materiales, costos de mano de obra y productividad calculados con presupuesto.

Fuente: [27]

Cada Clase de estimación está asociada a un estudio de ingeniería como lo muestra la Tabla 3, siendo el estudio de interés, ingeniería de Prefactibilidad de Clase 4.

Tabla 3. Definición de Clases para los estudios de Ingeniería

Tipo de Clase	Etapa de Ingeniería	% de la ingeniería desarrollada	Precisión ¹²	Documentación de Estimación
Clase 5	Estudio de perfil	1 a 2%	±30 a 35%	Datos Referenciales
Clase 4	Estudio de Prefactibilidad	10 a 15%	±20 a 25%	Cotizaciones de equipos, precios referenciales de materiales.
Clase 3	Estudio de factibilidad	15 a 25%	±10 a 15%	Múltiples cotizaciones de equipos y materiales
Clase 2	Estudio de Ingeniería en Detalle	4 a 60% de definición de proyecto, con mínimo 75% de ingeniería terminada	±5 a 10%	Mínimo 40% de abastecimiento y 10% de la construcción determinados por licitación

Fuente: [27]

4.2.4.2 Revisiones de Entregables de Ingeniería

Los entregables de ingeniería tienen un proceso de revisiones internas, lo cual se categoriza mediante los siguientes números o letras [28]:

- Revisión A: Revisión interna de la empresa que desarrolla el estudio de ingeniería.
- Revisión B: Revisión interna de la Gerencia de Proyecto de Codelco con apoyo funcional de la VP.
- Revisión C, D, E, ..., etc.: Revisiones de la empresa de ingeniería posteriores a los comentarios provistos por Codelco.
- Revisión P o Q: Revisión y aprobación final de Codelco para los estudios de ingeniería de Prefactibilidad o Factibilidad.
- Revisión 0 o 1: Revisión y aprobación final de Codelco para los estudios de ingeniería en detalle.

Estas revisiones tienen por objetivo detectar las desviaciones u omisiones respecto de los requerimientos establecidos en el alcance del proyecto, en la documentación de la normativa Codelco y la normativa nacional. Las desviaciones encontradas son calificadas según el nivel de preocupación que éste signifique: 1 (baja), 2 (media) ó 3 (alta); se considera que hay calidad de la ingeniería cuando los diseños de ingeniería no contienen hallazgos nivel 2 y 3.

Las revisiones de los entregables, permiten presentar los avances ante la Gerencia de Proyecto, para luego reportar ante la Gerencia de Ingeniería de la VP.

¹² Rango habitual de precisión en base a los niveles P_{10} y P_{90} (Probabilidad de que los resultados estén dentro de los niveles de confianza de 10% ó 90%)

4.2.5 Reportabilidad en los proyectos

4.2.5.1 Base de programación y Control

Adjunto a las bases técnicas del contrato, se encuentran las *Bases de Programación y Control* que indican la reportabilidad exigida a la empresa contratista con el fin de controlar el avance en los estudios de ingeniería. Esto está orientado a controlar los siguientes aspectos:

- Avances físicos de los entregables
- Avances presupuestarios
- Consumo de recursos (HH)
- Eficiencia

Este reporte es entregado mediante los siguientes informes de avance:

1. Informe Semanal: Indica las actividades a realizar en la semana, el estado de avance de los entregables de ingeniería comprometidos y las alertas que afectan al desarrollo del trabajo.
2. Informe Quincenal: Muestra una actualización del cronograma de actividades, ajustándose al avance o retraso en el desarrollo de los entregables de ingeniería.
3. Informe Mensual: Muestra la completitud del desarrollo del contrato de ingeniería, indicando plazos, montos, notas de cambio, programa de actividades, hitos, avances, gasto de recursos, y subcontratos utilizados.

Cabe destacar que el avance en los estudios de ingeniería es medido respecto a lo que se hará, es decir, al pronóstico y no respecto de lo contratado originalmente, debido a la comprensión de que los estudios se pueden atrasar o alargar por aspectos que no son responsabilidad de la empresa contratista.

4.2.6 Ingeniería de Valor

Codelco, siguiendo las buenas prácticas de la industria, realiza ingeniería de valor¹³ en los proyectos, proceso conocido como *Prácticas de incremento de Valor (VIP's)*. Este proceso ocurre en el desarrollo de ingeniería de las alternativas seleccionadas (*Ver Ilustración 40. Macroproceso de Ejecución de la Etapa de Prefactibilidad del Anexo 2*)

Las Prácticas de Incremento de Valor son técnicas utilizadas para incrementar el valor de los proyectos y poder re-evaluar los desarrollos de ingeniería realizados. Dentro de la etapa de Prefactibilidad, son consideradas las siguientes VIP's [29]:

1. **Personalizar estándares y especificaciones:** Evalúa los requerimientos específicos de un proyecto para aplicar especificaciones y estándares personalizados.
2. **Revisiones de Constructibilidad:** Análisis del diseño y de cómo éste afecta la seguridad, la eficiencia y la productividad en la construcción.

¹³ Ingeniería de Valor: Evaluar el diseño de ingeniería con el fin de optimizarla.

3. **Optimización de Energía:** Metodología para optimizar los costos por medio de análisis técnico-económico de los consumos y pérdidas de energía de los procesos e instalaciones.
4. **Clases de Calidad de las Instalaciones:** Evaluación y establecimiento de la calidad de la instalación que se requiere para cumplir con los objetivos del negocio.
5. **Modelamiento de la confiabilidad del proceso:** Simulación que contribuye al análisis del cumplimiento de metas productivas con el logro de operaciones seguras y confiables.
6. **Diseño CAD 3D:** Uso de herramientas de diseño 3D durante el desarrollo de ingeniería, utilizada con el objetivo de minimizar los errores durante la etapa de construcción.
7. **Minimización de Desechos:** Análisis de la generación de desechos en los procesos, flujo por flujo con el fin de reducirlos o convertirlos en productos comercializables.
8. **Diseño a Capacidad:** Evaluar la capacidad máxima de cada equipo o sistema, con el objetivo de establecer los factores de diseño alineados a los objetivos del proyecto y minimizar las capacidades del proyecto.
9. **Simplificación de Proceso:** Reduce o combina etapas de un proceso manteniendo la conformidad de los requerimientos con el objetivo de mejorar los costos, programa y operatividad del proyecto.
10. **Selección de Tecnología:** Buscar tecnologías alternativas fuera de la empresa o de la división, que puedan ser superiores a las actualmente utilizadas.

Estas Prácticas de Incremento de Valor son analizadas, seleccionadas y planificadas por el Equipo de Contraparte con la autorización del Director de Ingeniería para que sean parte de los requerimientos expuestos en las bases técnicas que desarrollara la Empresa Externa de Ingeniería.

4.3 Diagnóstico de Boston Consulting Group

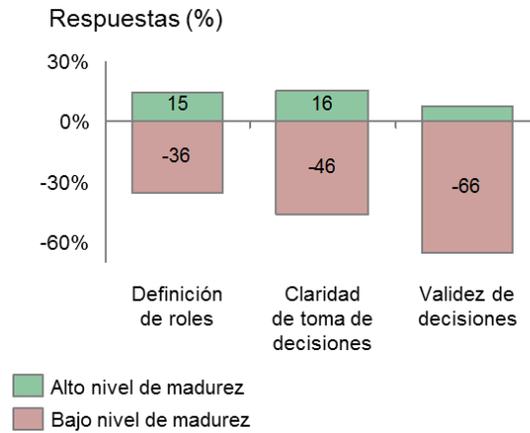
Con el fin de identificar oportunidades de mejora para el buen funcionamiento de la Vicepresidencia de Proyectos (VP), se solicitaron los servicios de Boston Consulting Group (BCG) en el año 2015, quién identificó las principales brechas entre Codelco y otras empresas sobresalientes del mercado. Este trabajo generó un plan de iniciativas para mejorar la ejecución interna, denominado *Sello Codelco en Proyectos*. [24]

El diagnóstico realizado por BCG arrojó 3 brechas fundamentales: falta de definición detallada en Modelo de Gobierno; bajo nivel de preparación para administrar la ejecución de los proyectos; y falta de un modelo robusto para el control de gestión.

Para los alcances de este trabajo, se escogen problemáticas particulares que afecten al desarrollo de los estudios pre-inversionales. En este ámbito, el diagnóstico realizado por BCG indica las siguientes falencias, donde el nivel de madurez representa el nivel de adaptación de la práctica o proceso dentro de la empresa.

Falta de definiciones claves para el desarrollo de Ingeniería y para la toma de decisiones.

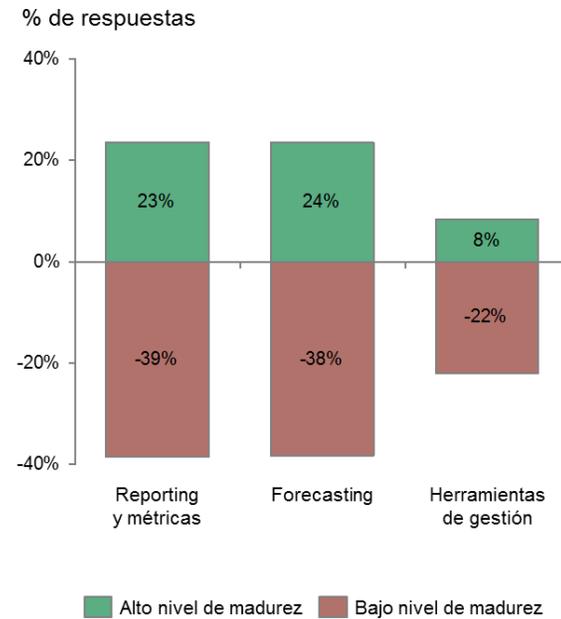
Ilustración 8. Gráfico de respuestas de Profesionales VP ante la claridad de roles y toma de decisión.



Fuente: Encuesta Online de BCG, n=67

Sistema de Control de Gestión es infectivo para la gestión efectiva de proyectos

Ilustración 9. Gráfico de respuestas de Profesionales VP ante la madurez del sistema de control de gestión.



Fuente: Encuesta Online de BCG, n=67

5. Capítulo V: Análisis de Caso de Estudio

5.1 Análisis del Caso de Estudio

El caso de estudio corresponde al proyecto tranque de relaves de Talabre de la División Codelco Norte, tranque encargado de recibir los relaves de las Divisiones: Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales.

5.1.1 Descripción del Proyecto [30]

El tranque de relaves Talabre, se localiza aproximadamente a 12 Km. al sureste de Chuquicamata, en la Segunda Región, Provincia de El Loa, Comuna de Calama, a 250 Km. al noreste de la ciudad de Antofagasta. En el año 2007, era parte de la División Codelco Norte (DCN) que contemplaba las minas de Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales.

Los tranques de relaves son un depósito de los desechos generados en la operación de la mina. Un tranque está formado por un muro de contención, construido por la fracción gruesa de los relaves (arenas) y la fracción fina (lamas) pasa a formar parte de un embalse de sustancias más líquidas. En particular, el sistema del tranque de relaves Talabre está compuesto por 9 espesadores convencionales, aproximadamente 7 km. de canal, una cámara de control y distribución, 3 tuberías de grandes diámetros para conducción y disposición dentro de la cubeta, y un sistema de captación para la recuperación de aguas con un estanque de regulación y un sistema de impulsión de aguas recuperadas al proceso.

El tranque es parte del proceso productivo de Sulfuros¹⁴, una de las líneas productivas de Codelco. Este tranque recibe la totalidad de los relaves generados por las plantas concentradoras de Sulfuros de la DCN, cuyo tratamiento medio diario era de 182 KTPD, además, este tranque realiza un proceso de recuperación de aguas, las cuales son utilizadas para las operaciones de las DCN.

En el año 2007, este tranque contaba con autorización de operación hasta alcanzar la cota de coronamiento 2.490 m.s.n.m, lo cual se pronosticó que ocurriría en el año 2014. Debido a esto, en el año 2008 la División Codelco Norte solicitó el inicio del peraltamiento del muro del tranque desde la cota 2.490 m.s.n.m. hasta una cota aproximada a la 2.500 m.s.n.m con el fin de aumentar la capacidad de almacenamiento en 700 millones de toneladas de relaves a una tasa de 232 KTPD y poder continuar con sus operaciones luego del año 2014.

5.1.2 Descripción de Estudio de Prefactibilidad

El estudio de perfil realizado por la DCN tenía 3 posibles alternativas para aumentar la capacidad del tranque de relaves de Talabre: continuar con el sistema convencional de llenado del tranque y construcción de muros perimetrales; cambiar a la tecnología de relaves espesados o filtrados; y construir un nuevo tranque localizado aproximadamente a 50 Km. al noroeste de la Concentradora Chuquicamata, en la margen poniente de la Sierra de Montecristo.

¹⁴ Las etapas del proceso de producción de los sulfuros son: extracción, chancado, concentración, fundición y electro refinación.

El resultado de los estudios realizados indicó que la única alternativa viable para disponer los relaves en el año 2013-2014, es el proyecto de aumento de capacidad del tranque de relaves Talabre mediante la construcción de muros perimetrales, dado que no se cuenta con plazo suficiente para materializar otras alternativas de disposición de relaves, como por ejemplo un nuevo tranque, o un sistema de relaves espesados.

El estudio de Prefactibilidad necesario para aumentar la capacidad del tranque de relaves de Talabre mediante la construcción de muros perimetrales contempla el desarrollo de los siguientes ítems en el estudio de ingeniería [30]:

Estudios de terreno

- Topografía complementaria
- Exploraciones geotécnicas

Estudios Generales

- Estudio geotécnico
- Estudio hidrológico
- Estudio sísmico
- Análisis de riesgo
- Seguridad y salud ocupacional

Ingeniería conceptual

- Bases y criterios de diseño
- Estudio llenado del tranque
- Estudio colapso tranque
- Diseño peraltamiento de los muros
- Diseño sistema monitoreo tranque
- Diseño sistema recuperación e impulsión de aguas
- Diseño suministro y distribución eléctrica
- Obras de infraestructura general (caminos, obras de arte, edificaciones)
- Estudio de constructibilidad, mantenibilidad y confiabilidad
- Estudio eficiencia energética
- Estudio de vulnerabilidad
- Plan de cierre del tranque
- Otros estudios complementarios
- Determinación de costos de inversión, beneficios y de operaciones
- Programa de construcción
- Presupuesto de construcción
- NCC-24¹⁵

Creación de informe para Factibilidad

- Programa maestro, presupuesto y flujos de caja
- Plan de ejecución del proyecto
- Documentos entregables

¹⁵ Normativa interna de Codelco con la cual se debe cumplir.

- Elaboración y presentación del informe para Factibilidad

Estudios ambientales y permisos sectoriales

- Estudio de pertinencia EIA¹⁶
- EIA Tranque o Modificación EIA proyecto
- Documentos a nivel conceptual del permiso SERNAGEOMIN
- Documento a nivel conceptual permiso DGA¹⁷

Estos contenidos se materializan en Anexo 4: Ilustración 43. Lista de Entregable para el Estudio de Prefactibilidad.

En la Tabla 4 se muestran las principales fechas de este programa de ingeniería y en la Ilustración 44. Cronograma del Estudio de Prefactibilidad del Anexo 4 se encuentra el detalle de las actividades en un programa denominado Plan Maestro.

Tabla 4. Cronograma de las Actividades de Ingeniería

Hito	Fecha Programada de Inicio	Fecha Programada de Terminación
Aprobación de Fondos	17-Dic-2007	30-May-2008
Contratación e Inicio Ing. Conceptual	31-May-2008	8-Ago-2008
Informe Ingeniería Conceptual	8-Ago-2008	14-Ago-2009
Contratación e Inicio de Estudios ambientales y sectoriales	11-Sep-2008	30-01-2009
Informe de Estudios Ambientales y Sectoriales	8-Ago-2008	27-Ago-2009
Preparación informe final para Factibilidad	5-Jun- 2009	31-Ago- 2009
Cierre	6-Jul-2009	31-Ago-2009

Fuente: [30]

¹⁶ EIA: Estudio de impacto ambiental

¹⁷ Departamento General de Aguas

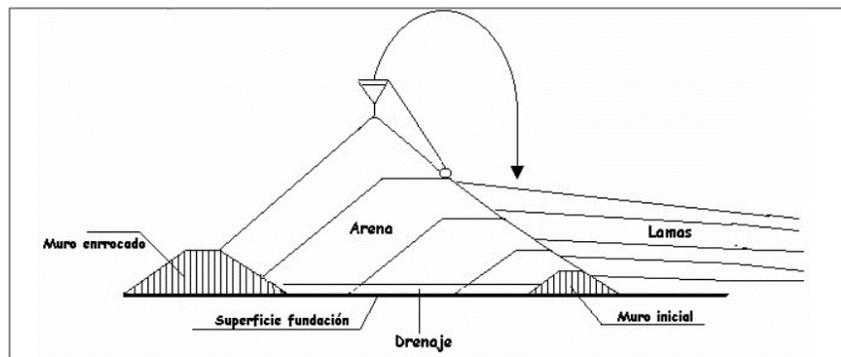
5.1.3 Alternativas de Estudio de la Etapa de Prefactibilidad

Con la decisión del estudio de Perfil, en el estudio de Prefactibilidad se analizan tres alternativas de peraltamiento, según sea el método constructivo de los muros [31]:

1. Alternativa método constructivo mecánico

Hasta el año 2008, el crecimiento de los muros del tranque se ha realizado en base a etapas discretas de construcción, principalmente mediante un método de construcción mecánico de disposición de las arenas o también conocido como “aguas abajo”. Este método considera una clasificación previa de arenas de relave mediante ciclones y el secado en acopio, para luego, una vez alcanzada una humedad adecuada, se vacía la arena cicloneada hacia el lado del talud¹⁸ aguas abajo¹⁹ de este muro y las lamas se depositan hacia el lado del talud aguas arriba. Cuando el muro se ha peraltado lo suficiente, se efectúa el levante del muro desplazando los Hidrociclones a una mayor elevación en dirección aguas abajo y comenzando una nueva etapa de descarga de arena y lamas.

Ilustración 10. Método Aguas Abajo



Fuente: [31]

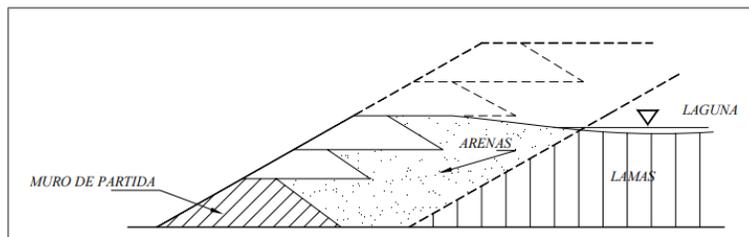
2. Alternativa método constructivo hidráulico

Esta alternativa considera implementar un método de construcción de muros continuo, mediante disposición hidráulica de arenas o también conocido como “aguas arriba”. Esta disposición de relaves se realiza mediante clasificadores denominados Hidrociclones; la fracción clasificada más gruesa o arena se descarga por el flujo inferior de las tuberías del Hidrociclón y se deposita junta al muro inicial, mientras que la fracción más fina o lamas salen por el flujo superior y se deposita hacia el centro del tranque, de tal forma de formar una especie de laguna. Una vez que el depósito está próximo a llenarse, se procede a levantar el muro desplazando los Hidrociclones a una mayor elevación en la dirección aguas arriba y comenzando una nueva etapa de descarga de arenas, procediendo así de forma sucesiva.

¹⁸ Talud: Superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de adoptar de forma permanente las estructuras de tierra.

¹⁹ Aguas Abajo: Hacia abajo o en el sentido de la corriente que sigue la forma del talud. Aguas arriba significa lo contrario.

Ilustración 11. Método Aguas Arriba

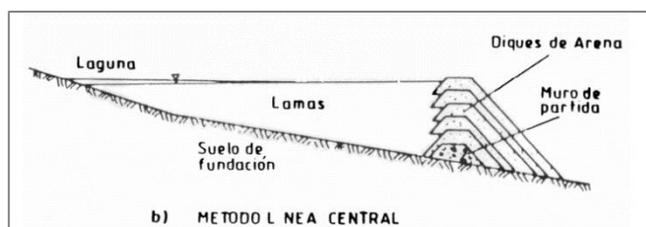


Fuente: [31]

3. Alternativa mixta

Esta alternativa podría darse en caso que la evaluación económica concluya que, para algún muro, o parte de él, conviene aplicar una mezcla de ambos métodos, lo cual es conocido como “Eje Central”. Esto consiste en comenzar depositando arenas cicloneadas hacia el lado aguas abajo y lamas hacia el lado de aguas arriba, una vez completado el vaciado de arenas y lamas, se eleva la línea de alimentación de arenas y lamas, siguiendo el mismo plano vertical inicial de la berma de coronamiento del muro de partida, lo que permite lograr un muro de arenas cuyo eje se mantiene en el mismo plano vertical, cuyo talud de aguas arriba también lo es y el talud de aguas abajo posee el ángulo de inclinación que se desee.

Ilustración 12. Método Eje Central



Fuente: [31]

5.1.4 Contratos Etapa de Prefactibilidad

El estudio de Prefactibilidad comienza el 20-08-2008 con la aprobación de los fondos, una duración de 15 meses con fecha de término el 19-11-2009 y presupuesto de KUS\$ 3.040 (en moneda 2010) [32]. Esta aprobación de fondos tuvo un atraso de 3 meses, por lo tanto, el Plan Maestro del proyecto tuvo que ser actualizado (*Ver Ilustración 46. Plan Maestro Actualizado del Anexo 4*), lo cual atrasó y movió las fechas del proyecto en 2 meses y medio.

El servicio de ingeniería lo desarrolla la *Empresa Contratista 1* en el Contrato 4500899449 “Ingeniería Conceptual Aumento Capacidad de Almacenamiento Tranque de Relaves Talabre”. El contrato fue adjudicado el 29-10-2008 y tuvo fecha de inicio el 24-11-2008, con una duración de 300 días terminando el 25-09-2009 y valor de US\$ 927.755. Este contrato tenía fecha comprometida de inicio el 29-10-2008 y comenzó el 24-11-2008, lo cual implica 1 mes más de atraso según lo planificado.

El contrato de ingeniería tenía comprometida las siguientes tareas [33]:

1. Estudios De Terreno
2. Estudios Generales
3. Ingeniería Conceptual
4. Preparación y Presentación del documento para Factibilidad

Además, para realizar este trabajo, la Empresa Contratista 1 formó un equipo de trabajo con las *Empresas Subcontratistas 1 y 2*.

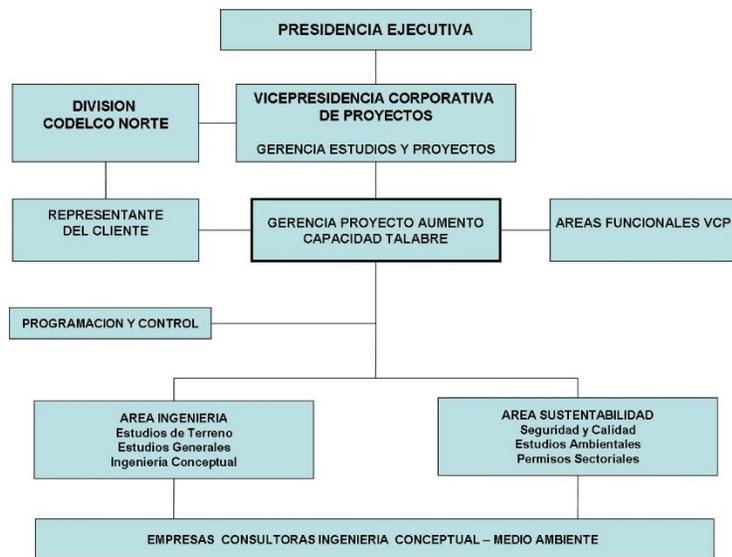
El servicio para gestionar los permisos ambientales y sectoriales lo desarrolla la *Empresa Contratista 2* en el contrato 45000993288 “Servicios Ambientales y Comunitarios Estudios de Prefactibilidad Proyecto Disposición de Relave en DCN”, con una duración de 150 días y un valor de KUS\$ 121. Este contrato fue adjudicado el 08-09-09 y se inició el 22-09-09. Según calendario la fecha de adjudicación debía ser 02-05-09 y fecha de inicio el 01-06-09, lo cual también atrasó al proyecto en 3 meses.

5.1.5 Estructura Organizacional del Proyecto

La gerencia y administración del proyecto fue ejecutada y gestionada por la *Gerencia del Proyecto Aumento Capacidad Talabre*, compuestas por profesionales de la VP. El desarrollo de ingeniería fue realizado por la Empresa Contratista 1 y el desarrollo de los servicios de medioambiente por la Empresa Contratista 2.

La estructura organizacional del proyecto se muestra en el siguiente organigrama:

Ilustración 13. Organigrama del Proyecto.



Fuente: [30]

El dueño del Proyecto es la Presidencia Ejecutiva de Codelco, el cliente es DCN y del personal de la Vicepresidencia Corporativa de Proyectos (así era conocida en el año 2008 la VP) nace la Gerencia de Proyecto, la cual tiene un soporte funcional mediante las áreas de la VP.

Al interior del Proyecto, el apoyo técnico y administrativo lo realiza el equipo conformado por el área de programación y control, área de ingeniería y área de sustentabilidad. Estos ingenieros especializados son los que conforman el Equipo de Contraparte para la Empresa Contratista 1 y 2.

5.1.6 Prácticas de Incremento de Valor

En la fase de Prefactibilidad se analiza un listado de las prácticas de agregación de valor potenciales que podrían incorporarse en cada alternativa de método constructivo de muros, desde el ciclonaje hasta la colocación de las arenas, y del sistema de recuperación de aguas. Para esto, son requisito en el estudio, las VIP's: Diseño CAD 3D, Revisiones de Constructibilidad, Modelamiento de la Confiabilidad del Proceso y Optimización de Energía.

5.1.7 Reportabilidad del Proyecto

A lo largo del proyecto, la Gerencia del Proyecto de Aumento de Capacidad del Tranque Relave proporciona un informe mensual con información del avance del proyecto mediante los siguientes datos:

- Actividades
 - Actividades desarrolladas
 - Actividades en terreno
 - Actividades sociales
 - Actividades previstas para el próximo período
- Ingeniería
 - Avance de Ingeniería
 - Ingeniería prevista para el próximo período
- Medio ambiente
- Programación del Estudio
- Recursos utilizados:
 - Horas del personal utilizadas vs horas programadas
 - Cantidad de Profesionales de la VP y de la Empresa Contratista
- Costo del estudio:
 - Costo gastado vs costo presupuestado
- Empresas Colaboradoras
 - Empresas contratistas
 - Empresas subcontratadas
- Estadísticas de Seguridad
- Notas de cambio del contrato
- Hitos alcanzados
- Alertas

La Empresa Contratista, a su vez, entrega un reporte de los avances de los entregables comprometidos dadas las Bases Técnicas de Programación y Control, estos reportes contienen:

- Horas Hombre (HH)
 - HH presupuesto: HH programadas en el presupuesto inicial
 - HH gastadas: HH utilizadas en el mes de control.

- HH ganadas: HH que implican un avance en los entregables de ingeniería
- Cantidad de Entregables en Revisión A, B, C, D, P.
- Avances
 - Avance programado
 - Avance real
- Índice de Eficiencia: HH ganadas/HH gastadas

El avance se mide de acuerdo al estado de los entregables que conforman el estudio, es decir, el avance que presentan los documentos y planos acordados. El porcentaje de completitud del avance en los documentos se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Avance de los Entregables de Ingeniería

Estado de Documento	Descripción	Porcentaje de Avance
Generación de Documento	El documento es creado. Se le asigna un título y un código	5%
Documento en Desarrollo	El documento se encuentra en pleno desarrollo.	30%
Emitido en Revisión A	El documento es emitido para revisión interna.	50%
Emitido en Revisión B	El documento es emitido para comentarios del mandante.	70%
Emitido en Revisión C	El documento es emitido modificado en atención a los comentarios del mandante	90%
Emitido en Revisión D	Emisiones posteriores modificadas en atención a los comentarios del mandante.	95%
Emitido en Revisión P	Emisión del documento aprobado por el mandante.	100%

Fuente: [34]

5.2 Diagnóstico del Caso de Estudio

Mediante los informes mensuales del caso de estudio, se recopilan los principales desvíos del proyecto, como también el conjunto de datos que describen el avance y gasto del proyecto con el pasar de los meses. También se explica la causa de los desvíos mediante declaraciones provistas por profesionales del proyecto y de la VP mediante la herramienta Lean “5 Por qué”.

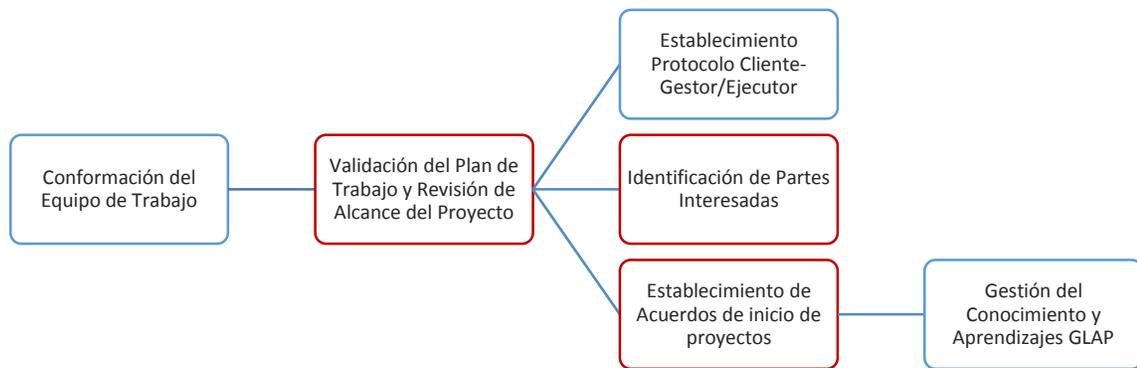
El proyecto estudiado tuvo una modificación del alcance durante finales del año 2009, por lo tanto, se analizan 2 escenarios distintos: con alcance original y con alcance modificado.

5.2.1 Historia del Proyecto con sus Principales Dificultades

5.2.1.1 Escenario 1: Proyecto con Alcance Original

El proyecto tuvo atrasos en sus fases iniciales debido a que su aprobación de fondos estaba pendiente por problemas en las definiciones claves del plan de trabajo del proyecto, tales como: objetivos del proyecto, alcance, alternativas a evaluar, requerimiento y calidad de entregables. También debido a dificultades en definir a los principales Stakeholders del proyecto y en los acuerdos iniciales que definen las responsabilidades de cada participante. Si se analiza el diagrama de flujo del proceso de la etapa de inicio, las principales dificultades se encuentran resaltadas en la Ilustración 14.

Ilustración 14. Macroproceso de Inicio de etapa de Prefactibilidad



Fuente: [35]

Luego, cuando estuvo definido el proyecto y se encontraban listas las bases para licitar los servicios, se atrasaron en temas contractuales por la dificultad de evaluar a los proponentes comenzando el desarrollo de ingeniería (el contrato primordial para este proyecto) en noviembre del 2008, 1 mes y medio después de lo planificado.

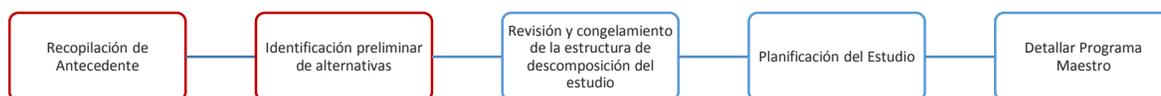
A principios del año 2009, cuando sólo había transcurrido un mes del servicio de ingeniería, se generó una alerta por parte de la Empresa Contratista 1 de que era necesario información geotécnica adicional mediante 6 sondajes para respaldar la caracterización del suelo de fundación de los muros del tranque de relaves Talabre, con el fin de analizar la estabilidad de los muros, lo cual tenía un costo de KUS\$ 200. Esto significaba un aumento de monto y plazo en el desarrollo de ingeniería, este monto no estaba dentro del presupuesto, por lo tanto, se levantó una orden de cambio al proyecto, la cual debía ser aprobada por el Gerente de la GIC de la VP. Cabe destacar, que, en estas fechas, la Gerencia de Proyecto ya tenía un nombre propuesto de la empresa que podría realizar el servicio, sin embargo, había que cumplir con el procedimiento de llamar a licitación: esperar aprobación de fondos del Gerente de la VP, recoger 3 propuestas y luego escoger 1 en base a un análisis de los proponentes.

En febrero del 2009, aún era necesaria la información adicional de los 6 sondajes solicitados y se encontraban a la espera de la aprobación de la orden de cambio y en la preparación de las bases técnicas para la licitación del servicio de sondaje. En este mes se genera otra alerta por parte de la Empresa Contratista 1 debido a que era necesario un análisis del sistema de Repulpeo de los relaves antiguos para dar continuidad operativa, los cuales eran valorados en KUS\$ 193. Esto último se aprobó rápidamente en marzo y se aumentó el plazo del proyecto de 15 a 17 meses

con una nueva fecha de término del proyecto 15-01-10, cambiando de esta forma, la planificación del proyecto en 1 y medio más (Ver detalle en Ilustración 47. Plan Maestro Actualizado V2 en Anexo 4). Esto implicó un aumento en el contrato de la Empresa Contratista 1 en 69 días, siendo su nueva fecha de término del contrato el 03-12-09.

Estas alertas en etapas tempranas del contrato con la empresa de ingeniería, se deben a problemas en los procesos iniciales del proyecto, debido a que son consecuencia de los problemas declarados anteriormente en el Macroproceso de inicio (Ver Ilustración 14), y además, por una mala planificación del estudio de ingeniería (Ver Ilustración 15. Macroproceso de Planificación de Etapa de Prefactibilidad), donde las principales dificultades se encuentran al comienzo del proceso debido a que no se realiza una adecuada recopilación de antecedentes y no se establecen los conceptos claves que originaran un buen análisis de las alternativas a evaluar, esto conlleva a que las etapas siguientes no se ejecuten de la mejor manera, ya que no se puede generar una planificación del estudio congelado, es decir, un Plan Maestro del estudio que no sea modificable.

Ilustración 15. Macroproceso de Planificación de Etapa de Prefactibilidad



Fuente: [36]

Desde enero a abril del 2009, la Empresa Contratista 1 comenzó a trabajar en 4 estudios que estaban programados por la mina MMH. Este trabajo tenía el centro de costo de MMH y por tanto era un contrato externo a la Gerencia de Proyecto de Aumento de Capacidad Tranque Talabre, sin embargo, esto afectó a la calidad de los entregables de ingeniería y, por lo tanto, se disminuyó el porcentaje de eficiencia. Es importante destacar que, al finalizar el proyecto, los profesionales declararon no volver a utilizar la misma empresa para proyectos en paralelo.

Luego, en junio del 2009 se aprueba la realización de los sondajes, pero sin modificar las fechas del proyecto, lo cual fue un acuerdo con la Empresa Contratista 1 que implicaba 58 días con un costo de KUS\$ 148 para la Gerencia de Proyectos. En julio es la adjudicación de ejecución de los sondajes a la Empresa Subcontratista 3, lo cual comenzó su trabajo el 07-07-09 con un total de 160 metros de sondaje y 57 ensayos. Estos servicios terminaron el 10-08-09. Cabe destacar, que durante el mes de julio se estancó el avance en los servicios de ingeniería debido a que no podían avanzar sin la información geotécnica de los sondajes, lo cual se resolvió en agosto con el resultado de los sondajes.

Además, en el mes de agosto los estudios realizados por la Empresa Subcontratista 1 dan cuenta de la conveniencia del método constructivo “Eje Central” sobre el método “Agua Abajo”, esta alternativa de método constructivo fue aprobada en septiembre por la Gerencia de Proyectos y en noviembre por la Gerencia de la GIC de la VP. Una vez aprobada esta alternativa constructiva, la Gerencia de Proyecto entregó el informe final de ingeniería conceptual el 20-12-2009.

Entonces, es posible denotar que luego de presentada la alternativa óptima, la Gerencia de Proyecto en conjunto con la Gerencia de la Vicepresidencia de Proyectos, se demoró 4 meses en aprobar esta alternativa, cuando lo planificado era 1 mes. Esto se genera porque no existe una metodología clara acerca del proceso de gobernanza en los proyectos, si bien están definidos los roles participantes, no hay claridad en la responsabilidad de cada uno de ellos en la toma de decisiones ni de los tiempos que éstas deberían tomar. Al analizar el flujo de procesos en esta etapa, se visualiza en la Ilustración 16 que la principal dificultad que atrasa el proyecto es la elección de la mejor alternativa debido a una falta de estructuración del procedimiento de gobernanza.

Ilustración 16. Macroproceso de Ejecución de etapa de Prefactibilidad



Fuente: [37]

5.2.1.2 Escenario 2: Proyecto con Alcance Modificado

Los estudios de Ingeniería Conceptual consideraban la solución: método constructivo eje central entre las cotas 2490 a 2.503 msnm, con relleno de arenas, pero en los estudios de la Empresa Subcontratista 1 de septiembre se generó una nueva opción con relleno de Lastre²⁰ de Mina del botadero 57 que permitía un ahorro en costos y menores plazos para la construcción de etapas posteriores. Esto fue revisado por la Gerencia de Proyecto y presentado en noviembre del 2009, ante el SERNAGEOMIN, teniendo una muy buena recepción. Por lo tanto, el equipo de proyectos determinó ampliar el alcance del estudio del proyecto y realizar también la ingeniería conceptual del Eje Central Lastre. De esta forma, se levantó una nueva orden de cambio para ampliar el plazo y monto del proyecto, concretándose en diciembre 2009 cuando se extendió el plazo del proyecto al 30 de abril de 2010 con el fin de incluir el desarrollo de ingeniería conceptual de la opción Eje Central Lastre, cambiando nuevamente las fechas programadas en el Plan Maestro (*Ver detalles en Ilustración 48. Plan Maestro Actualizado V3 en Anexo 4*). Esto implicó un monto de KUS\$ 517, que fue asignado a la Empresa Contratista 1 dada la premura de la entrega final del proyecto y por mandado del Vicepresidente de Proyectos, aumentando el plazo de su contrato en 132 días con fecha de término el 14-04-10 y duración final de 501 días.

En abril del 2010, y dado la necesidad de ampliar los plazos para desarrollar la alternativa constructiva con relleno de lastre, se levanta una nueva orden de cambio para extender hasta el 30-06-2016 el proyecto y terminar en abril los servicios de la Empresa Contratista 1 (*Ver detalles en Ilustración 49. Plan Maestro Actualizado V4 en Anexo 4*). Debido a las significativas ventajas de esta solución, era necesario agregar estudios complementarios para completar la ingeniería conceptual del relleno de lastre. Con esto, se amplía el plazo de la Empresa Contratista 1 a 558 días por un monto de KUS\$ 131 siendo la nueva fecha de término el 10-06-10. Esta ampliación considera además el desarrollo de los documentos y planos internos del SIC.

²⁰ Lastre es considerado material estéril de mina, lo cual es todo material sin valor económico por la baja o escasa ley de mineral que es extraído para permitir la explotación.

Los últimos atrasos del proyecto también tienen su origen en las etapas tempranas del proyecto, debido a que en etapas iniciales no se realiza un planteamiento acerca de las mejores alternativas a evaluar, sino simplemente se hace el procedimiento para llamar a licitación a un proyecto sin definiciones claras debido a la premura de sacar adelante el proyecto. Sin embargo, la VP tiene ingenieros especializados, con años de experiencia en proyectos similares, los cuales están lo suficientemente capacitados para otorgar ideas acerca de los aspectos más importantes a considerar en el proyecto, o cuáles serán las variables importantes al momento de escoger la mejor alternativa o saber cuáles son los lineamientos estratégicos más importantes en el desarrollo del proyecto, por ejemplo, en este caso era mucho más importante generar una estructura firme, con continuidad operacional y que permitiera que las futuras etapas se desarrollaran con mayor facilidad y a un menor costo. Sin embargo, no existe una instancia en las etapas iniciales para que estos ingenieros especializados compartan sus conocimientos y de esta forma, ahorrar costos y tiempo al generar un alcance acotado y congelado para los servicios de las empresas externas.

Otro aspecto relevante mencionado por los profesionales que participaron del proyecto, es que las reuniones o talleres realizados durante el desarrollo de ingeniería no son efectivos debido a que no están enfocadas en los problemas o alertas que están generando atrasos, sino que están enfocadas en dar un resumen del avance, de los recursos utilizados, de los entregables terminados, es decir, entregan una descripción de la situación actual, en vez de sólo revisar las contingencias que estancan el proyecto. Además, los profesionales declaran que falta alineación entre el mismo personal Codelco, entre los profesionales de la Gerencia de Proyecto y los de la VP que ayudan funcionalmente, por lo tanto, es posible presumir que falta una mejor comunicación y coordinación entre los distintos participantes del proyecto.

Cabe destacar que el contrato con la Empresa Contratista 2 no se modificó debido a que tenía un contrato de la modalidad “Abierto”, éstos operan sobre la base de un sistema de órdenes de trabajo o pequeñas licitaciones dirigidas, respaldadas por un marco general. Estos contratos son utilizados debido a la incertidumbre del alcance dado los documentos extras que puedan exigir las autoridades ambientales y sectoriales. Además, este contrato con la Empresa Contratista 2 tuvo un atraso de 3 meses en su contratación, lo cual permitió unir la solicitud de los permisos de la opción de relleno de arena con la opción de lastre, y por lo tanto, las HH utilizadas coincidieron en gran manera a lo programado.

El 2 de junio se recibieron todos los entregables versión A de la Empresa Contratista 1 y el 5 de junio los de la Empresa Contratista 2, completándose de esta forma los servicios de empresas externas y cerrando ambos contratos en septiembre con los documentos en versión 0 (con todas las observaciones corregidas y aprobadas por el cliente). Aquí se denota que la Gerencia de Proyecto demora 3 meses en hacer todas las revisiones del proyecto, lo cual atrasa la finalización del proyecto, esto ocurre porque no hay plazos establecidos de revisión, entonces las empresas contratistas les dan un plazo de 20 días hábiles para la revisión y la Gerencia de Proyectos realiza las correcciones en la última semana de este plazo, lo cual atrasa la entrega de los documentos y planos finales debido a que se deben esperar el mismo plazo para que las empresas contratistas devuelvan los documentos con las correcciones modificadas.

En julio aún no se aprueba la última reformulación por plazo y la Gerencia de proyecto alerta en sus informes, que una vez aprobado el plazo, procederán con la elaboración del informe final para la etapa de Factibilidad, lo cual les toma un plazo de 3 meses. Finalmente, el 12 de octubre fue aprobada la reformulación por plazo, siendo la última instancia de actualización y quedando guardado en los registros como versión final (*Ver detalles en Ilustración 50. Plan Maestro*

Actualizado V5 en Anexo 4). Debido al atraso en la aprobación y dado que la Gerencia del Proyecto necesita de 3 meses para la elaboración final, se mueve la fecha de cierre del proyecto hasta el 17 de diciembre 2010. Esta fecha era la última oportunidad de cierre debido a que no es posible reembolsar gastos para este proyecto en el año 2011 ya que no fue ingresado como parte de los proyectos activos del 2011. Es por esto que se aceleró la realización de los documentos logrando tener los documentos para el 31 de diciembre 2010.

Finalmente, en diciembre 2010, se obtiene un informe completo de la ingeniería conceptual del Proyecto Aumento de Capacidad del Tranque de Relaves Talabre, desde la cota de coronamiento 2.490 m.s.n.m hasta la cota 2.503 m.s.n.m. El estudio incluyó el sistema de distribución de relaves, desde la cámara Preco y Cámara C1, el peralte de los muros del tranque mediante el método de crecimiento eje central, y el sistema de captación y recirculación de aguas desde la cubeta del embalse a los estanques de División Chuquicamata. Este aumento de capacidad considera el almacenamiento a una tasa de 232 KTPD de relaves. Además, se desarrollaron los estudios ambientales y los permisos sectoriales SERNAGEOMIN y DGA para la Etapa Solución Eje Central que modifica el sistema de crecimiento aguas abajo a eje central, con rellenos de arena o lastre. Se obtuvo la aprobación del permiso SERNAGEOMIN y quedó ingresada en la DGA la adaptación del proyecto para ser archivada. Estos permisos son relevantes para la futura obtención de los permisos sectoriales de las etapas siguientes, cuyas solicitudes deben ser presentados a la autoridad a nivel de ingeniería básica.

5.2.2 Análisis de los desvíos

5.2.2.1 Desvíos en Fechas del Proyecto

Las dificultades del proyecto generaron un atraso de 16 meses, finalizando en diciembre del 2010, en vez de agosto del 2009, como lo muestra la Tabla 6.

Tabla 6. Plazos del Proyecto

Hito	Fecha Programada Inicio	Fecha Programada Término	Fecha Realización	Desviación (en meses)
Aprobación de Fondos	17-12-2007	30-05-2008	20-08-2008	2,7
Contratación e Inicio Ing. Conceptual	31-05-2008	08-08-2008	24-11-2008	3,6
Informe Final Ingeniería Conceptual	08-08-2008	14-08-2009	04-12-2009	3,7
Contratación e Inicio de Estudios Ambientales Y Sectoriales	11-09-2008	30-01-2009	22-09-2009	7,8
Informe Final De Estudios Ambientales Y Sectoriales	30-01-2009	27-08-2009	19-12-2009	3,8

Preparación Informe Para Factibilidad	05-06-2009	31-08-2009	29-12-2009	4,0
Cierre Original	06-07-2009	31-08-2009	31-12-2010	16,2

Fuente: [38]

El atraso mostrado en la Tabla 6 considera las fechas iniciales del proyecto, es decir, las fechas del Plan Maestro V1 que fue actualizado en agosto del 2008.

Si ahora se consideran las desviaciones para cada tarea del Plan Maestro, considerando las 5 actualizaciones que tuvo el programa debido a las órdenes de cambio se tiene el resultado mostrado en Tabla 7 (*Ver más detalle en Tabla 8. Detalle de las Fechas Actualizadas del Proyecto*).

Tabla 7. Desvíos en Fechas del Proyecto

Hito	Fecha Programada Inicio	Fecha Programada Término	Número de Actualización	Fecha Realización	Desviación (en días)	Desviación (en meses)
Aprobación de Fondos	17-12-2007	30-05-2008	Original	20-08-2008	82	2,7
Contratación e Inicio Ing. Conceptual	21-08-2008	29-10-2008	V1: Agosto 2008	24-11-2008	26	0,9
Informe Final Ingeniería Conceptual	23-09-2008	04-12-2009	V2: Marzo 2009	04-12-2009	0	0
Contratación e Inicio de Estudios Ambientales Y Sectoriales	02-05-2009	01-06-2009	V2: Marzo 2009	22-09-2009	113	3,8
Informe Final De Estudios Ambientales Y Sectoriales	01-06-2009	07-12-2009	V2: Marzo 2009	19-12-2009	12	0,4
Preparación Informe Para Factibilidad	22-08-2009	19-12-2009	V2: Marzo 2009	29-12-2009	10	0,3
Cierre Original	15-11-2009	15-01-2010	V2: Marzo 2019	15-01-2010 ²¹	0	0
Total Desviación Escenario 1					243	8,1
Informe Final Ingeniería Conceptual Con Lastre	18-01-2010	30-04-2010	V4: Febrero 2010	30-04-2010	0	0
Informe De Estudios Ambientales Con Lastre	15-02-2010	30-04-2010	V4: Febrero 2010	30-04-2010	0	0

²¹ Fecha Planificada debido a que este evento no ocurrió.

Informe Final Para Factibilidad Con Lastre	20-03-2010	10-05-2010	V4: Febrero 2010	30-11-2010	204	6,8
Cierre con Alcance Modificado	15-11-2009	30-06-2010	V4: Febrero 2010	31-12-2010	184	6,1
Total Desviación Escenario 2					388	12,9

Fuente: Elaboración Propia con Informes Mensuales Dic 2008-Dic 2010

Una de las principales conclusiones de esta tabla es que aun cuando el proyecto es modificado y el personal de la Gerencia de Proyectos debe realizar una estimación a corto plazo, ésta no es la adecuada porque sobreestima el trabajo realizado por el personal de la Gerencia de Proyecto. Por otro lado, las empresas externas cumplen con las fechas pactadas, esto se visualiza en las tareas: Informe final Ingeniería Conceptual e Informe Final de Estudios Ambientales y Sectoriales, los cuales son los informes entregados por las empresas contratistas y éstos no presentan grandes desvíos.

Esta tabla indica un atraso total de 20 meses, aun cuando este valor no es representativo del proyecto debido a que existen tareas que se realizan en forma paralela, sirve para vislumbrar cuáles son las actividades dentro del Plan Maestro que presentan mayores desvíos en su programación. Las tareas que presentan mayores desvíos y, por tanto, mayores atrasos al proyecto son: los procesos de aprobaciones y contrataciones de las empresas externas; el proceso de cierre; y el informe final para la etapa de Prefactibilidad preparados por profesionales de la Gerencia de Proyecto.

Según los profesionales del proyecto, las causas principales de los desvíos se generan por mala coordinación en etapas tempranas del proyecto, por falta de definiciones claves acerca del proyecto y su alcance, por falta de claridad en los roles y toma de decisiones, por la dificultad en la evaluación de las alternativas y la selección de la mejor opción. Además, expresan la aceptación de una “mala cultura organización”, debido a que declaran que las personas tienen muchas obligaciones y siempre se encuentran realizando sus compromisos de forma tardía presionados por alguna fecha de entrega, además de la existencia de falta de confianza hacia el trabajo realizado por terceros, lo que genera re-procesos mediante las revisiones internas realizadas. Finalmente, al preguntar qué problemas surgieron en la etapa siguiente de Factibilidad, los profesionales de la VP declaran que la calidad de ingeniería no era de clase 4 por lo tanto, otro problema es que no se realiza una validación de la calidad final de la ingeniería desarrollada.

Tabla 8. Detalle de las Fechas Actualizadas del Proyecto

Programa	Original		Actualización en Ago-2008		Actualización en Mar-2009		Actualización en Dic-2009		Actualización en Feb-2010		Actualización en Oct-2010		Fecha realización
	Fecha de Inicio	Fecha de Termino	Fecha de Inicio V1	Fecha de Término V1	Fecha de Inicio V2	Fecha de Término V2	Fecha de Inicio V3	Fecha de Término V3	Fecha de Inicio V4	Fecha de Término V4	Fecha de Inicio V5	Fecha de Término V5	
Aprobación de Fondos	17-12-2007	30-05-2008	17-12-2007	20-08-2008	17-12-2007	20-08-2008	17-12-2007	20-08-2008	17-12-2007	20-08-2008	17-12-2007	20-08-2008	20-08-2008
Contratación e Inicio Ingeniería	31-05-2008	08-08-2008	21-08-2008	29-10-2008	21-08-2008	24-11-2008	21-08-2008	24-11-2008	21-08-2008	24-11-2008	21-08-2008	24-11-2008	22-09-2008
Informe Final Ingeniería	08-08-2008	14-08-2009	29-10-2008	04-11-2009	23-09-2008	04-12-2009	23-09-2008	04-12-2009	23-09-2008	04-12-2009	23-09-2008	04-12-2009	20-11-2009
Contratación e Inicio de Ambientales y Sectoriales	11-09-2008	30-01-2009	02-12-2008	22-04-2009	02-05-2009	01-06-2009	02-05-2009	22-09-2009	02-05-2009	22-09-2009	02-05-2009	22-09-2009	22-09-2009
Informe Final de Ambientales y Sectoriales	30-01-2009	27-08-2009	22-04-2009	16-11-2009	01-06-2009	07-12-2009	01-06-2009	07-12-2009	01-06-2009	19-12-2009	01-06-2009	19-12-2009	19-12-2009
Preparación Informe para Factibilidad	05-06-2009	31-08-2009	26-08-2009	19-11-2009	22-08-2009	19-12-2009	22-08-2009	19-12-2009	22-08-2009	29-12-2009	22-08-2009	29-12-2009	19-12-2019
Cierre Original	06-07-2009	31-08-2009	24-09-2009	19-11-2009	15-11-2009	15-01-2010	---	---	---	---	---	---	---
Informe Final Ingeniería con Lastre							18-01-2010	09-04-2010	18-01-2010	30-04-2010	18-01-2010	30-04-2010	30-04-2010
Informe de Ambientales con Lastre							01-02-2010	09-04-2010	15-02-2010	30-04-2010	15-02-2010	30-04-2010	30-04-2010
Informe Final Para Factibilidad Con Lastre							02-03-2010	20-04-2010	20-03-2010	10-05-2010	20-03-2010	10-12-2010	30-11-2010
Cierre con Alcance Modificado							15-11-2009	30-04-2010	15-11-2009	30-06-2010	15-11-2009	17-12-2010	31-12-2010

Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales Dic 2008-Dic 2010

5.2.3 Desvíos en el Presupuesto del Proyecto

El proyecto, presentó varias órdenes de cambios, las cuales aumentaron el monto del proyecto en un total de KUS\$ 854 como lo muestra la Tabla 9.

Tabla 9. Desvíos en el Presupuesto del Proyecto

ITEM (en KUS\$)	Costo Autorizado	Orden de Cambio	Contrato Extra	Costo Real	Desviación
Ingeniería Conceptual	1.205	332	517	2.041	836
Estudios de Terreno	149	148		297	148
Estudios Generales	89	193		282	193
Ingeniería Conceptual	644	131		775	131
Informe para Factibilidad	46			33	-13
Estudios Ambiental-Sectorial	268	-147		121	-147
Cierre	9	7		16	7
Ingeniería Conceptual Lastre			517	517	517
Costos del Dueño	1.358			1.563	205
Staff	814			911	97
Otros Gastos del Dueño	323			431	108
Revisiones Independientes	221			221	0
Sub-Total Moneda Base	2.563	332	517	3.604	1.041
Contingencias	477	-264		213	-264
Total Moneda Base	3.040	68	517	3.817	777

Corrección Monetaria				77	77
Total Moneda 2010	3.040			3.894	854

Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales de Dic 2008 a Dic 2010

El proyecto se realizó entre los años 2008-2010, por lo tanto, para calcular los valores monetarios de la Tabla 9 se realizó una corrección monetaria utilizando los siguientes valores:

- Tasa de cambio 2010 (\$/US\$): 560
- IPC: 102,3
- IPM USA: 182,6
- Fecha de los datos: dic-2010

Las órdenes de cambios que aumentaron el valor del proyecto, divididas en los 2 escenarios con alcances distintos, corresponden a las siguientes:

Escenario 1: Proyecto con Alcance Original

- KUS\$ 148 en el ítem de Estudios de Terreno para realizar el estudio del sistema de repulpeo antiguo con el fin de analizar la estabilidad de los suelos del tranque.
- KUS\$ 193 en el ítem de Estudios Generales debido a los 6 sondeos necesarios para obtener información geotécnica.
- KUS\$ 21 en el ítem de Ingeniería Conceptual debido a necesidades extras en el estudio de ingeniería de las alternativas.

Por otro lado, con el fin de disminuir costos, el proyecto generó una liberación del presupuesto destinado a contingencias de KUS\$ 85 y disminuyó en KUS\$ 90 el desarrollo de los estudios ambientales y sectoriales.

Tabla 10. Desvíos en el Presupuesto del Proyecto en Escenario 1

ITEM (en KUS\$)	Costo Autorizado	Orden de Cambio	Costo Real	Desviación
Ingeniería Conceptual	1.205	272	1.463	258
Estudios de Terreno	149	148	297	148
Estudios Generales	89	193	282	193
Ingeniería Conceptual	644	21	665	21
Informe para Factibilidad	46		30	-16

Estudios Ambiental-Sectorial	268	-90	178	-90
Cierre	9		11 ²²	2
Costos del Dueño	1.358		1.405	47
Staff	814		830	16
Otros Gastos del Dueño	323		354	31
Revisiones Independientes	221		221 ²³	0
Sub-Total Moneda Base	2.563	272	3.868	305
Contingencias	477	-105	113	-364
Total Moneda Base	3.040	167	2.981	-59
Corrección Monetaria			112	112
Total Moneda 2009	3.040		3.093	53

Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales de Dic 2008 a Dic 2010

Escenario 2: Proyecto con Alcance Modificado

- KUS\$ 517 en un nuevo contrato creado para el desarrollo de ingeniería conceptual de la solución con relleno de Lastre.
- KUS\$ 110 para ampliar la duración del desarrollo de ingeniería conceptual Lastre debido a la necesidad de generar más documentos de estudio.
- KUS\$ 7 en el ítem Cierre del proyecto debido a que el cierre tuvo que alargarse por la espera de la confirmación de la última modificación del Plan Maestro.
- KUS\$ 205 en el ítem Costos del Dueño que incorporaban el pago del staff de la VP destinado al proyecto. Esto no era una orden de cambio, pero se generó por el tiempo extra que destinó el dueño para la finalización del proyecto.

Además, con el fin de disminuir costos, el proyecto aumentó la liberación del presupuesto destinado a contingencias a KUS\$ 264 y a KUS\$ 147 en el desarrollo de los estudios ambientales y sectoriales.

²² Costo planificado de cierre debido a que este cierre no concluyó.

²³ Costo Planificado de Revisiones Independientes debido a que no se realizaron las revisiones finales.

Tabla 11. Desvíos en el Presupuesto del Proyecto en Escenario 2

ITEM (en KUS\$)	Costo Autorizado	Orden de Cambio	Costo Real	Desviación
Ingeniería Conceptual	1.205	332	2.041	836
Estudios de Terreno	149	148	297	148
Estudios Generales	89	193	282	193
Ingeniería Conceptual	644	21	665	21
Ingeniería Conceptual Lastre	517	110	627	110
Informe para Factibilidad	46		33	-13
Estudios Ambiental-Sectorial	268	-147	121	-147
Cierre	9	7	16	7
Costos del Dueño	1.358		1.563	205
Staff	814		911	97
Otros Gastos del Dueño	323		431	108
Revisiones Independientes	221		221	0
Sub-Total Moneda Base	2.563	332	3.604	1.041
Contingencias	477	-264	213	-264
Total Moneda Base	3.040	68	3.817	777

Corrección Monetaria			77	77
Total 2009	Moneda	3.040	3.894	854

Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales de Dic 2008 a Dic 2010

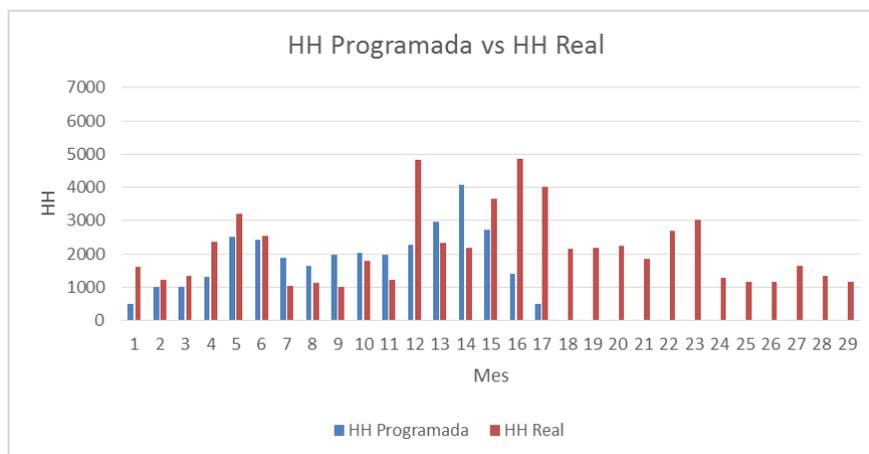
Aquí se visualiza que el Escenario 2 es el que más desvíos posee debido a la incorporación del desarrollo de ingeniería conceptual de la solución Lastre que cambia el alcance original del proyecto. Sin embargo, aun cuando el proyecto hubiera seguido su rumbo inicial, lo cual corresponde al Escenario 1, igual se atrasó en KUS\$53 debido a las órdenes de cambio generadas.

5.2.4 Desvíos en la Programación de HH

Cuando un proyecto es generado, se detallan las tareas que serán parte del Plan Maestro, a estas tareas se le asignan HH mensuales, las cuales se dividen entre las HH del dueño, es decir, las HH de la Gerencia de Proyecto y Gerencia de la GIC de la VP que utilizan los recursos del dueño, y HH para las empresas contratistas. Estas HH son planificadas en etapas tempranas del proyecto, por lo tanto, sólo se tiene una programación de HH desde agosto a diciembre del año 2009, lo cual fue la programación inicial del proyecto.

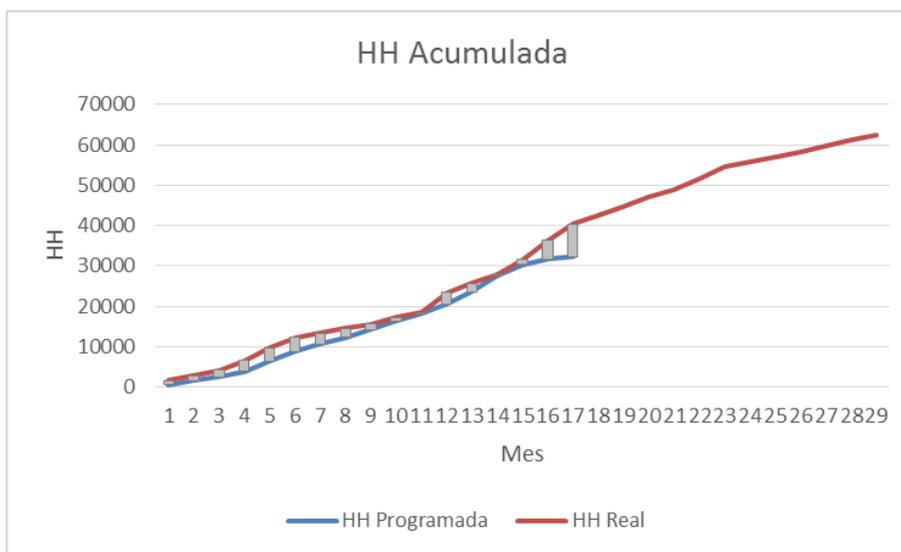
La Ilustración 17, 18 y Tabla 12 muestran las HH programadas y las utilizadas a través del proyecto (*Ver detalle por mes en Tabla 14: Detalle de las HH programadas y reales para cada ítem del Proyecto*), donde es posible apreciar una duplicación de HH utilizadas con respecto a lo programado. Esto se explica principalmente porque la programación sólo está realizada para el Escenario 1, sin incorporar la alternativa método constructivo Lastre, lo cual alargó el proyecto en 1 año y por tanto, los recursos de HH se extendieron. Sin embargo, si sólo se considera el Escenario 1, tomando los años 2008-2009, el proyecto igual tuvo un desvío significativo de 36% aprox. entre las HH programadas y las que realmente fueron utilizadas, siendo mayores las HH reales.

Ilustración 17. HH Programas y HH Reales del Proyecto



Fuente: Elaboración propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Ilustración 18. HH acumuladas del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Tabla 12. Total de HH del Proyecto

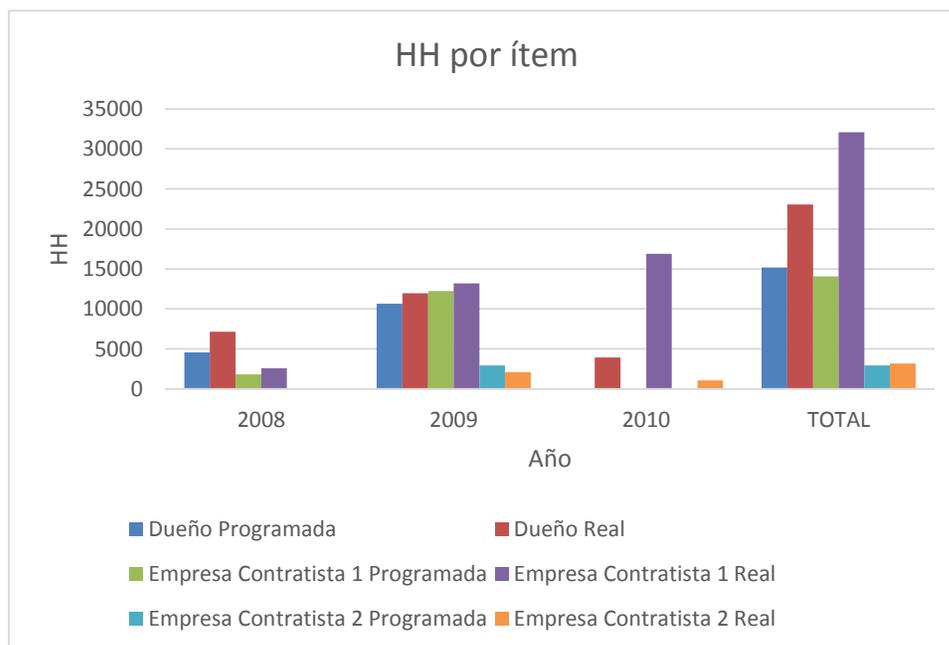
HH		2008	2009	2010	TOTAL
Total	Programada	6370	25831	0	32201
	Real	9748	30663	21934	62345
DESVIACIÓN HH		3378	4832	21934	30144
DESVIACIÓN %		53%	19%	N/A ²⁴	94%

Fuente: Elaboración propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

²⁴ N/A: No aplica

Si ahora se analizan las HH por ítem, como lo muestra la Ilustración 19 y Tabla 13, se observa que el mayor desvío lo tiene la Empresa Contratista 1 (sin considerar el desvío de la empresa subcontratista que realizó los sondeos no considerados en el estudio inicial), este desvío se explica principalmente por la incorporación de la alternativa con relleno de Lastre que fueron 6 meses más de trabajo, donde el resto de HH se explica por los atrasos que tuvo el proyecto. El segundo mayor desvío lo tienen las HH del dueño y esto también se explica por el alargue del proyecto dado la alternativa con Lastre y al atraso de la aprobación de esta alternativa constructiva, debido a que la Gerencia de Proyecto estuvo un año más realizando el proyecto, pudiendo haberlo terminado cercano a los 6 meses más que utilizó la Empresa Contratista 1.

Ilustración 19. HH por Ítem del Proyecto



Fuente: Elaboración propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Tabla 13. HH por ítem del Proyecto

Ítem	HH	2008	2009	2010	TOTAL	DESVIACIÓN HH	DESVIACIÓN %
Dueño	Programada	4559	10638	0	15197	7871	52%
	Real	7167	11949	3952	23068		
Empresa Contratista 1	Programada	1811	12245	0	14056	18012	128%
	Real	2581	13203	16903	32068		
Empresa Contratista 2	Programada	0	2948	0	2948	252	9%
	Real	0	2121	1079	3200		
Subcontratista (Sondajes)	Programada	0	0	0	0	3390	N/A
	Real	0	3390	0	3390		
TOTAL	Programada	6370	25831	0	32201	30144	94%
	Real	9748	30663	21934	62345		

Fuente: Elaboración propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Tabla 14: Detalle de las HH programadas y reales para cada ítem del Proyecto

Programa V1	2008					2009												TOTAL
	ago	sep	oct	nov	Dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	Ago	sep	oct	nov	dic	
Dueño	507	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	507	507	507	15.197
Empresa Contratista 1	0	0	0	306	1.505	1.396	873	617	350	428	554	926	1.417	2.649	2.169	866		14.056
Empresa Contratista 2									600	590	400	333	526	430	34	35		2.948
TOTAL HH	507	1.013	1.013	1.319	2.518	2.409	1.886	1.630	1.963	2.031	1.967	2.272	2.956	4.092	2.710	1.408	507	32.202

Real	2008					2009													TOTAL 2008-2009
	ago	sep	oct	nov	Dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	Jul	ago	sep	oct	nov	dic		
Dueño	1.610	1.215	1.353	1.518	1.471	1.605	418	415	429	483	667	616	402	464	1612	2.312	2.526	19.116	
Empresa Contratista 1	0	0	0	852	1.729	951	633	715	578	1.303	546	837	1.925	1.067	1.459	2.149	1.040	15.784	
Subcontratista (Sondajes)												3.390						3.390	
Empresa Contratista 2														660	599	409	453	2.121	
TOTAL HH	1.610	1.215	1.353	2.370	3.200	2.556	1.051	1.130	1.007	1.786	1.213	4.843	2.327	2.191	3.670	4.870	4.019	40.411	

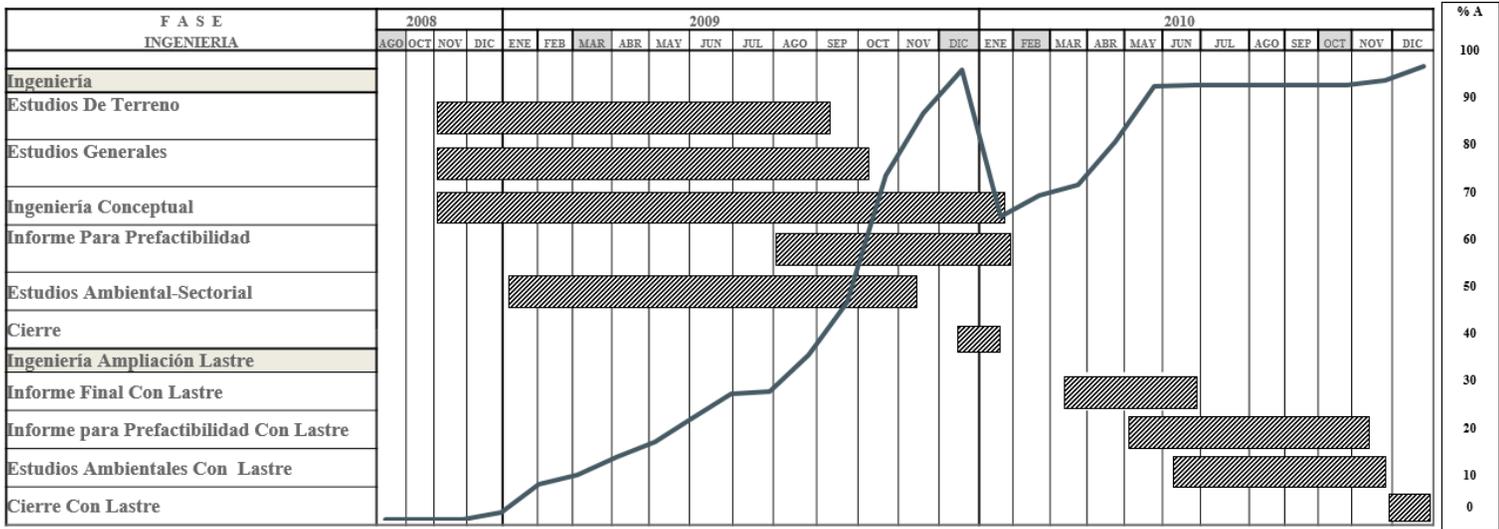
Real	2010													TOTAL 2010	TOTAL
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	Nov	dic			
Dueño	474	325	365	601	399	491	450	233	104	184	204	122	3.952	23.068	
Empresa Contratista 1	1.051	1.533	1.815	1.178	2.303	2.546	837	925	1.067	1.459	1.149	1.040	16.903	32.687	
Subcontratista (Sondajes)													0	3.390	
Empresa Contratista 2	629	330	54	66									1.079	3.200	
TOTAL HH	2.154	2.188	2.234	1.845	2.702	3.037	1.287	1.158	1.171	1.643	1.353	1.162	21.934	62.345	

Fuente: Elaboración propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

5.2.5 Desvíos en la Programación del Avance del Proyecto

Cuando se genera el Plan Maestro del proyecto y se detallan las fechas de las actividades, también se programa el avance que irá adquiriendo el proyecto mediante el estado de los entregables (documentado generado, documento emitido en revisión A, etc.). Estos avances fueron actualizados 5 veces, donde la última actualización fue en octubre del 2010, lo cual generó la Carta Gantt y Curva de Avance del proyecto como lo muestra la Ilustración 20.

Ilustración 20. Carta Gantt del Proyecto



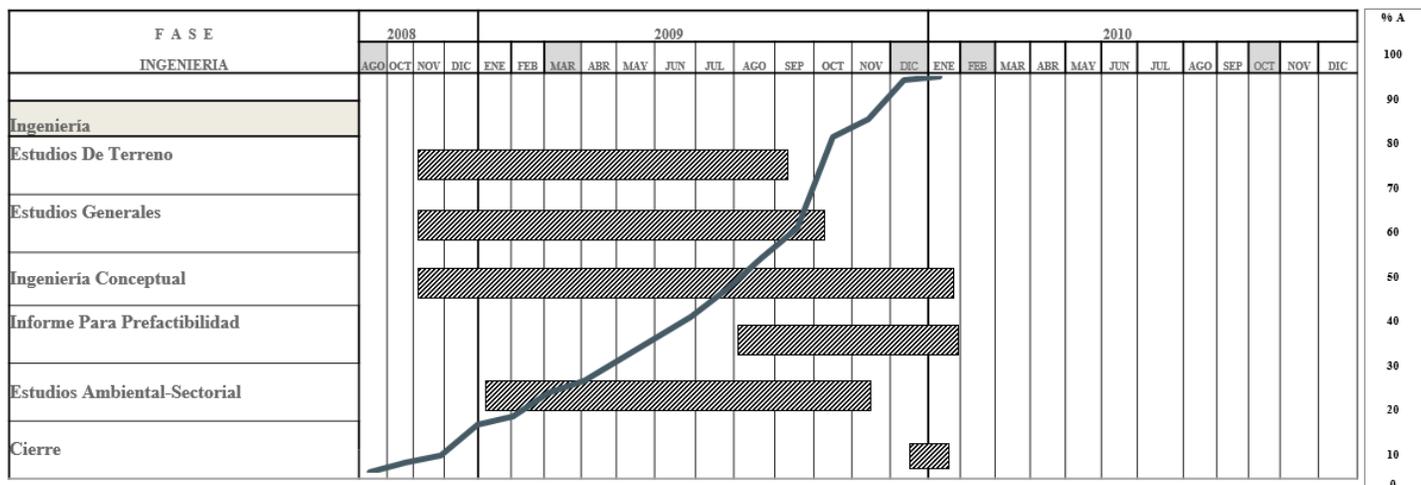
Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Las curvas de avance de un proyecto generan una curva con forma de S denominada “Curva S”, sin embargo, este caso es una excepción debido a que, en diciembre de 2009, se reformula por completo el programa del Plan Maestro al incorporar la alternativa del método constructivo con relleno de Lastre formando el “diente de sierra” mostrado en la Ilustración 20. Entrando en más detalle, en diciembre del año 2009 se tenía el 99,6% del avance del proyecto, sin embargo, dado la actualización del Plan Maestro, se pasó a tener el 67,2% del total del avance del proyecto.

El detalle con los avances del proyecto en cada una de las 5 actualizaciones del Plan Maestro, se muestra en la Tabla 15. Detalle de la Programación de Avance en cada actualización del Plan Maestro en la página siguiente.

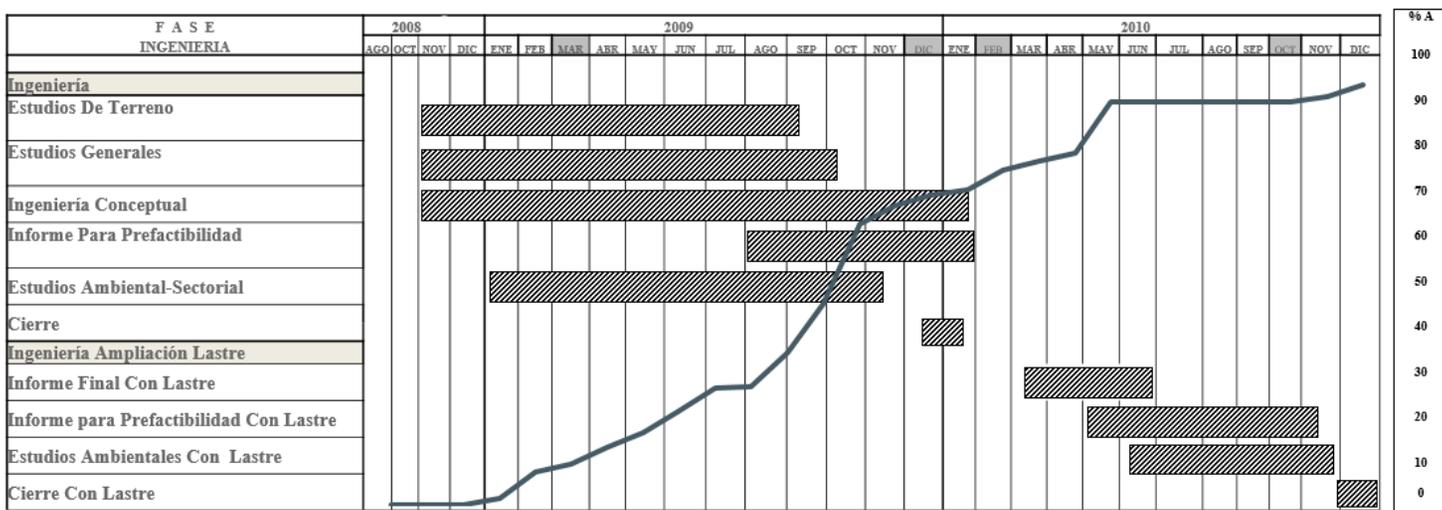
Para un mejor análisis debido a los distintos alcances del proyecto, se realiza una Carta Gantt con su curva de avance para el Escenario 1 con el alcance original y Escenario 2 con el alcance modificado mostrado en la Ilustración 21 y 22, los cuales efectivamente forman una curva S.

Ilustración 21. Carta Gantt del Proyecto en Escenario 1



Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Ilustración 22. Carta Gantt del Proyecto en Escenario 2



Fuente: Elaboración Propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

Tabla 15. Detalle de la Programación de Avance en cada actualización del Plan Maestro

F A S E	2008				2009												2010											
	AGO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INGENIERIA CONCEPTUAL																												
Programa V1 Mes (2008)	0%	0%	0,1%	1,3%	3,2%	3,1%	4,1%	3,4%	0,4%	6,8%	7,0%	10,9%	20,3%	26,7%	12,7%													
Programa V1 Acum (2008)	0%	0%	0,1%	1,4%	4,6%	7,7%	11,8%	15,1%	15,5%	22,4%	29,4%	40,3%	60,6%	87,3%	100%													
Programa V2 Mar Mes (2009)	0%	0%	0%	1,7%	6,1%	2,1%	4,0%	3,8%	6,1%	10,1%	11,9%	8,7%	10,7%	8,8%	8,7%	5,0%	12,3%											
Programa V2 Mar Acum (2009)	0%	0%	0%	1,7%	7,8%	9,9%	13,9%	17,7%	23,8%	33,9%	45,8%	54,5%	65,2%	74,0%	82,7%	87,7%	100%											
Programa V3 Dic Mes (2009)	0%	0%	0%	1,7%	6,1%	2,1%	4,0%	3,3%	5,5%	5,1%	0,5%	8,1%	11,5%	28,0%	13,7%	9,8%	2,3%	3,6%	18,6%	8,6%	2,2%							
Programa V3 Dic Acum (2009)	0%	0%	0%	1,7%	7,8%	9,9%	13,9%	17,2%	22,7%	27,8%	28,3%	36,4%	47,9%	75,9%	89,6%	99,4%	67%	70,6%	89,2%	97,8%	100%							
Programa V4 Feb Mes (2010)	0%	0%	0%	1,7%	6,1%	2,1%	4,0%	3,3%	5,5%	5,1%	0,5%	8,1%	11,5%	28,0%	13,7%	9,8%	0,7%	4,5%	2,3%	9,8%	12%	4,2%						
Programa V4 Feb Acum (2010)	0%	0%	0%	1,7%	7,8%	9,9%	13,9%	17,2%	22,7%	27,8%	28,3%	36,4%	47,9%	75,9%	89,6%	99,4%	67%	71,5%	73,8%	83,6%	95,8%	100%						
Programa V5 Oct Mes (2010)	0%	0%	0%	1,7%	6,1%	2,1%	4,0%	3,3%	5,5%	5,1%	0,5%	8,1%	11,5%	28,0%	13,7%	9,8%	0,7%	4,5%	2,3%	9,8%	12%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	2,9%
Programa V5 Oct Acum (2010)	0%	0%	0%	1,7%	7,8%	9,9%	13,9%	17,2%	22,7%	27,8%	28,3%	36,4%	47,9%	75,9%	89,6%	99,4%	67%	71,5%	73,8%	83,6%	95,8%	95,9%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	97,1%	100,0%
Avance Real Mes	0%	0%	0%	1,7%	6,1%	2,1%	4,0%	3,3%	5,5%	5,1%	0,5%	8,1%	11,5%	28,0%	13,7%	9,8%	0,7%	4,5%	2,3%	9,8%	12%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	3,0%
Avance Acum	0%	0%	0%	1,7%	7,8%	9,9%	13,9%	17,2%	22,7%	27,8%	28,3%	36,4%	47,9%	75,9%	89,6%	99,4%	67%	71,5%	73,8%	83,6%	95,8%	95,9%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	97,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia mediante Informes Mensuales 2008-2010

6. Capítulo VI: Validación de Problemas

Las principales problemáticas levantadas en el caso de estudio mediante el análisis de información, entrevistas exploratorias a un panel de expertos y la aplicación de la herramienta Lean “5 Por qué” se describen a continuación en 2 grandes áreas Procesos y Estructuras; y Personas.

6.1 Procesos y Estructura

Procedimientos y Estándares:

- **Falta establecer definiciones y estándares claves:** Falta un procedimiento que permita aclarar las definiciones claves y estándares al inicio del proyecto: claridad en los objetivos, drivers, alcance, alternativas a evaluar, requerimiento y calidad de entregables, priorización de estándares más críticos. Todo esto con el fin de que el proyecto fluya sobre un entendimiento mutuo.
- **Falta mejorar uso de GLAP:** Profesionales declaran: “siempre se inventa la rueda de nuevo”, por tanto, falta realizar gestión del conocimiento ya adquirido utilizando correctamente el procedimiento denominado: Gestión de Lecciones Aprendidas (GLAP).
- **Falta mejorar el análisis de capacidades internas y externas:** Falta un procedimiento que analice las capacidades internas y externas en el desarrollo de los estudios de ingeniería, con el fin de vislumbrar nuevas oportunidades. Por ejemplo: mejorar la capacidad de análisis de benchmark con el fin de ampliar las ideas acerca de las posibles alternativas de solución.
- **Falta mejorar el proceso de estimaciones o forecasting:** Existe un proceso para estimar las HH que contempla un proyecto, sin embargo, continuamente esto no es acorde a la realidad y se genera un sobrecosto debido a un mayor uso de HH.
- **Falta mejorar el proceso de aprobación:** El proceso de aprobación atrasa el avance del proyecto, por tanto, se hace necesario apurar las aprobaciones necesarias y requeridas dentro de un proyecto.

Estructura Organizacional:

- **Poca claridad en la estructura organizacional:** Falta un claro entendimiento de la estructura organizacional y responsabilidades de cada uno de los integrantes.
- **Falta mejorar la gestión de interfaces:** Falta alineación, cooperación y comunicación entre VP-Proyecto acerca del caso de negocio, para que el proyecto pueda comprender la ayuda funcional que pueden brindar los profesionales de la VP. Para esto, falta una definición de participación de áreas funcionales y del rol del Sponsor, no se entiende cuáles son sus aportes en el desarrollo de ingeniería y en los entregables prioritarios. Además, falta la participación activa del cliente para temas técnicos y así asegurar la constructibilidad.

- **Falta mejorar la definición de roles y responsabilidades.**
- **Poca claridad en el proceso de Gobernanza:** no hay tiempos ni mecanismos de revisión, además, se hace necesario mejorar los criterios de revisión y aprobación actuales para que los procesos de aprobación no tomen tanto tiempo.
- **Información incompleta y no priorizada para la toma de decisiones:** Falta información geotécnica base o estudios de suelo, mala recopilación de antecedentes en etapas tempranas.
- **Falta mejorar la evaluación y validación de la alternativa óptima:** La elección de la mejor alternativa se realiza sobre indicadores y drivers definidos en documentos internos estándares, pero éstos no han sido conversados o alineados según el caso de negocio.

Entregables:

- **Falta validar la calidad de los entregables de ingeniería.** Si bien existe un listado de los entregables con su respectiva clase de estimación, no existe una comprobación de que dichos entregables cumplan con la calidad necesaria, sino, simplemente se comprueba el nivel de avance requerido en la elaboración de planos y documentos.
- **Falta mejorar el uso de revisiones:** Se requiere mejorar el uso de las revisiones funcionales y de expertos sobre los entregables para que éstas tengan un impacto significativo sobre el trabajo realizado.

Reportes, Gestión y Coordinación:

- **Reportes llenos de información:** Faltan reportes enfocados en lo realmente importante porque los profesionales declaran que los reportes contienen mucha información.
- **Reuniones poco efectivas:** Las reuniones o talleres entre Proyecto, VP y Empresas Externas podrían ser más efectivas si se estableciera una dinámica apropiada, donde se logrará una gestión con métricas de seguimiento en el proyecto.
- **Faltan herramientas de gestión:** Faltan herramientas que facilitan la gestión diaria y permitan anticipar problemas.
- **Falta una dinámica para resolver problemas:** Faltan instancias de resolución de problemas y disyuntivas con el fin de lograr concordancia, y lograr que el proyecto fluya.

6.2 Personas

1. **Falta validar competencias internas:** A veces los profesionales del equipo de proyecto no cumplen las competencias y es necesario pedir validación de terceros, lo cual lleva a realizar re-procesos.
2. **Falta mejorar la estimación del Plan de trabajo:** El plan de trabajo sobrestima a los profesionales; siempre se está atrasado y ese “apuro” en el desarrollo de los trabajos, genera decisiones rápidas y una calidad inferior a la deseada.

3. **Incumplimiento de compromisos:** Existen problemas por parte de los profesionales en cumplir los tiempos acordados, debido a que declaran que siempre “falta más tiempo” para realizar sus labores, lo cual lleva a realizar sus tareas de la forma más rápida, y a veces no poder cumplir con el total de ellas.
4. **Desconfianza del trabajo de terceros:** Existe la premisa de que los trabajos elaborados por otros, siempre deben ser revisados, lo cual lleva a re-procesos debido a una desvalorización del trabajo realizado por terceros.

Para validar los problemas y cuantificar la magnitud de éstos, se analizan los datos obtenidos en una Encuesta Online a los profesionales de la VP que posee 47 preguntas (Disponible en Anexo 5) y mide el Nivel de Madurez²⁵ de cada aspecto mediante la descripción mostrada en la Tabla 16. Cabe destacar que en esta encuesta sólo fueron abordados temas del ámbito Procesos y Estructura debido a que el ámbito “Personas” era un tema abordado por el Gerencia de Recursos Humanos de la empresa, y quedaba fuera del alcance del presente trabajo que se enmarca dentro de la Gerencia de Ingeniería.

Tabla 16. Descripción de Nivel de Madurez

Nivel de Madurez	Descripción
1	No sabe o No aplica
2	Deficiente: Proceso/procedimiento no definido
3	Básico: Proceso definido, existe procedimiento, pero no se aplica
4	Satisfactorio: Proceso definido, existe procedimiento y se aplica
5	Notable: Proceso claramente definido, existe procedimiento y se aplica de manera estándar en toda la organización
6	Excelente: Proceso alineado a mejores prácticas, existe procedimiento, se aplica de manera estándar en toda la organización y se realiza mejora continua

Fuente: Metodología de Encuestas Codelco VP

²⁵ Grado de capacidad, habilidad o adopción de una organización a un aspecto concreto.

La encuesta fue respondida por 196 profesionales de Codelco con las siguientes características:

Tabla 17. Características de los profesionales que respondieron la encuesta.

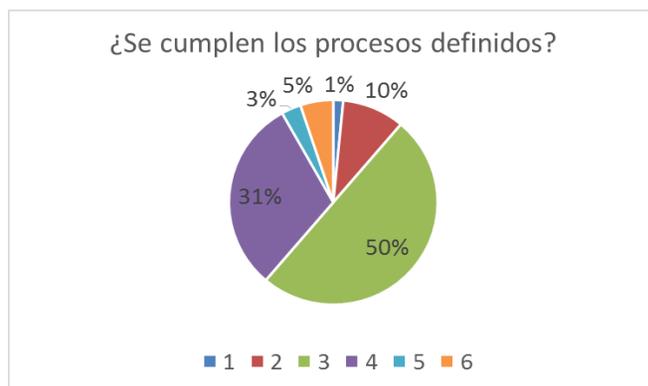
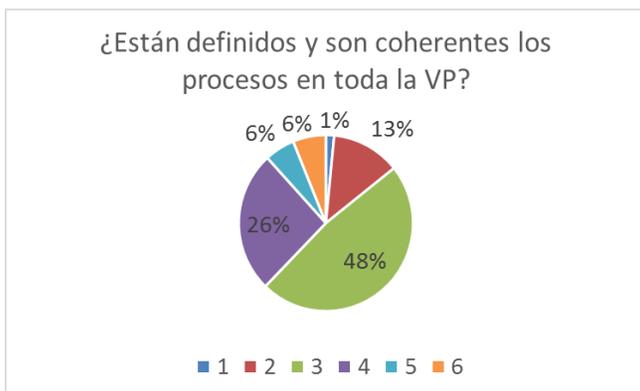
Proyecto	Cantidad
Chuquicamata Subterránea	44
Estudio Andina	7
Estudio Rajo Inca	3
Explotación Sulfuros Radomiro Tomic Fase II	8
Moly	3
Nuevo Nivel Mina	34
Planta Ácido	13
Prefactibilidad del Desarrollo Fundición Chuquicamata	1
Traspaso Andina	43
Relaves	11
VP Funcional	29

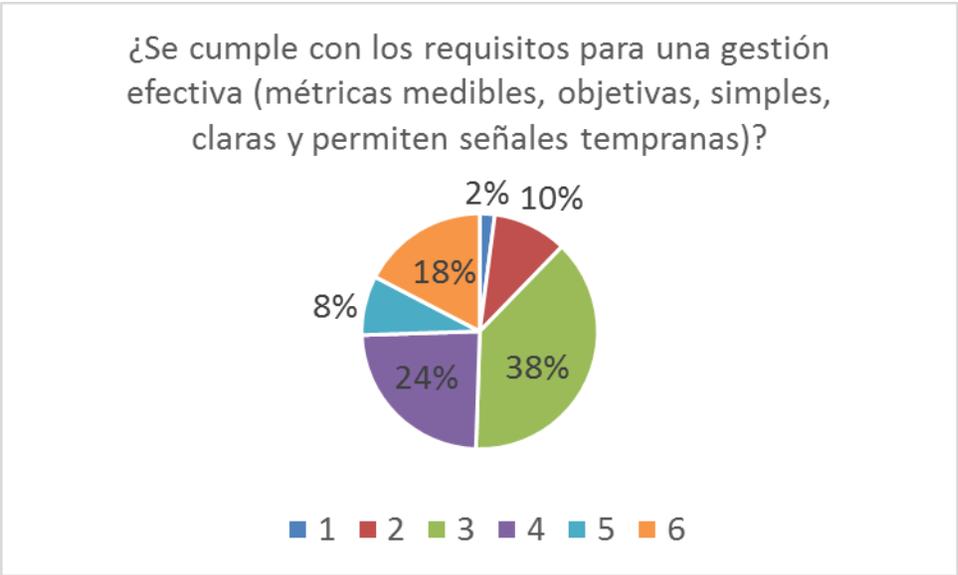
Rol	Cantidad
Gerente	4
Director	17
Jefe	47
Especialista	120
Administrativo	8

Fuente: Elaboración Propia mediante resultados de Encuesta Online

La encuesta tenía preguntas generales y específicas acerca de las principales falencias o problemáticas en el desarrollo de los proyectos. Los resultados de las preguntas generales fueron:

Ilustración 23. Resultados de Preguntas Generales de la Encuesta





Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados vislumbran que en general, la madurez es en promedio del tipo 3 (Básico: Proceso definido, existe procedimiento, pero no se aplica) y 4 (Satisfactorio: Proceso definido, existe procedimiento y se aplica). Esto implica que existen procedimientos establecidos que están siendo adoptados por la organización, no logrando aún su aplicación a cabalidad, pero que existen y la organización declara ser medianamente madura en su aplicación.

El resultado de todas las preguntas de la encuesta se encuentra en Anexo 5: Resultados Encuesta Online.

6.3 Matriz de Riesgos

Las respuestas de las preguntas específicas de la Encuesta Online abarcan los 17 problemas listados anteriormente, los cuales en conjunto con las opiniones de expertos son utilizadas para realizar un análisis de riesgos con el fin de cuantificar cuáles son los problemas más relevantes a atacar. Este análisis de riesgos se presenta en la siguiente matriz de Probabilidad/Impacto de la Tabla 18.

Tabla 18. Matriz de riesgos

Impacto/ Probabilidad	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
0,9	0,09	0,27	0,45	0,63	0,81
0,7	0,07	0,21	0,35	0,49	0,63
0,5	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45
0,3	0,03	0,09	0,15	0,21	0,27
0,1	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09

Fuente: Elaboración propia mediante recomendaciones de PMI

La escala utilizada en esta matriz es la siguiente:

Tabla 19. Escala de valores utilizados en la Matriz de Riesgos.

Valor	Probabilidad	Impacto
0,1	Muy improbable	Muy bajo
0,3	Improbable	Bajo
0,5	Probable	Moderado
0,7	Bastante probable	Alto
0,9	Muy probable	Muy alto

Fuente: Elaboración propia mediante recomendaciones de PMI

Tabla 20. Rangos de colores en la Matriz de Riesgos

Color	Descripción	Valor (X)
Verde	Riesgo bajo	$0\% \leq X \leq 15\%$
Amarillo	Riesgo moderado	$15\% \leq X \leq 35\%$
Rojo	Riesgo alto	$35\% \leq X \leq 100\%$

Fuente: Elaboración propia mediante recomendaciones de PMI

Como se puede observar en la Tabla 18, la matriz se compone de dos ejes: un eje vertical en donde se establecen los valores de probabilidad (entre 0 – imposible y 1 – siempre) y un eje horizontal en donde se establecen los valores del impacto del riesgo sobre los objetivos del proyecto (en donde 0 implica que ese riesgo no repercutiría en los objetivos y 1 que dificultaría en gran medida el cumplimiento de los mismos). Los valores obtenidos en las diferentes celdas de la matriz son el resultado de multiplicar la probabilidad de ocurrencia por el impacto del riesgo, indicando los valores más altos los riesgos más críticos del proyecto y los más bajos los menos relevantes.

La probabilidad de ocurrencia de cada problema es medida según el grado de madurez entregado por la Encuesta Online, donde una madurez baja implica una alta probabilidad debido a que el problema ni siquiera tiene una práctica adoptada en la empresa. Y el nivel de impacto, es definido mediante opiniones de expertos de la VP.

Los valores de probabilidad e impacto para cada falencia son los siguientes:

Tabla 21. Riesgos para cada falencia identificada

Falencia	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo
Procedimientos y Estándares			
No se establecen definiciones y estándares claves	0,9	0,9	0,81
Mal uso de GLAP:	0,5	0,7	0,35
Mal análisis de capacidades internas y externas:	0,1	0,5	0,05
Mal uso de proceso de estimaciones o forecasting:	0,5	0,7	0,35
Mal uso de proceso de aprobación	0,1	0,5	0,05
Estructura Organizacional			
Poca claridad en estructura organizacional	0,5	0,7	0,35
Mala gestión de interfaces	0,5	0,9	0,45
Modelo de Gobierno			
Responsabilidad y roles pocos definidos.	0,5	0,9	0,45
Poca claridad en proceso de Gobernanza	0,5	0,9	0,45

Información incompleta y no priorizada para la toma de decisiones	0,7	0,7	0,49
Mal uso de evaluación y validación de la alternativa óptima	0,7	0,7	0,49
Entregables			
Mala validación de la calidad final de los entregables de ingeniería.	0,7	0,9	0,63
Mal uso de revisiones	0,5	0,5	0,25
Control y Reportes			
Reportes llenos de información	0,9	0,5	0,45
Reuniones poco efectivas	0,9	0,9	0,81
Faltan herramientas de gestión	0,9	0,9	0,81
No existe dinámica para resolver problemas	0,9	0,5	0,45

Fuente: Elaboración propia mediante Encuesta Online y opiniones de expertos.

Los valores asignados en la Tabla 21 tienen la siguiente explicación:

Procedimientos y Estándares:

18. **Definiciones y estándares claves:** Existe procedimiento para establecer condiciones y estándares críticos al inicio del proyecto (objetivos, estrategia, elementos mínimos en etapas de estudio, estructura necesaria, operatividad, entregables y cierre), pero esto es tratado como un formalismo que generalmente no ocurre y, por tanto, no se aplica. Por lo tanto, **es muy probable** que ocurran problemas dada esta falencia. También es probable que ocurran problemas en los acuerdos entre las partes para establecer las validaciones de avance, debido a que existe un plan de trabajo que considera los estándares críticos priorizados, pero esto no se aplica de forma estándar entre los profesionales.

El nivel de impacto de este aspecto es **muy alto** debido a que una mala definición en etapas tempranas, repercute y genera conflictos a lo largo del proyecto, provocando re-procesos al tener que volver hacia atrás para aclarar aspectos claves y necesarios para que el proyecto pueda avanzar, además de modificar el alcance del proyecto, lo cual implica en costos extras mediante las solicitudes de órdenes de cambio.

19. **Uso de GLAP:** Existe procedimiento de Gestión de Lecciones Aprendidas (GLAP) y se aplica en algunos proyectos, pero no de forma estándar en la organización, por lo tanto, es **probable** que ocurra un problema debido al mal uso o mal entendimiento de la GLAP.

El nivel de impacto de esta falencia es **alto** debido a que los profesionales declaran que “siempre se inventa la rueda de nueva” en temas donde ellos tienen años de experiencia y pueden saber cuál es la mejor respuesta al caso de negocio o la mejor decisión, antes de tener que contratar un servicio de expertos.

20. **Análisis de capacidades internas y externas:** Los resultados de la Encuesta Online declaran que existe un procedimiento para analizar las capacidades internas y externas (análisis de mercado del contratista), el cual es un proceso alineado a mejores prácticas, se aplica de manera estándar en toda la organización y se realiza mejora continua sobre él. Por lo tanto, es **muy improbable** que ocurra un problema debido a un mal análisis de las capacidades internas y externas.

El nivel de impacto de esta falencia es **moderado** debido a que el proyecto igual puede fluir sin las capacidades indicadas, sólo que requerirá más asesorías de terceros.

21. **Proceso de estimaciones o forecasting:** Los profesionales declaran que el equipo de proyecto define y estandariza sus estimaciones pero que éstas no tienen un enfoque holístico ajustado a la realidad de la compañía que se aplique de forma estándar. Por lo tanto, es **probable** que ocurra un problema debido a un mal proceso de estimaciones.

El nivel de impacto de esta falencia es **alto** debido a que implica una mala estimación de HH del proyecto, lo cual implica sobrecosto debido a un sobretiempo.

22. **Proceso de aprobación:** Existe procedimiento estándar para aprobar las etapas dentro de un proyecto, éste se está actualizando y alineando a las buenas prácticas de la industria, entonces es **muy improbable** que ocurra un problema debido al proceso de aprobación entre etapas (stage gates).

El nivel de impacto de un problema de este estilo es **moderado** debido a que es un proceso que está siendo correctamente utilizado por los profesionales, y en la actualidad, cuando un proyecto tiene un mal proceso de aprobación, el tiempo de atraso es cada vez menor debido a las mejoras en la estandarización con la introducción de puertas de decisión denominadas: Gate 2A y Gate 2B.

Estructura Organizacional:

23. **Estructura organizacional:** Existen procedimientos que definen la estructura organizacional del equipo de proyecto, los perfiles alineados al caso de negocio y estrategia de capacitación, sin embargo, esto no se aplica de forma completa y estándar en la organización. Por tanto, es **probable** que se genere un problema por un mal entendimiento en la estructura organizacional.

El nivel de impacto de un problema de este estilo es **alto** debido a que una mala definición de la estructura del proyecto, lleva a responsabilidades no asumidas y tareas no realizadas.

24. **Gestión de interfaces:** Existe un modelo de gobierno definido que establece un vínculo entre proyecto, división y VP, con su respectivo nivel de involucramiento en la toma de decisiones, sin embargo, éste no es aplicado de forma completa y estándar, por tanto, es **probable** que se genere un problema por una mala gestión de interfaces. El nivel de impacto de un problema de este estilo es **muy alto** debido a que es vital tener una buena relación entre los principales actores de un proyecto: VP, división y

equipo de proyecto, porque de esta forma se entiende cuál es la participación de cada uno, cómo la VP puede ayudar de forma funcional y cómo el equipo de proyecto puede ayudar en temas técnicos que aseguren la constructibilidad.

Modelo de Gobierno: Roles y Toma de Decisiones

25. **Roles y responsabilidades:** Existe procedimiento aplicado de forma estándar para definir roles y responsabilidades en la toma de decisiones. También existe procedimiento para la definición del rol del equipo de trabajo y los apoyos funcionales, pero esto no se aplica de forma estándar en la organización, así que es **probable** que se generen problemas debido a una mala definición de roles.
El nivel de impacto de un problema de este estilo es **muy alto** debido a que es muy importante que cada integrante del proyecto conozca su rol y los límites de sus responsabilidades, para así, cumplir a cabalidad con sus tareas y ser un aporte al proyecto.
26. **Proceso de Gobernanza:** Existe un modelo de gobierno definido, sin embargo, no existe tiempos de revisión ni límites de plazos para la toma de decisión, por tanto, es **probable** que una falta de claridad del proceso de gobernanza genere problemas.
El nivel de impacto de esta falencia es **muy alto** debido a que en la actualidad las aprobaciones atrasan el avance en el proyecto, permaneciendo los documentos en los escritorios durante varias semanas, no existiendo un plazo límite estipulado.
27. **Información incompleta y no priorizada para la toma de decisiones:** Existe procedimiento para definir y priorizar la información clave de un proyecto, pero esto no se aplica y por tanto, es **bastante probable** que se genera un problema debido a la falta de información relevante.
El nivel de impacto de esta falencia es **muy alto** debido a que la falta de información indicada genera órdenes de cambio que aumentan el valor del proyecto por la necesidad de requerir una mayor información geotécnica base o estudios de suelo para la correcta toma de decisiones.
28. **Evaluación y validación de la alternativa óptima:** Para la aprobación de la alternativa óptima, existe un nivel de estándar exigido, pero esto no se aplica de forma estandarizada. Además, no se realiza un manejo eficiente de la información porque falta definir claramente el nivel de detalle que debe tener documentación para aprobar la alternativa óptima. Por tanto, es **bastante probable** que ocurran problemas en la validación de la alternativa óptima debido a discordancias por la necesidad de más información.
El nivel de impacto de esta falencia es **alto** debido a que una mala validación de la opción óptima repercute en las etapas y costos posteriores del proyecto. En la actualidad, la elección se realiza sobre indicadores definidos, pero no alineados a la realidad actual del caso de negocio, sino que es una validación más subjetiva sobre aquellos indicadores que les parezcan mejor al Directorio.

Entregables:

29. **Calidad de los entregables de ingeniería:** Existe un procedimiento para definir los entregables de ingeniería, sin embargo, esta práctica no es aplicada de forma general y tampoco se cumple con el nivel de detalle y exigencias de los planos de ingeniería para lograr un buen funcionamiento de la etapa siguiente. Por tanto, es **bastante**

probable que se genere un problema por una mala calidad de los entregables críticos de ingeniería.

El nivel de impacto es **muy alto** debido a que afecta de forma negativa cuando los entregables que no cumplen con la completitud del estudio, pasan en ese estado a etapas posteriores, generando un atraso en las etapas siguientes por tener que hacer estudios extras que aumenten el análisis y la profundidad de la ingeniería.

30. **Uso de revisiones:** Las revisiones de expertos y funcionales están establecidas y se aplican en la organización, sin embargo, esto no está estandarizado en todos los profesionales de la organización. De esta forma, es **probable** que ocurra un sobretiempo por el uso de las revisiones o que éstas no se realicen a cabalidad.

El nivel de impacto es **moderado** debido a que las empresas externas deberían entregar estudios con la calidad establecida en los contratos, y la revisión, es sólo para poder asegurar dicha calidad.

Reportes, Gestión y Coordinación:

31. **Reportes:** En los reportes, existe un proceso de control que incorpora objetivos, estado actual, desviaciones y acciones correctivas, como también métricas claras para un buen seguimiento y una clara visión del proyecto. Sin embargo, la aplicación de esto depende de cada proyecto y por tanto, es **muy probable** que se genere un problema debido a un reporte mal elaborado que sobreabunda en información

El nivel de impacto es **moderado** dado que una mala calidad de los reportes, no tiene un impacto tan fuerte en los principales objetivos del proyecto debido a que la información se encuentra disponible de todas maneras.

32. **Reuniones:** A las reuniones les falta definir claramente un objetivo, cronograma y participantes para realizar un buen seguimiento interno del proyecto. Por tanto, es **muy probable** que se generen problemas por temas no conversados en espacios de reuniones, lo cual indica que las reuniones no se están realizando de manera efectiva.

El nivel de impacto es **muy alto** debido a que se ha evidenciado que una reunión planificada y con los indicadores adecuados, permiten un mejor seguimiento al proyecto y, por tanto, una mejor gestión.

33. **Herramientas de gestión:** Faltan herramientas de gestión diaria basadas en las excepciones con un sistema de alarmas que permitan detectar con anticipación potenciales problemas, y así tomar acciones correctivas que faciliten la gestión. Esto no existe en la actualidad por lo tanto es **muy probable** que se generen problemas que pudieron haber sido evitados con buenas herramientas de gestión.

El nivel de impacto es **muy alto** a que se ha comprobado entre los mismos profesionales, que cuando los problemas se atacan de forma temprana al tener herramientas que expongan temas urgentes con los participantes indicados, es posible mitigar los riesgos mediante un adecuado plan de mitigación.

34. **Dinámica para resolver problemas:** Faltan mecanismos de integración entre los participantes del proyecto para lograr el entendimiento mutuo y resolver problemas de manera temprana, por tanto, es **muy probable** que se generen conflictos por una mala gestión de integración que permita la resolución de discordias.

El nivel de impacto es **moderado** debido a que en la actualidad, los problemas o discordancias se resuelven de todas formas, quizás no en el instante apropiado pero de igual manera llegan a una resolución.

Con esta clasificación de los problemas, las falencias que requieren una mayor preocupación porque se encuentran en la zona roja de la matriz son las siguientes:

Tabla 22. Priorización de Falencias Críticas

N°	Falencia	Indicador de Riesgo
1	Falta establecer definiciones y estándares claves	Alto: 81%
2	Reuniones poco efectivas	Alto: 81%
3	Faltan herramientas para la gestión diaria	Alto: 81%
4	Falta validar la calidad de los entregables de ingeniería	Alto: 63%
5	Información incompleta y no priorizada para la toma de decisiones	Alto: 49%
6	Poca claridad en definición de roles y responsabilidad	Alto: 45%
7	Poca claridad en el proceso de gobernanza	Alto: 45%
8	Falta mejorar gestión de interfaces	Alto: 45%
9	Reportes llenos de información	Alto: 45%
10	Falta dinámica para resolver problemas	Alto: 45%

Fuente: Elaboración propia mediante resultados de Matriz de Riesgos

Dada la preocupación de la empresa por los problemas presentados en la Etapa de Prefactibilidad, se encuentran generando varias mejoras para mitigar las principales problemáticas, como: profundización en las clases de estimación para tener un detalle de entregables con lo cual comprobar la calidad de la ingeniería; mejoras en los procesos de VIP, GLAP y PES. Además, cada proyecto ha incorporado herramientas de gestión propuestos por la Dirección de Productividad para realizar gestión diaria y anticiparse a los posibles problemas.

Por tanto, dado el alcance de esta memoria y las necesidades declaradas por profesionales de la VP, en el presente trabajo se elabora una propuesta basada en la filosofía Lean Management que ataque la falencia 1 y 2, lo cual también repercute positivamente en los problemas 5, 6, 7 y 8.

7. Capítulo VII: Propuesta de Mejora con enfoque Lean Management

7.1 Aplicación de Lean en el Desarrollo de Ingeniería

Lean trata de alcanzar la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción, y con todas las personas y empresas que participan en la cadena de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del pensamiento Lean. Dado esto, la filosofía Lean es posible de aplicar a cualquier industria, y por tanto es aplicable a los procesos de ingeniería de la industria minera. [39] En la Tabla 23 y 24 se muestra un símil entre la industria manufacturera, donde fue creada la filosofía Lean, y un área o empresa que desarrolla ingeniería.

Tabla 23. Principios Lean aplicados al Área de Ingeniería

Principios del Pensamiento Lean	Industria Manufacturera	Área de Ingeniería
Valor	Visible en cada etapa	Más difícil de ver
Flujo de Valor	Fluyen partes y materiales	Fluye información y Conocimiento
Flujo	Iteraciones son desperdicios	Iteraciones planificadas deben ser eficientes
Pull	Actividades impulsadas por el Tiempo Takt ²⁶	Actividades impulsadas por las necesidades de la empresa
Perfección	Procesos repetibles sin error	Los procesos adecuados permiten la mejora en la empresa

Fuente: [39]

Tabla 24. Desperdicios Lean en Área de Ingeniería

Tipo de Desperdicio	Aplicación en el Área de Ingeniería
Sobre Producción	Análisis, reportes, pruebas de testeado no necesarias
Inventario	Análisis sin terminar, reportes.
Transporte	traspasos, validaciones complejas
Movimiento innecesario	Go/No Go Task ²⁷ , Trabajar en muchos proyectos a la vez

²⁶ Tiempo Takt: Tiempo de procesamiento, es el tiempo promedio entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de la producción de la siguiente unidad.

²⁷ Go/No-Go Task: Tarea en la que los estímulos se presentan en un flujo continuo y los participantes realizan una decisión binaria de cada estímulo. Uno de los resultados requiere que los participantes realicen una respuesta motora (Go), mientras que el otro requiere que los participantes rechacen una respuesta (No-Go). En general se refieren a pruebas de aprobado/fallo usando dos respectivas condiciones límite o de frontera. La prueba se considera aprobada sólo si la condición para aprobar es satisfecha y además la condición de fallo no se cumple.

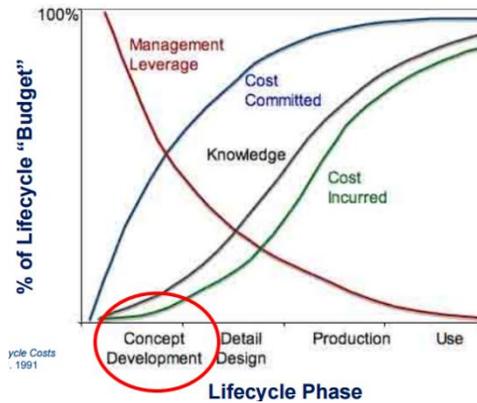
Espera	Esperas por decisiones o por documentos de entrada
Resultados defectuosos	Re-trabajo por requerimientos o entradas equivocadas, errores que requieren el esfuerzo de corregir el problema
Sobre Procesamiento	Características no esenciales e innecesarias para el análisis o comunicación, re-inventar soluciones
No usar la creatividad del empleado	Ingenieros no comprometidos en el proceso de mejora en ingeniería

Fuente: [39]

Usar los procesos de ingeniería eficientemente implica mejorar la calidad en ingeniería, por lo tanto, considerar a la ingeniería implica considerarlo como un actor relevante en la creación de valor. Esto es posible de visualizarlo en la Ilustración 24, donde se aprecia que conviene focalizarse en el desarrollo conceptual de la futura construcción porque posee una pendiente muy alta, representando casi el 50-60% de los costos comprometidos y de la gestión de los cambios ante las situaciones que pudieran ocurrir, por tanto, un cambio o una decisión bien tomada en esta fase de ciclo de vida de un proyecto, implica un cambio significativo en el resultado y presupuesto final.

De esta forma, dentro del marco de la gestión integral de proyectos propuesta por la filosofía Lean en su modelo LPDS (Lean Project Delivery System), es posible afirmar que el pensamiento Lean debe comenzar con Ingeniería Lean, es decir, comenzar de la forma en que se cree el mayor valor posible para el cliente en etapas tempranas cuando se desarrollan los primeros conceptos y diseños.

Ilustración 24. Ciclo de vida de un Proyecto



Fuente: [39]

7.2 Propuesta de Mejora

Al comparar los principios de la Filosofía Lean con las falencias seleccionadas en el capítulo anterior, se visualizan 2 oportunidades de mejora mediante el enfoque del Lean Management, como lo ilustra la siguiente tabla comparativa.

Tabla 25. Tabla comparativa entre VP y Propuestas Lean Management

Falencia	Vicepresidencia de Proyectos de Codelco	Filosofía Lean Management
1: Falta de establecimiento de definiciones y estándares claves	Existe un documento interno en el sistema de gestión documental para establecer conceptos claves, pero este no considera a todos los actores relevantes ni toda la información necesaria para establecer lineamientos, por tanto, no se aplica de forma efectiva.	BEAM: Business Engineering Alignment Meeting: Reunión de alineamiento entre el Caso de Negocio y Proyecto.
2: Reuniones poco efectivas	Reunión tradicional: Congregación de equipo de trabajo bajo un objetivo en común para visualizar los avances del proyecto.	Obeya Room: Reunión de pie, con una sala que contiene toda la información necesaria en paneles dispuestos en las paredes, una dinámica establecida y pizarra de compromisos finales.

Fuente: Elaboración propia mediante recomendaciones de Filosofía Lean Management

7.3 Propuesta para Falencia 1: Establecer definiciones y estándares claves

En el desarrollo de los proyectos de la VP no se realiza una instancia en etapas tempranas para aclarar estándares y definiciones claves que regirán al proyecto, como, por ejemplo, ¿cuál será el criterio de decisión para elegir la mejor opción? ¿Qué drivers impulsan los criterios? ¿Se necesita pagar por estudios para recolectar más información relevante? ¿Cuál es la información necesitada? Esta falta de definiciones claves genera una desconexión y falta de alineamiento entre el personal del proyecto, VP y división.

El lema de la filosofía Lean es entregar calidad y eliminar todo tipo de desperdicios. En su sistema de desarrollo de proyectos LPDS, Lean comienza respondiendo adecuadamente a la oportunidad del nuevo negocio que es presentada o ideada, entonces una pérdida de valor en esta oportunidad es un desperdicio. Entiéndase como oportunidad de negocio, a aquella necesidad/problema/oportunidad levantada que se le pretende dar una solución mediante la elaboración y ejecución de un proyecto.

La propuesta de la filosofía Lean para aprovechar esta nueva oportunidad de negocio, es que al comienzo de la etapa de Prefactibilidad se realice una Reunión de Alineamiento del Caso de Negocio del Proyecto (RANP), la cual es denominada Business Engineering Alignment Meeting (BEAM) en inglés. Esta reunión debe tener toda la información y actores necesarios para dejar establecidos los lineamientos estratégicos (drivers, condiciones, restricciones y decisiones claves) que darán forma al proyecto, con el fin de alinearlos a la oportunidad de negocio generada. [40]

Existe un estudio realizado por el IPA, Independent Project Analysis, en el que confirman que las empresas mejoran el VAN (valor actual neto) de sus proyectos cuando las expectativas del negocio están claramente definidas en cada uno de los proyectos realizadas, y son comprendidas por los profesionales del equipo. Esto ocurre porque regularmente es difícil reunir a representantes de los grupos que participan en el desarrollo de un proyecto, como ingeniería, operaciones y profesionales de estudio, a que discutan las limitaciones y condiciones de borde de una manera temprano y eficaz. De esta forma el BEAM es considerado como un elemento de valor para los negocios actuales, donde un estudio recopilado por el IPA que analizaba 330 proyectos desde USD\$7-USD\$400 millones, comprobó que el uso de sesiones de trabajo similares a lo propuesto por el BEAM, tuvieron un mejor desempeño en costo y menos desvíos en el calendario cuando efectivamente se realizaba un proceso de definición y planificación en etapas tempranas. [41]

7.3.1 Input de RANP: Proceso de Configuración de Oportunidades

Para la realización del RANP, se necesita la recolección de información y definición de aspectos claves del negocio, lo cual es levantado en un proceso denominado: Proceso de Configuración de Oportunidades o sólo Proceso de configuración, el cual consta de 6 etapas como lo muestra la Ilustración 25.

Ilustración 25. Proceso de Configuración de Oportunidades



RANP forma parte esencial de este proceso debido a que lo da por finalizado, logrando cerrar y encuadrar adecuadamente la idea o caso de negocio desarrollado. Esta recopilación de información del Proceso de Configuración se recomienda realizarlo antes de comenzar FEL 2 o etapa de Prefactibilidad, con el fin de focalizar los recursos y actividades que se desarrollaran en el estudio de Prefactibilidad.

El proceso de configuración tiene etapas consecutivas, donde cada una depende a la anterior, las cuales se detallan a continuación:

- 1 **Entender el Contexto del Proyecto:** Definir la ubicación, historia del proyecto, aspectos geopolíticos y culturales, regulaciones, aspectos medioambientales, competencia con otros proyectos y disponibilidad / calidad de recursos humanos para la construcción del proyecto. Es importante realizar un buen entendimiento del proyecto, ya que es el contexto el mayor proveedor de los principales factores de riesgos, los cuales, al ser identificados tempranamente, se pueden analizar en la etapa de estudio y generar plan de mitigación.
- 2 **Evaluar Valor Potencial:** A partir de la definición de contexto y la información básica disponible, se debe evaluar el potencial de valor económico del negocio, de tal manera de definir tempranamente si seguir invirtiendo recursos para generar más información o

abandonar la potencial inversión. Quizás esta primera evaluación no sea la más precisa, pero debe ser orientadas a “derrumbar” el proyecto con el fin de combatir el optimismo y ser lo más realistas posibles.

- 3 **Analizar Ventajas Competitivas:** Definir si el proyecto presenta sinergias con las capacidades y estrategia de la compañía y si la organización tiene ventajas comparativas para el aprovechamiento de la oportunidad de negocio. En esta etapa es importante saber diferenciar qué es lo que realmente se realiza de mejor forma que los competidores y con lo cual crea mayor valor para la compañía. Además, es importante ser realista y dejar el oportunismo debido a que conviene tener una cartera de proyectos bien elaborados a tener muchos proyectos dispersos, heterogéneos y complejos.
- 4 **Alineamiento con Stakeholders (grupos de interés):** Se debe identificar los grupos de interés relevantes para el proyecto y definir cómo se va a gestionar la relación con dichos grupos de interés. Es importante analizar cada ámbito que pueda verse afectado por el proyecto o que pueda tener interés en él, ámbitos tales como el social, económico, seguridad y salud, político, legal y regulatorio, físico y ecológico. Además, cada Stakeholder con poder de decisión, debe visualizar un valor particular para así consensuar entre todos el valor potencial del proyecto.
- 5 **Establecer Proceso de Gobernanza:** Establecer el modelo de gobierno, instancias de control y toma de decisión para el proyecto. Es importante dejar claro el conjunto de reglas que orientaran y limitaran las decisiones, tales como los requisitos de autorización, mecanismos de aprobación y tomadores de decisión. Además, en esta etapa se recomienda utilizar otra herramienta propuesta por la filosofía Lean, denominada Matriz RACI, la cual asigna roles y responsabilidades para cada una de las tareas importantes del proyecto como lo muestra la Tabla 26.

Tabla 26. Descripción de Roles en Matriz RACI

Letra	Rol	Descripción
R: Responsable	Encargado	Quien efectivamente realiza la tarea. Debe existir uno para cada tarea
A: Accountable	Responsable	Se responsabiliza de que la tarea se realice y es quién debe rendir cuenta de su ejecución.
C: Consulted	Consultado	Posee alguna información o capacidad necesaria para la realización de la tarea y por tanto, debe ser consultado.
I: Informed	Informado	Debe ser informado sobre el avance y resultados de la ejecución de la tarea

Fuente: [42]

- 6 **Cierre del Caso de Negocio:** Cerrar los conceptos básicos de la oportunidad de negocio mediante la Reunión de Alineamiento entre el Negocio y Proyecto (RANP). Es importante destacar que este proceso de configuración moldea a la oportunidad de negocio, y es ésta la que moldea al proyecto.

7.3.2 RANP (BEAM en inglés)

La Reunión de Alineamiento Negocio y Proyecto (RANP) es vital para lograr un buen entendimiento de la Oportunidad de Negocio y generar un proyecto que fluya bajo el común acuerdo de todas las partes interesadas. Esta reunión es entre el equipo del dueño del negocio y el equipo del proyecto para analizar posibles alternativas a estudiar con sus respectivos trade-offs y definir los requerimientos y condiciones de borde que permitan alinear los objetivos del negocio con los del proyecto.

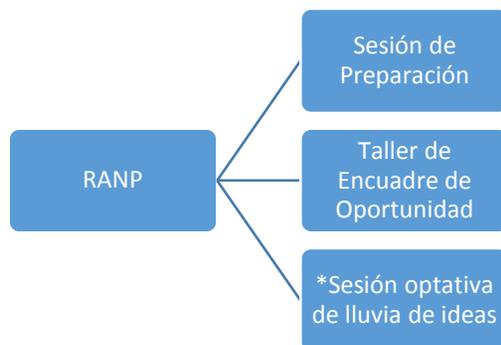
Este elemento es central para el desarrollo del plan de trabajo de Prefactibilidad debido a que es en este taller donde se focalizan los recursos y actividades que tendrá el proyecto a estudiar. Al finalizar el RANP deberían poder ser respondidas las siguientes preguntas:

1. ¿Qué busca lograr el Caso de Negocio?
2. ¿Cuáles son las prioridades del Proyecto?
3. ¿Cuáles son las implicancias de las prioridades para el alcance?
4. ¿Cuáles podrían ser los desacuerdos entre funcional y proyecto que pueden ser negociados y controlados?
5. ¿Cómo podría el equipo del proyecto mantener actualizado el Caso de Negocio ante cualquier cambio?
6. ¿Cómo el Negocio se mantendrá informado de cualquier sorpresa durante el desarrollo del proyecto?

Para generar una Reunión de Alineamiento Negocio-Proyecto (RANP) completamente provechosa, es necesario darle tiempo, dedicación y generar la estructura recomendada. Para esto, a continuación, se detallan las principales características que debería presentar la reunión.

RANP es dividida en 2 partes principales: Sesión de preparación y Taller de encuadre de oportunidad, y una sesión de lluvia de ideas de carácter optativo. Cada una de estas sesiones es fundamental para lograr generar un RANP completo y de utilidad para la organización. El conjunto de estas sesiones debería tomar entre 1 y 2 días de trabajo full y debe tener su foco en el pensamiento creativo, sin restricciones ni favoritismo, centrado en la oportunidad de negocio y no en el entregable final.

Ilustración 26. Reunión de Alineamiento Negocio-Proyecto



Fuente: Elaboración propia

7.3.3 Primera Parte de RANP: Sesión de Preparación

El corazón del RANP es el Taller de Encuadre de Oportunidad, una reunión donde son reunidos los actores claves del equipo del dueño y equipo del proyecto, para llegar a un consenso y definir los lineamientos estratégicos de la oportunidad de negocio presentada. Para lograr la realización de este taller, es necesario generar una preparación previa. Esta sesión de preparación debería contener los siguientes puntos mínimos:

1. Documentación base acerca de los datos básicos: a los datos ya recopilados durante el Proceso de Configuración, es recomendable agregar otros datos que describan la naturaleza del recurso minero y del lugar dónde se desarrollará el futuro proyecto, aspectos tales como:
 - Ciclo de vida de instalaciones
 - Inversión máxima permitida
 - Posibilidad de expansión futura
 - Flexibilidad operacional
 - Caracterización del yacimiento
 - Requerimiento de almacenamiento
 - Necesidades de infraestructura extra
 - Metas del programa con sus plazos
 - Categorización de los recursos en un nivel de profundidad 3 dado la NCC31 (Norma Corporativa Codelco número 31)
 - Matriz de sustentabilidad de reservas mineras
2. Crear el listado de los participantes al Taller de Encuadre de Oportunidad: Se debe genera un listado de las asistentes al taller, con nombres y cargos. Algunos de los cargos que deberían estar presentes son:
 - Sponsor: Declarado por Codelco como el Vicepresidenta de la División en la cual se genera la oportunidad de negocio.
 - Líderes del Negocio
 - Líderes del Proyecto
 - Líderes funcionales
 - Profesionales especializados de etapas de estudio, como: ingeniería, construcción, finanzas y sustentabilidad.

- Profesionales de operaciones, mantenimiento y seguridad.
- Líderes de grandes áreas de trabajo común en los proyectos mineros, como: geología, minería, procesos, medioambiente, energía y comercialización.

Como recomendación, es importante que, dada la naturaleza del caso de negocio, se presenten al taller todas las funciones necesarias que aseguren un campo de experticia necesario, los cuales no deberían ser más de 20 personas para lograr una reunión efectiva. Además, se recomienda la participación de algún personal externo experimentado como consultores o contratistas, y que la reunión sea gestionada por un facilitador independiente y liderada por el Sponsor.

3. Crear la agenda de la reunión, según las etapas del Taller de Encuadre de Oportunidad que se detallaran más adelante. Es importante que esta agenda tenga ítems y tiempos para cada una de las actividades.
4. Realizar Sesiones Informativas: Se debe desarrollar material de pre-lectura y sesiones informativas para los participantes del equipo de proyecto, con el fin de llegar a la reunión con los conocimientos adecuados para opinar y ser un aporte en la definición de lineamientos estratégicos. Se recomienda que sean 1 o 2 sesiones informativas, sin embargo, esto depende de la complejidad de la oportunidad de negocio.

7.3.4 Segunda Parte de RANP: Taller de Encuadre de la Oportunidad

El Taller de Encuadre de la Oportunidad es el punto culmine del RANP, siendo la parte más importante de todo el proceso. La dinámica propuesta para el Taller de Encuadre de oportunidad es seguir los procesos de la Ilustración 27 que se detallan a continuación:

Ilustración 27. Etapas del Taller de Encuadre de Oportunidad



Fuente: Elaboración propia

7.3.4.1 Declaración de la Oportunidad de Negocio

La primera etapa del Taller de Encuadre de oportunidad es poder establecer y consensuar entre todos los participantes, una declaración de cuál es específicamente la oportunidad de negocio y cuáles son sus objetivos. Preguntas que servirían para orientar un acuerdo en esta declaración serían las siguientes:

1. ¿Cuál es específicamente la Oportunidad de Negocio?
2. ¿La declaración muestra de forma concisa lo que queremos resolver?
3. ¿Qué preocupaciones o preguntas no están siendo consideradas?

4. ¿Cuáles son las decisiones estratégicas necesarias de resolver, en particular aquellas no obvias que son parte del alcance del proyecto?
5. ¿Cuáles son las decisiones estratégicas de alto nivel que se pueden o no considerar, dado la realidad del mercado?
6. ¿Cuáles son las restricciones que podría existir en la solución?
7. ¿Existe algún antecedente, contexto o información asociada a la Oportunidad que intentamos responder?
8. ¿Qué está dentro y fuera del ámbito de aplicación?

Esta primera etapa del taller se podría realizar escribiendo en post-it frases con las declaraciones o contenidos relevantes que se levanten en la reunión, para luego generar una declaración en conjunto. Es importante que esta declaración sea breve y concisa, y que evite palabras vagas para evitar malentendidos, y que a pesar de que existan opiniones muy diversas de los objetivos de la oportunidad de negocio, es vital lograr un acuerdo para poder pasar a la siguiente etapa.

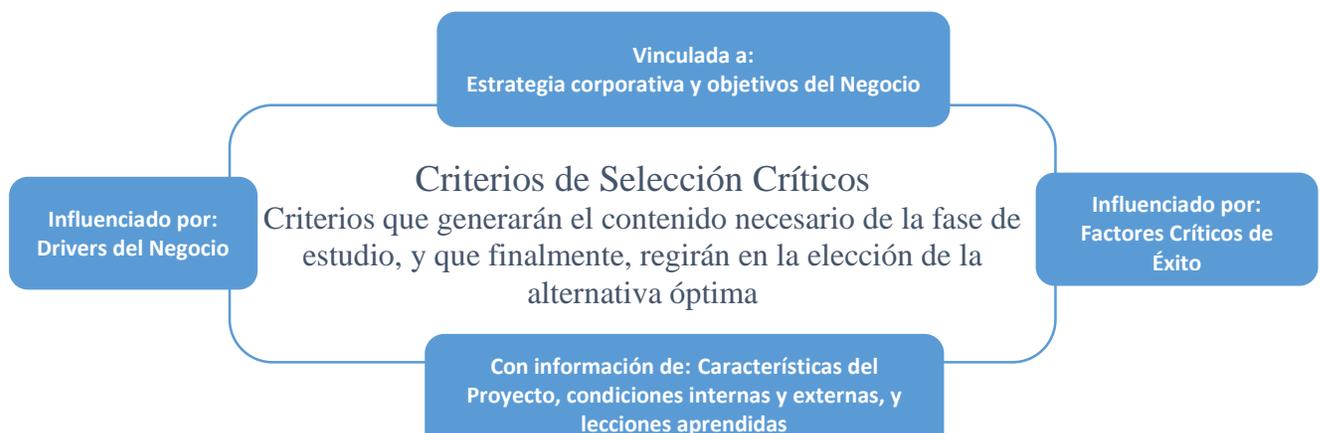
Un ejemplo de esta declaración sería: *“Evaluar alternativas para cuello de botellas del sistema de liquidación del carbón de Mina 1 en las operaciones del sector 3 y 4 para permitir que el equipo funcione a pleno rendimiento por los próximos 20 años, además, seleccionar un caso aceptable que siga adelante en la fase de estudio, el cual debe cumplir con una tasa de riesgo del 10% entregando el máximo de VPN y asegurando la operatividad”*

Es posible denotar que el ejemplo indica exactamente cuáles serán los centros de operaciones a evaluar, cuál será la capacidad y por cuántos años, cuál será el riesgo aceptable y cuál será el objetivo final de asegurar la operatividad.

7.3.4.2 Definir Criterios de Decisión

Es necesario en etapas tempranas establecer cuáles serán los indicadores que servirán para seleccionar la mejor alternativa al final de la Etapa de Prefactibilidad. Estos criterios deben estar vinculados a la estrategia y objetivos del negocio, influenciado por drivers del negocio y factores críticos, y con un respaldo de la información ya levantada en las etapas previas del Proceso de Configuración. Esto se puede ilustrar en el siguiente esquema:

Ilustración 28. Esquema de los Criterios de Selección Críticos



Fuente: Elaboración propia

El equipo debe generar los criterios de selección críticos, los cuales variaran según sea la oportunidad de negocio. Al crear estos criterios antes de comenzar la etapa de Prefactibilidad, se podrá focalizar el flujo de trabajo de los estudios necesarios a realizar. Ejemplo de criterios son: Capex, Opex, Capex, Opex, VPN, Mínimo Riesgo Residual, Tasas de Rendimiento. También se pueden fijar mecanismos de tecnología, factores claves de seguridad o medioambientales con el fin de otorgar beneficios a todos los stakeholders, o potenciales expansiones, o fijar calidad en los entregables técnicos.

7.3.4.3 Levantamiento de problemas y clasificación

Esta etapa es la que puede requerir una sesión especial sólo para realizar lluvia de ideas, ya que aquí se requieren levantar todos los elementos de interés que pueden generar problemas o preocupaciones al desarrollar la oportunidad de negocio. En esta etapa se podría partir la reunión escribiendo en post-it los potenciales problemas o ítems de preocupación, los cuales deben tratar de capturar por completo la preocupación evitando las frases vagas. Luego, estos problemas deben ser clasificados entre hechos, riesgos, incertidumbres y decisiones, los cuales se describen a continuación:

1. Hechos: Preocupación sustentada en datos o información del contexto. Ej.: ubicación, tipo de material, infraestructura existente.
2. Riesgos: Eventos que podrían ocurrir o no. Ej.: problemas en el desarrollo de terceros, resultados políticos, reclamos medioambientales.
3. Incertidumbres: Cantidades que tienen un rango de posibles resultados. Ej.: cantidad de recursos extraíbles, condiciones geotécnicas.
4. Decisiones: Opciones que pueden ser contralados mediante la toma de decisiones. Ej.: ubicación de planta, equipos y materiales, capacidad productiva.

Es importante que, en el levantamiento de problemas, los participantes del taller se cuestionen y desafíen sus propios conocimientos y paradigmas, e identifiquen si las preocupaciones que están levantando son hechos o interpretaciones. Este levantamiento de problemas se puede realizar en pequeños grupos de trabajo, donde son clasificados y luego compartidos con todo el equipo.

Finalmente, las preocupaciones clasificadas como “decisiones” pasaran a la siguiente etapa, debido a que el objetivo del taller es reunirse a definir y decidir lineamientos de carácter estratégicos.

7.3.4.4 Decisiones Jerarquizadas

Una vez que se posee el listado con aquellas preocupaciones que son clasificadas como decisiones, se debe volver a hacer una clasificación entre el tipo de decisión, la cual puede ser:

1. Decisión Política: decisiones globales o políticas que no pueden ser cambiadas. Ej.: Montos de inversión permitidos, política de Seguridad, protocolo de riesgos país.
2. Decisión Operacional: decisiones in situ en la ejecución del proyecto. Ej.: Rutinas y procedimientos, medidas de mitigación ante un atraso o error.
3. Decisión Táctica: Decisiones posteriores a la estrategia, pero que influyen en la ejecución de la estrategia deseada. Ej.: Detalle del diseño, selección de tecnología, programación de construcción.

4. **Decisión Estratégica:** Decisiones claves que afectan al alcance y dirección del proyecto, y en el valor de la oportunidad. Ej.: Métodos de procesamiento, tamaño de instalación, fases del proyecto.

Cuando las decisiones ya han sido clasificadas, se deben considerar aquellas de carácter estratégicas, en las cuales los participantes reunidos pueden dictaminar cursos de acción, debido a que los otros tipos de decisiones se verán en etapas posteriores del proyecto.

Un ejemplo de cómo quedarían las clasificaciones, se muestra en la Tabla 27:

Tabla 27. Ejemplo de Clasificación de Problemas

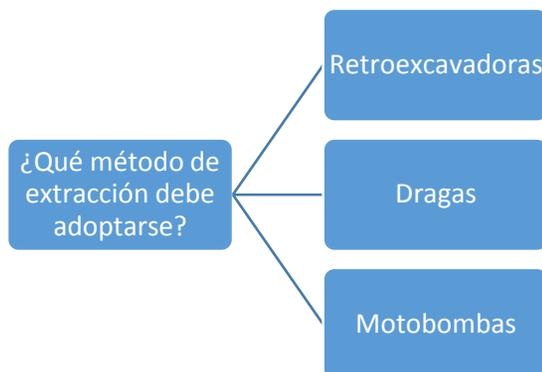
Problemáticas	Categorización	Tipo de Decisión
¿Qué método de extracción debe ser adoptado?	Decisión	Estratégica
Probabilidad de interrupciones climáticas durante la construcción	Riesgo	
¿Qué capacidad de procesamiento tendrá la instalación?	Decisión	Estratégica
¿Cómo es posible apurar el calendario?	Decisión	Táctica
Precios de materiales claves han aumentado 20%	Hecho	

Fuente: Elaboración propia

7.3.4.5 Opciones Estratégicas

Cuando se han identificado aquellos problemas que sean decisiones estratégicas, es necesario levantar opciones de solución para solucionar aquellos problemas. En esta etapa se deben considerar todas las posibles alternativas disponibles, utilizando la información recolectada y escuchando las nuevas opiniones de tendencias o tecnologías. Un ejemplo de esto se ve en la Ilustración 29.

Ilustración 29. Ejemplo de Opciones Estratégicas



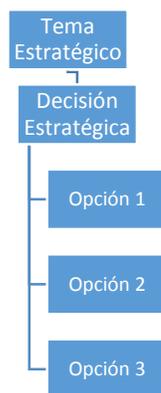
Fuente: Elaboración propia

7.3.4.6 Temas Estratégicos

Una vez que se han levantado opciones estratégicas, se forman temas estratégicos como lo muestra la Ilustración 30, los cuales representan un set de decisiones y opciones estratégicas que juntas forman un enfoque consistente para la oportunidad de negocio. Cada tema estratégico debe ser sustancialmente diferente del otro.

La creación de temas estratégicos provee temas racionales, urgentes y necesarios de definir en la misma reunión mediante una decisión tomada en el mismo taller, o mediante la decisión de requerir información adicional y, por lo tanto, se incluye dentro del plan de estudio de Prefactibilidad.

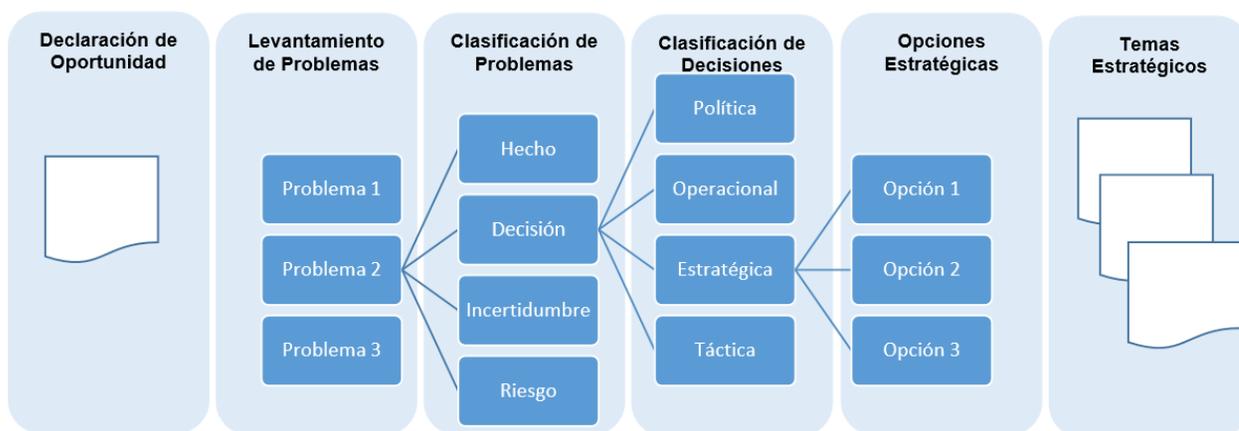
Ilustración 30. Temas Estratégicos



Fuente: Elaboración Propia

Al seguir los pasos recomendados para el Taller de Encuadre de Oportunidad, se logra una dinámica como la mostrada en la Ilustración 31, en la cual se comienza con una declaración de la oportunidad de negocio y se termina con un listado de temas estratégicos, los cuales definirán los principales lineamientos estratégicos del proyecto y focalizarán las actividades necesarias en la etapa de estudio de Prefactibilidad.

Ilustración 31. Dinámica propuesta para el Taller de Encuadre de Oportunidad



Fuente: Elaboración propia

7.3.4.7 Cierre

Para dar fin al Taller de Encuadre de Oportunidad y por consiguiente, al RANP, se propone generar un resumen de los principales resultados del taller, como las decisiones estratégicas tomadas en el taller, los criterios de selección, los acuerdos que hayan surgido en el taller con su respectiva actividad y responsable, y además, se recomienda recopilar todas las preocupaciones levantadas como riesgo o incertidumbre, ya que éstas se pueden incorporar a la fase de estudio para así crear un plan de mitigación.

Dados los temas estratégicos desarrollados, se creará un campo de claridad para obtener las mejores alternativas de proyecto que den respuesta la oportunidad de negocio y por tanto, se podrán obtener aquellas alternativas que serán evaluadas en el estudio de Prefactibilidad.

Por otro lado, existen aspectos claves que se deben evitar en la realización del RANP, los cuales se detallan a continuación:

1. Solución impuesta o preferida: evitar comenzar el RANP con alguna solución ya definida y, por tanto, preferida por el equipo de proyecto.
2. Falta de compromiso: líderes que son convocados al Taller de Encuadre de Oportunidad y que delegan su responsabilidad de asistir, o asisten a la reunión sin tener una participación activa.
3. Verlo como un formalismo: ver el RANP como un “mal necesario” que se debe realizar para avanzar hacia la etapa de Prefactibilidad, sin aprovechar la oportunidad del taller adoptando una actitud mecanicista.
4. Demasiados detalles: uno de los desafíos a superar en el Taller de Encuadre de Oportunidad, es entrar en demasiados detalles tácticos u operacionales, no respetando el timing acordado en la agenda del taller.

La realización de un buen y estructurado RANP, no solo ayuda al entendimiento mutuo del proyecto entre las partes interesadas, sino que también ayuda a mejorar la evaluación y selección de la alternativa óptima que pasa a la etapa de Factibilidad, debido que ya se encuentran definido los criterios mínimos de selección. Estos criterios no pueden ser actualizados en último momento sólo con el fin de lograr que alguna alternativa preferida cumpla con los requisitos, porque se

estaría realizando una elección sesgada, por tanto, se deben respetar y hacer válidos los lineamientos, decisiones y criterios ya establecidos.

7.4 Propuesta a Falencia 2: Reuniones poco efectivas

Las reuniones se conocen comúnmente como un grupo de personas reunidas para discutir uno o varios temas en un ambiente formal donde todos son sentados alrededor de una mesa en común, dichos temas pertenecen a una agenda que genera acuerdos en el acta final de la reunión. Sin embargo, la filosofía Lean ofrece otro mecanismo para realizar reuniones más efectivas, lo cual lo denomina “Obeya Room”.

Obeya Room es una herramienta de gestión de la filosofía Lean que permite a los equipos contar con una sala de paneles informativos donde se pueden comunicar los rendimientos de cada área, escalar problemas, comprometer acciones correctivas y priorizar trabajos. La información contenida en los paneles informativos es preparada y entregada por cada área para realizar la reunión, esta reunión tiene 3 objetivos fundamentales: alinear objetivos del proyecto con planificación a corto y mediano plazo; comprometer a todos los representantes de áreas del proyecto con la mejora continua; y proveer visión sencilla y clara del estado actual y principales desvíos para crear en conjunto medidas de mitigación.

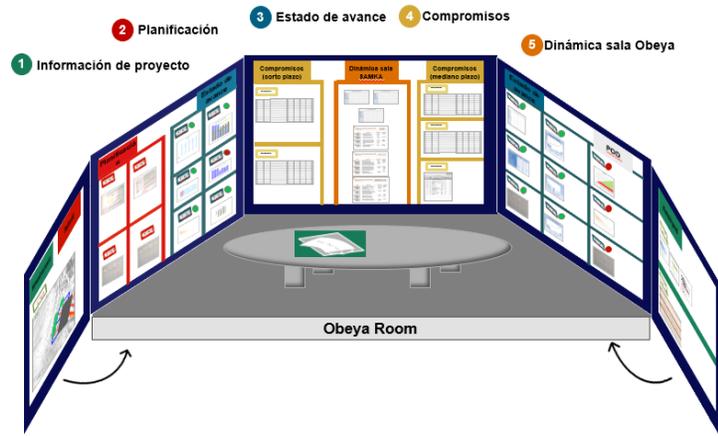
La implementación de Obeya Room ha tenido beneficios económicos para las empresas que lo han adoptado. Como caso de ejemplo, la empresa Navantia implementó la metodología de Obeya Room en una sala de operaciones para la construcción de barcos, logró mejorar la adhesión al programa y productividad en un 5% (aprox. US\$28 millones) y disminuyó las HHs en reuniones en 40% (aprox. US\$10 mil por mes). [43]

7.4.1 Dinámica de Obeya Room

La idea de Obeya Room es realizar una reunión de pie, durante 60 minutos, en la cual se realiza un recorrido por la sala leyendo los carteles informativos de las distintas áreas y temáticas, para finalmente leer los compromisos adquiridos anteriormente, tachar los que hayan sido realizado y los que no, reprogramarlos. Obeya Room es una reunión con información visible, relevante, actualizada y con uso de semáforos para indicar las alertas.

Los temas que forman parte de Obeya Room son: información del proyecto, planificación, estado de avance y compromisos que resulten de la reunión, tal como lo muestra la Ilustración 32, donde, además, se debe dejar un espacio para escribir la dinámica que tendrá la reunión. Cabe destacar que existen temas que en las paredes tienen varios espacios disponibles, según sean las áreas participantes, por ejemplo: en la Ilustración 32, planificación tiene 4 espacios porque en la reunión asisten 4 áreas pertenecientes al proyecto donde cada una tiene su propia planificación.

Ilustración 32. Layout de Obeya Room



Fuente: [44]

A continuación, se detallan cada uno de las temáticas de Obeya Room:

- Información del Proyecto: mostrar la información del proyecto que sea relevante para la reunión con el fin de dar un contexto, por ejemplo: ilustrar un plano general de las áreas del proyecto y la ruta crítica establecida en sus inicios.
- Planificación: mostrar la planificación inicial del proyecto, con foco en el corto plazo mostrando el programa mensual y semanal. Además, es valiosos mostrar las prioridades y objetivos del proyecto, y las posibles interferencias previstas para la planificación inicial.
- Estado de Avance: mostrar el estado de avance de la planificación original, con foco en los problemas que se presenten y en el no cumplimiento de KPIs. Compromisos: el panel de compromisos se va usando a medida que los participantes se comprometen en la realización de alguna actividad necesaria para cumplir con el programa, plazo y costo. Estos compromisos deben tener responsable y fecha límite de realización.
- Dinámica de Obeya Room: mostrar la rutina o agenda que tendrá la reunión, además, se debe realizar un control de asistencia.

Es importante que cada una de las temáticas descritas tenga un detalle de la información requerida, un responsable y una frecuencia de actualización (*Ver Ilustración 33*)

Ilustración 33. Ejemplo de responsables por temáticas de reunión

Panel	Información requerida	Responsable	Frecuencia
1 Información de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Programa maestro OIM Ruta Crítica Plano general OIM 	<ul style="list-style-type: none"> J. Fil J. Fil J. Fil 	Mensual
			Mensual
			Mensual
2 Planificación	<ul style="list-style-type: none"> Programa mensual Programa semanal Interferencias previstas Prioridades constructivas Prioridades no constructivas 	<ul style="list-style-type: none"> D. Cuna D. Cuna D. Cuna O. Mana O. Mana 	Mensual
			Semanal
			L – M – J
			Semanal
			Semanal
3 Estado de avance	<ul style="list-style-type: none"> Frentes con problemas Desarrollos Servicios Seguridad Calidad Ingeniería 	<ul style="list-style-type: none"> J. Tere P. Roma J. Mite M. Tara P. Sana L. Mozo 	L – J
			Semanal
4 Compromisos	<ul style="list-style-type: none"> Corto plazo VP Corto plazo Contratista Mediano plazo VP Mediano plazo Contratista Mediano plazo VP (en ejecución) Mediano plazo Contratista (en ejecución) 	<ul style="list-style-type: none"> J.Cima J.Clela J.Cima J.Clela J. Fil P. Roma 	L – J
			L – J
			Semanal
5 Dinámica Obeya Room	<ul style="list-style-type: none"> Controles de asistencia 	<ul style="list-style-type: none"> Moderador 	L – M – J

Fuente: [44]

Dado las temáticas y el layout propuesta de Obeya Room en la Ilustración 33, la reunión debe comenzar con cada área mostrando su estado de avance focalizado en los desvíos, estos desvíos generaran un levantamiento de problemas donde se deben analizar sus causas y generar soluciones que quedaran plasmadas en compromisos. El último ítem de la agenda de la reunión debe ser la revisión de compromisos anteriores, donde se deben revisar sólo aquellos que se encuentren atrasados o con riesgo de atraso, los cuales deben ser analizados sus causas y reprogramados o reestructurados. Finalmente, se debe leer en voz alta y aclarar los nuevos compromisos que fueron adquiridos durante la reunión.

Cabe destacar, que la información del proyecto y planificación son revisados y mencionados sólo en caso de que se necesite algún dato importante.

7.4.2 Reglas Obeya Room

Para generar una reunión efectiva utilizando la metodología de Obeya Room, se deben considerar los siguientes puntos:

- La reunión se prepara con anticipación (temas a presentar y los paneles)
- Se comienza y termina puntualmente (duración aproximada de 1 hora.
- Los participantes deben estar de pie durante la reunión
- Se sigue la rutina establecida en la dinámica de la reunión y se respetan los tiempos
- Se escucha atentamente hasta que el expositor cierra la idea
- Se levantan sólo temas relevantes para la reunión
- Se proponen soluciones al levantar temas
- Se anotan compromisos a medida que aparezcan y quedan visibles en la sala
- Se avanzan en compromisos ya adquiridos anteriormente
- Se mantiene un espíritu de cooperación, aprendizaje y mejora

7.4.3 Roles de Obeya Room

Obeya Room tiene roles predefinidos para poder cumplir con la dinámica establecida, donde son los mismos participantes de la reunión los que adoptan alguno de los siguientes roles:

1. Líder de reunión:
 - a. Lidera la reunión siguiendo la rutina establecida
 - b. Pide explicaciones y compromisos a los participantes cuando existen desvíos de KPIs
 - c. Acuerda y define los responsables de los compromisos
2. Moderador de reunión:
 - a. Asegura cumplimiento de los tiempos establecidos en la rutina
 - b. Vela por la definición correcta de compromisos
 - c. Registra asistencia y paneles no actualizados
 - d. Promueve las “Reglas Obeya Room”
3. Dueño de Obeya Room:
 - a. Anota compromisos de la reunión
 - b. Consolida compromisos y los envía por email a los participantes
 - c. Registra tiempos por sección utilizados en la reunión
 - d. Mantiene la sala en buen estado
 - e. Gestiona modificaciones de paneles en el layour cuando es acordado
4. Participante de reunión:
 - a. Llega preparado a la reunión: estudió los KPIs de su área y responsabilidad e hizo un análisis de causa de los desvíos antes de explicarlos en la reunión.

7.4.4 Compromisos Obeya Room

Un aspecto fundamental para que la reunión Obeya Room sea de utilidad es el cumplimiento de compromisos, para lo cual, se recomienda seguir las siguientes buenas prácticas:

- En la cultura Obeya, los compromisos son un pedido de ayuda: es importante levantar compromisos para que las áreas colaboren entre sí, y no para ocupar dicho tiempo dando explicaciones de por qué las cosas no funcionan y para asignar responsables por ese mal funcionamiento.
 - Los compromisos son tomados en la reunión cuando existe un desvío de los KPIs y, por tanto, están asociados a algún desvío en particular.
 - Cada compromiso tiene un responsable único identificado que es participante de la reunión.
- Cada compromiso tomando durante la reunión debería comenzar con un verbo: la meta de un compromiso es llevar adelante una acción, no ser genéricos ni vagos sino deben ser acciones claras con entregables definidos. Por ejemplo: Elaborar un plan de acción para reducir los tiempos de ciclo en frente ABC.
- Los compromisos deben ayudar a solucionar problemas en el corto plazo: es importante focalizar esta reunión a un nivel operativo y táctico, sin irse en actividades que estén muy futuros. Lo recomendable es utilizados plazos no mayores a 5-6 semanas.

- El seguimiento semanal de los compromisos debe ser riguroso: el propósito del seguimiento es dar visibilidad a todos los participantes de qué temas están avanzando y cuales requieren mayor apoyo, para lo cual, es primordial un seguimiento semanal.
 - Las fechas de cumplimiento de cada compromiso son congeladas para realizar un buen seguimiento, por tanto, cuando se realiza una reprogramación, debe ser al costado de la fecha objetivo ya definida porque dicha fecha no se puede borrar.
 - Cada responsable del compromiso actualiza sus compromisos en el listado de compromisos dispuesto en el layout de la sala con al menos 1 día de anticipación, lo cual debe ser gestionado por el rol: Dueño de Obeya Room.
- Declarar el estado de cada compromiso: cada responsable de algún compromiso, debe declarar públicamente el estado de su compromiso; si es que éste fue cumplido (color azul) o está a tiempo (color verde); o necesita una reprogramación por que se encuentra atrasado (color rojo) o con riesgo de atraso (color amarillo). Un ejemplo de esto lo muestra la Tabla 28.

Tabla 28. Ejemplo de Listado de Compromisos para una reunión realizada el 15-03-2016

Fecha de Inicio	Descripción de Compromiso	Responsable	Fecha Objetivo	Estado	Fecha Re-programada
03-03-2016	Enviar programa de reposición de pernos para área Calidad	J.Ber	10-03-2016		20-03-2016
03-03-2016	Cambiar manga de 1400 m a 1700m en cerro negro	J Sil	17-03-2016		22-03-2016
10-03-2016	Energizar nuevo modelo en nivel 11	J Sil	14-03-2016		
10-03-2016	Instalar doble ventilador en serie	F.Ger	31-03-2016		

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, es posible visualizar 5 beneficios concretos de la implementación de Obeya Room:

- **Prioridades Alineadas durante el proyecto:** se genera un mayor foco en el cumplimiento de las prioridades del programa mediante la información visible de lo más crítico.
- **Métricas Visibles:** las métricas operativas están visibles para la toma de decisiones oportuna, además, existe información única del avance y desempeño del proyecto.
- **Reuniones más cortas y ejecutivas:** las reuniones son más cortas al focalizarlas en excepciones y actividades críticas, además de racionalizar el tiempo para cada área.
- **Rapidez en toma de decisiones:** acciones y oportunidades de mejora son identificadas y decididas en la sala
- **Eliminación de silos:** mejora la comunicación y coordinación entre las distintas áreas del proyecto.

8. Capítulo VIII: Conclusiones

8.1 Conclusiones Generales

Con el objetivo de mejorar el desarrollo de ingeniería pre-inversional en los proyectos mineros de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco, este trabajo analiza el desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad del proyecto Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre y propone la incorporación de 2 herramientas Lean Management, con dinámicas definidas y adaptadas a la situación actual de la empresa, en su desarrollo de ingeniería. Estas herramientas cuentan con etapas, reglas y entregables establecidos con el fin de mejorar los procesos internos y permitir una mejor gestión y coordinación interdisciplinaria.

Los proyectos desarrollados por la Vicepresidencia de Proyectos son complejos debido a la gran magnitud y gastos de inversión comprometidos, lo cual implica la interacción de varios actores relevantes para poder llevarlo a cabo. A lo anterior, se le suma la compleja realidad de mercado minero: baja en el precio del cobre, agotamiento o menores rendimientos de las leyes minerales y una fuerte caída en la productividad. Ante tal situación, Codelco ha iniciado un proceso transformador con mecanismos que aseguren productividad y disminuyan los costos operaciones mediante la Filosofía Lean, y es en este contexto que surge la oportunidad de realizar un proyecto de memoria que proponga medidas y herramientas de Lean Management que ayuden a una gestión integral del proyecto.

El marco conceptual fue destinado al estudio de la filosofía Lean, con un enfoque en la corriente de Lean Management. Esta filosofía permite mejorar la productividad a través de la entrega de valor hacia el cliente con la menor cantidad de recursos posibles, eliminando o mitigando todo aquello que no agregue valor, denominado desperdicio. Los principios y conceptos de la filosofía Lean fueron aplicados al caso estudiado del desarrollo de ingeniería pre-inversional, así como también fue aplicado su forma de gestionar proyectos denominada LPDS (Lean Project Delivery System), con herramientas que son utilizadas en la propuesta final del trabajo.

El análisis del caso de estudio permitió vislumbrar las causas de los desvíos en el desarrollo de ingeniería de Prefactibilidad del proyecto Aumento de Capacidad Tranque de Relaves de Talabre, levantando las principales problemáticas existentes y generando espacios para propuestas de mejoras. Luego, el diagnóstico de problemas permitió identificar 21 problemas en 2 ámbitos: Proceso y Estructuras; y Personas. El primero de estos ámbitos fue cuantificado en una Encuesta Online de 47 preguntas y 196 respuestas, la cual, en conjunto con las opiniones de expertos, entregó los inputs para realizar una Matriz de Riesgos e identificar los 10 problemas más urgentes a atacar. De estos problemas, se escogieron los 2 con más alto riesgo de ocurrencia e impacto: falta establecer definiciones y estándares claves al inicio del proyecto; y reuniones poco efectivas, ante lo cual se generaron herramientas de gestión que abordaran directamente dichas falencias mediante la realización de una Reunión de Alineamiento Negocio-Proyecto (RANP) y Obeya Room, respectivamente.

La propuesta final busca mejorar las falencias identificadas mediante la entrega de valor, mitigación de desperdicios y resolución problemas. RANP permite realizar una gestión integral mediante la recopilación y establecimiento de estándares al inicio del proyecto con una reunión en que participan todos los actores claves del proyecto, y que, además, aseguran el grado de

experticia necesario para la toma de decisiones estratégicas que definirán los lineamientos del proyecto. Por otro lado, Obeya Room es una sala que permite que las reuniones sean más efectivas, mediante la visualización de la información de forma oportuna y con foco en excepciones o problemas, para tomar compromisos que permitan una solución.

Finalmente, como aprendizajes personales, el presente trabajo permitió ahondar en nuevas metodologías de optimización mediante el estudio de la filosofía Lean. Además de tener la oportunidad de conocer el desarrollo de ingeniería de grandes proyectos mineros y conocer el funcionamiento interno de una reconocida empresa nacional.

8.2 Recomendaciones

Para la ejecución de las herramientas propuestas basadas en Lean Management, se recomienda seguir la dinámica establecida, sin pasar por alto el orden de sus etapas, y actualizar la información o temáticas según sea la naturaleza del proyecto. También es necesario que cada una de las herramientas propuestas sea preparada con anticipación y siga las recomendaciones expuestas en el presente trabajo para lograr un real cambio y por tanto, una mejora en el desarrollo de ingeniería pre-inversional.

Con base en la metodología LPDS para la gestión integral de proyectos, se recomienda considerar la propuesta de contratos colaborativos, donde se propicia el trabajo en equipo y se comparten riesgos sobre los resultados entre el equipo del dueño, del proyecto y empresas externas que ayuden al desarrollo de ingeniería, además de realizar metas por incentivos por el cumplimiento de los objetivos del proyecto. De esta forma, la empresa externa tendrá incentivos a mejorar su productividad mediante herramientas de gestión orientados por la metodología Lean, y su vez, Codelco podrá cumplir con los objetivos de cada proyecto.

Cabe destacar que un ámbito muy importante para que la filosofía Lean y sus herramientas puedan funcionar, es la preocupación por las personas. Para esto, es vital que existan agentes de cambios que promuevan y generen instancias de aprendizajes Lean, con el fin de que las personas se familiaricen con las herramientas propuestas y adopten lentamente los lineamientos de la filosofía. Esto es un proceso largo, que tomará varios años, pero si existe la disposición y herramientas necesarias, es posible ir generando un cambio organizacional que permita una mejora en la productividad. Cabe destacar, que estos aspectos se deben considerar desde las etapas tempranas de un proyecto, con el objetivo de incluirlas en el diseño y propiciar un ambiente de mejora continua en toda la escala de su desarrollo. Por último, se recomienda mantener la visión macro sobre los proyectos, considerando el proceso como un flujo de trabajo y no como subprocesos aislados, de esta manera se crearán oportunidades alineadas a la mejora del proyecto completo y no solo a óptimos locales que puedan tener repercusiones en otras actividades que no fueron consideradas.

Finalmente, el objetivo de la implementación de la filosofía Lean es la búsqueda de la mejora continua. Por tanto, se recomienda continuamente revisar la metodología de las herramientas propuestas con el fin de generar feedback sobre el funcionamiento de éstas e identificar oportunidades de mejora que permitan aumentar su efectividad.

9. Capítulo IX: Bibliografía

- 1] «SOFOFA,» 2015. [En línea]. Available: <http://web.sofofa.cl/informacion-economica/indicadores-economicos/estructura-de-la-industria/>. [Último acceso: 25 Mayo 2016].
- 2] Consejo Minero, «Minería en Cifras,» 2015.
- 3] Codelco, «Entrega de Resultados año 2015,» Marzo 2016.
- 4] Codelco, «Memoria Anual 2015».
- 5] «Codelco Web,» [En línea]. Available: https://www.codelco.com/que-es-la-vp/prontus_codelco/2011-05-19/175929.html. [Último acceso: 26 Mayo 2016].
- 6] «Codelco,» [En línea]. Available: https://www.codelco.com/etapas-de-un-proyecto/prontus_codelco/2011-07-03/195810.html. [Último acceso: 30 Mayo 2016].
- 7] Codelco VP, «SGP-GI-MD-MNL-004-Linea Base Procesos de Ingeniería,» Santiago, 2010.
- 8] Codelco VP, «SGP-GIC-DC-STD-001- Mapa Procesos VP,» Santiago, 2010.
- 9] Julio 2016. [En línea]. Available: http://prontus.codelco.cl/cifras/prontus_codelco/2016-04-07/102726.html.
- 10] Direcmin: El Directorio Minero Chileno, Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.direcmin.com/noticias>.
- 11] El Mostrador, Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.elmostrador.cl/mercados/2016/06/01/codelco-2020-estatal-busca-ubicarse-en-primer-cuartil-de-costos-y-elevar-en-20-su-productividad/>.
- 12] J. F. P. Achell, Introducción a Lean Construction, Madrid: Fundación Laboral de la Construcción, 2014.
- 13] GEPUC, Universidad Católica de Chile., «Pensamiento Lean, Educación Profesional y Continua,» de *Seminarium Internacional, Massachusetts Institute of Technology*, 2012.
- 14] «El Mayor Portal de Gerencia,» [En línea]. Available: [http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Gerencia%20de%20Proyectos/\[PD\]%20Documentos%20-%20La%20filosofia%20LEAN%20aplicada%20a%20la%20Gerencia%20de%20Proyectos.pdf](http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Gerencia%20de%20Proyectos/[PD]%20Documentos%20-%20La%20filosofia%20LEAN%20aplicada%20a%20la%20Gerencia%20de%20Proyectos.pdf). [Último acceso: 28 Junio 2016].
- 15] L. Koskela, APPLICATION OF THE NEW PRODUCTION PHILOSOPHY, CIFE, Stanford University, 1992.
- 16] M. H. Alarcón Luis, «A Modeling Approach to Understand Performance of Lean Project Delivery System,» Annual Conference of the International Group for Lean .

- 17] H. G. Matthews Owen, «Integrated Project Delivery An Example Of Relational Contracting,» Lean Journal, 2005.
- 18] «Blog Senior,» [En línea]. Available: <http://blog.seidor.com/consultoria-gestion/herramientas-del-lean-management-valor-analisis-y-mejora/>. [Último acceso: 29 Junio 2016].
- 19] J. F. Y. Krebs, «Evaluación de la Revisión de Proyectos del Fondo Solidario de Vivienda aplicando Metodología Lean,» Memoria Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 2007.
- 20] L. R. y. K. J. Chachere J., «Can You Accelerate Your Project Using Extreme Collaboration? A Model Based Analysis,» Stanford, CA, 2003.
- 21] L. M. K. Y. J. J. Ballard G., Roadmap for Lean Implementation at the Project Level, Texas, USA: Report Construction Industry Institute, 2007.
- 22] Codelco, Abril 2016. [En línea]. Available: <http://shpcorpapp.codelco.cl/sites/SEVP/Gerencias/Vicepresidencia-de-Proyectos/Paginas/default.aspx>.
- 23] Portal Codelco, Abril 2016. [En línea]. Available: http://centromedios/opensite_detalle.aspx?CodNodo=20120104150035&CodContenido=20121108146274&CodTemplate=&CodNodoMT=20120104150035&CodTemplateMT=20121012121052.
- 24] BCG, «Consolidando Sello Codelco en la Gestión de Proyectos,» 2015.
- 25] Codelco VP, «Manual del Sistema de Inversión de Capital,» 2015.
- 26] C. VP, «Línea Base Procesos de Ingeniería,» Documento Interno de SGDOC.
- 27] Codelco VP, «Base de Estimación de Costos de Capital y Operación,» Santiago, 2012.
- 28] Codelco VP, «Manual de Revisiones,» 2015.
- 29] Codelco VP, «Aplicación de Prácticas de Incremento de Valor,» 2014.
- 30] Gerencia Prroyectos de Aumento de Capacidad del Tranque de Relaves de Talabre, «PEP de Tranque de relaves de Talabre,» 2008.
- 31] S. N. d. G. y. M. Ramirez N, «Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves,» Departamento de Seguridad Minera, 2007.
- 32] Codelco, Gerencia de Proyectos de Relaves, «Informe Mensual 1 Proyecto de Tranque de Relaves Talabre,» 2008.
- 33] Codelco VP, «Bases Técnicas de proyectos de relaves de Talabre,» 2008.
- 34] G. d. P. d. A. d. C. d. T. d. R. d. Talabre, «Bases de Programación y Control, Bases Técnicas,» 2008.

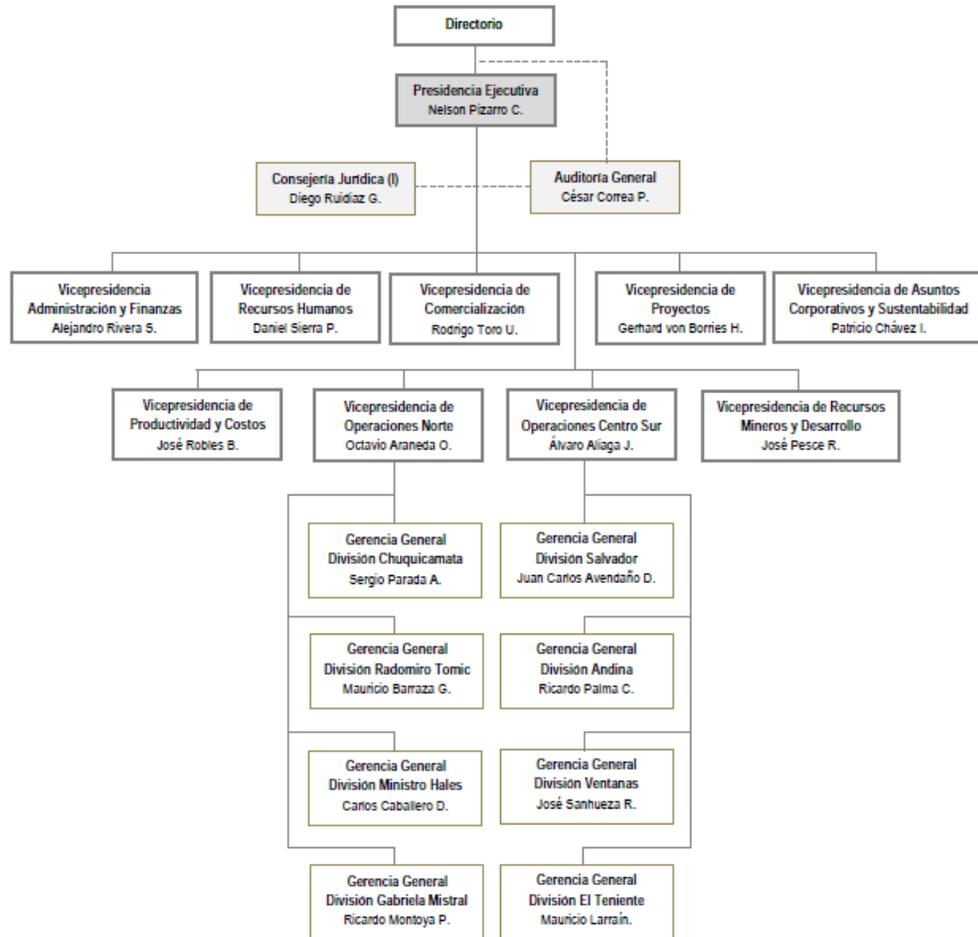
- 35] Codelco VP, «Macroproceso de Inicio-Etapa de Pre-factibilidad,» Santiago, 2015.
- 36] C. VP, «Macroproceso de Planificación-Proceso de Pre-Factibilidad,» Santiago, 2015.
- 37] Codelco VP, «Macroproceso de Ejecución-Proceso de Pre-Factibilidad,» 2015.
- 38] G. d. P. A. C. T. d. R. Talabre, «Informe Mensual Octubre 2010,» Codelco VP, 2010.
- 39] Massachusetts Institute of Technology, «Lean Engineering Basics,» 2012.
- 40] R. M. P. & M. A. Dentos, The end of project overruns: Lean and beyond for Engineering, Procurement and Construction, Florida, USA: Universal-Publishers, 2010.
- 41] «IPA Independet Project Analysis,» [En línea]. Available: <http://www.ipaglobal.com/featured-the-business-engineering-alignment-meeting>. [Último acceso: Noviembre 20 2010].
- 42] «www.recursoprojectmanagement.cl,» [En línea]. Available: <http://www.recursoenprojectmanagement.com/matriz-raci/>. [Último acceso: 02 12 2016].
- 43] M. B. a. F. Ballé, The Lean Manager, EEUU, 2009.
- 44] N. Martinez, «Implementación Obeya Room,» Documentos de Productividad, 2016.
- 45] «Memoria Anual Codelco 2015,» Santiago de Chile, 2015.
- 46] C. VP, «Macroproceso de Cierre-Proceso de Pre-Factibilidad,» 2015.
- 47] G. d. P. d. R. Codelco, «Informe mensual 7. Proyecto Tranque de Relaves de Talabre,» 2009.
- 48] G. d. P. d. R. Codelco, «Informe Mensual 13. Proyecto Tranque de Relaves de Talabre,» 2009.
- 49] G. d. P. A. C. T. d. R. Talabre, «Informe Mensual Febrero 2010,» Codelco VP, 2010.
- 50] «Codelco,» [En línea]. Available: https://www.codelco.com/codelco-la-empresa-de-todos-los-chilenos-y-chilenas/prontus_codelco/2015-12-30/171746.html. [Último acceso: 26 Mayo 2016].
- 51] «Codelco,» [En línea]. Available: https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/proyectos.html#. [Último acceso: 29 Mayo 2016].
- 52] Minería Total, Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.mineriatotal.cl/2016/06/13/codelco-consigue-optimizar-costos-de-proyectos-estructurales/>).
- 53] [En línea]. Available: https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20150327/asocfile/20150327131944/ptape_rs08072015.pdf.

- 54] Lean Engineering Basic, «MIT,» [En línea]. Available: http://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-660j-introduction-to-lean-six-sigma-methods-january-iap-2012/lecture-videos/MIT16_660JIAP12_2-4E.pdf. [Último acceso: 20 Junio 2016].
- 55] Codelco VP, «Niveles de Entregables de Ingeniería para Estimación de Cantidades,» 2016.
- 56] «Codelco Web,» [En línea]. Available: https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/edic/base/port/nosotros.html/. [Último acceso: 25 Mayo 2016].
- 57] VP, Codelco, «Proyecto 7ma Etapa Embalse Carén T105210,» Santiago, 2015.
- 58] F. M. R. D. & B. G. Khanzode Atul, «A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process,» CIFE Stanfor University, California, 2006.
- 59] G. P. A. C. T. d. R. Talabre, «Informe de Cierre,» Codelco VP, 2010.

10. Capítulo X: Anexos

Anexo 1: Organigramas

Ilustración 34: Estructura Organizacional de Codelco



Fuente: [45]

Ilustración 35: Organigrama de Gerencia de Ingeniería y Constructibilidad



Fuente: Elaboración Propia

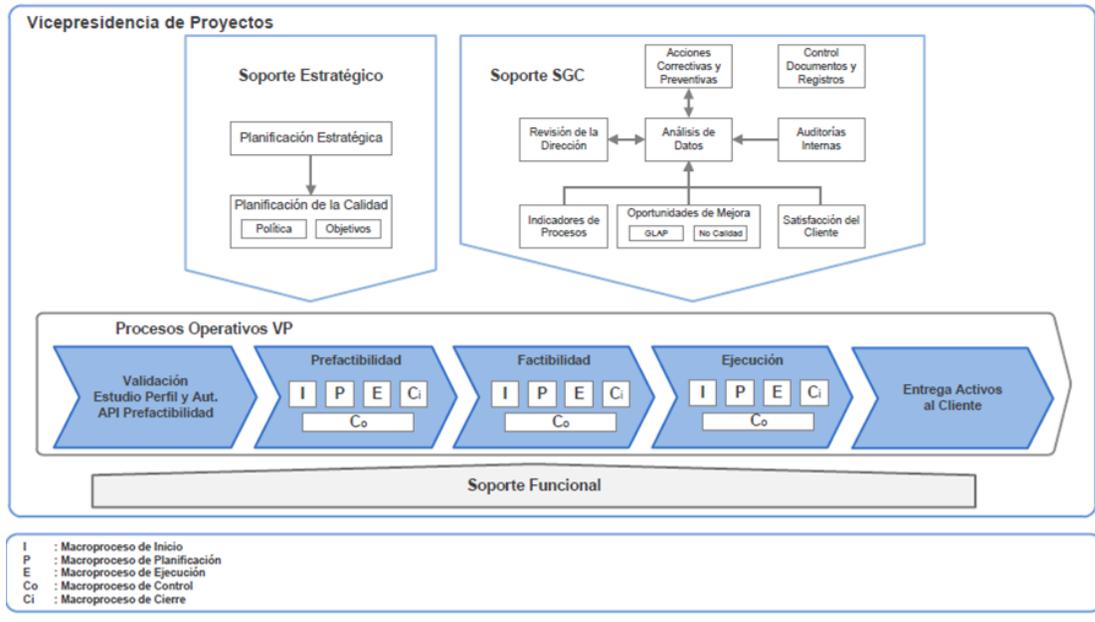
Ilustración 36: Organigrama de Gerencia de Gestión de Procesos y Productividad



Fuente: Elaboración Propia

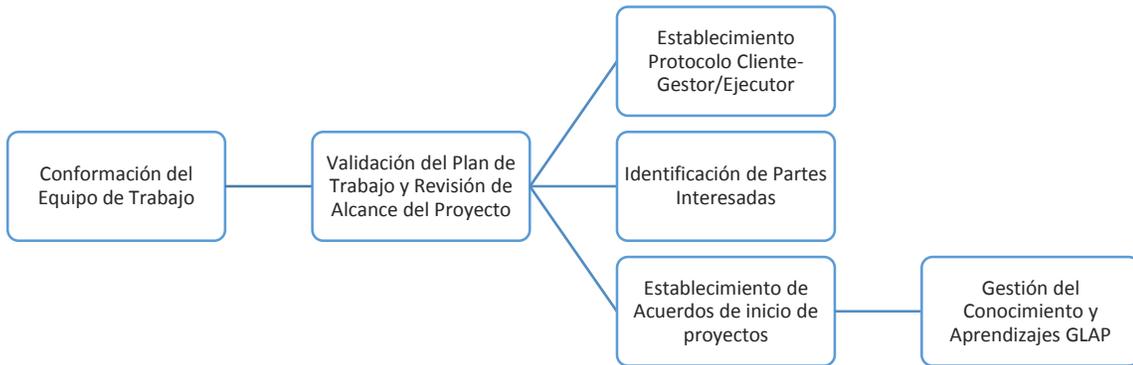
Anexo 2: Procesos de Ingeniería

Ilustración 37. Proceso de Desarrollo de Ingeniería de la VP



Fuente: [8]²⁸

Ilustración 38. Macroproceso de Inicio de la Etapa de Prefactibilidad.



Fuente: [35]

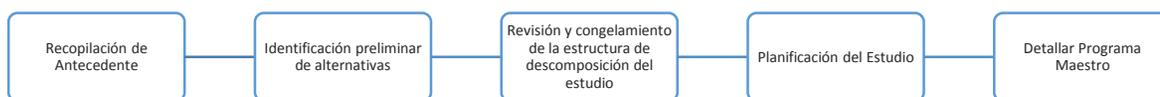
²⁸Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Los elementos de entrada para un proceso son generalmente resultados de otros procesos.

SGC: Sistema de Gestión de Calidad

Cliente: Gerente General de División a quien le corresponda la operación. Área o unidad de la empresa encargada de administrar o utilizar los resultados de los estudios o proyectos. Como sinónimo de área usuaria de los activos

GLAP: Gestión de Lecciones Aprendidas

Ilustración 39. Macroproceso de Planificación de la Etapa de Prefactibilidad.



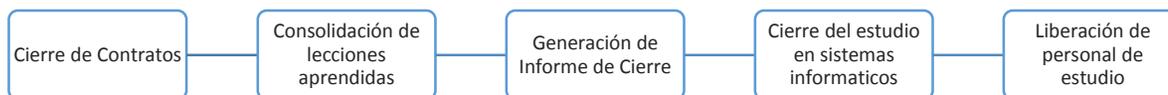
Fuente: [36]

Ilustración 40. Macroproceso de Ejecución de la Etapa de Prefactibilidad



Fuente: [37]

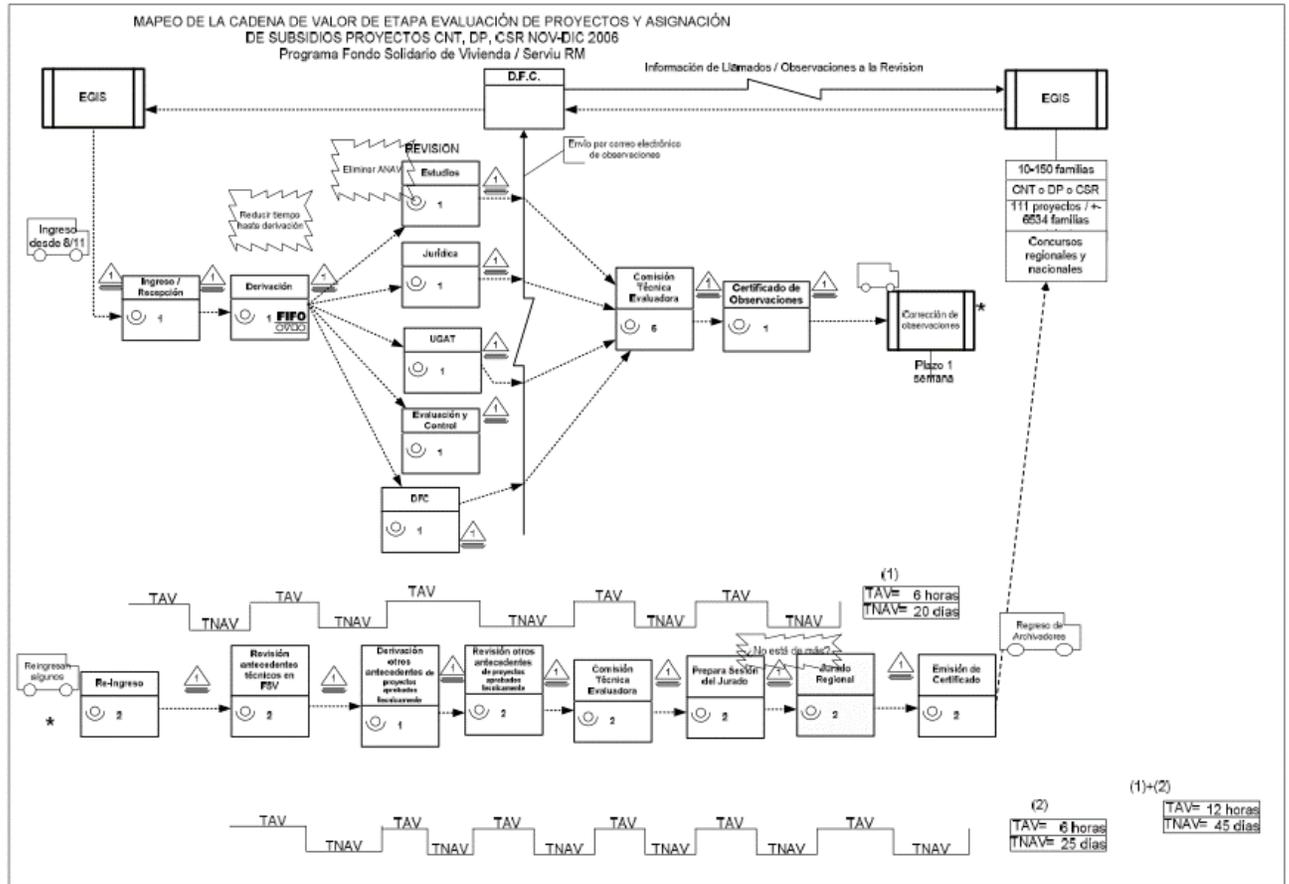
Ilustración 41. Macroproceso de Cierre de Etapa de Prefactibilidad



Fuente: [46]

Anexo 3: Caso Bibliográficos

Ilustración 42. Mapa de Flujo de Valor en la revisión de FSV



Fuente: [19]

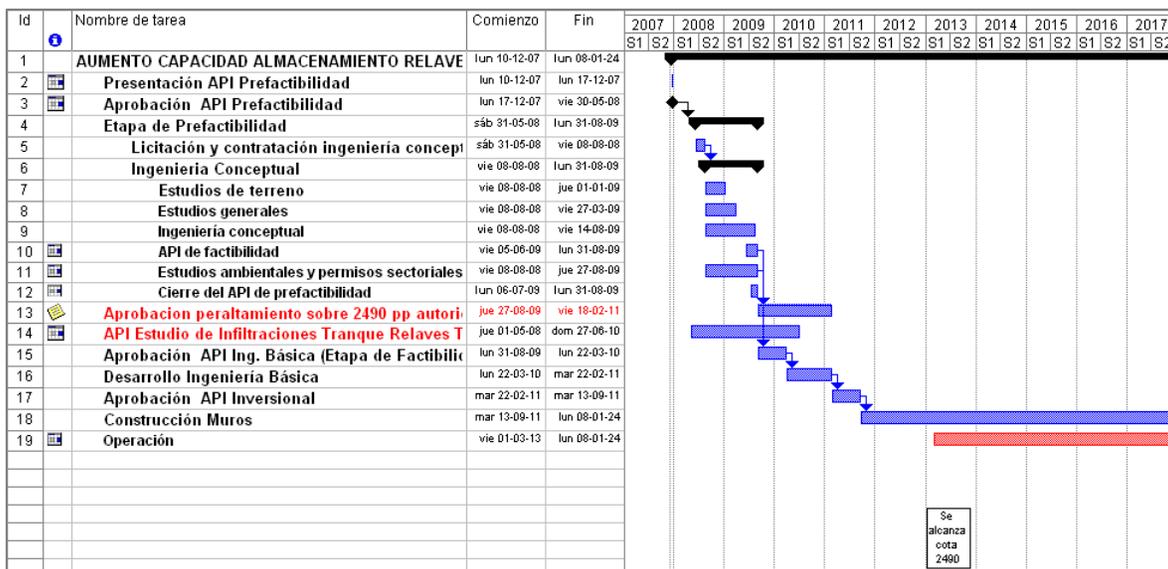
Anexo 4: Caso de estudio

Ilustración 43. Lista de Entregable para el Estudio de Prefactibilidad.

Ítem	Descripción de Actividades y Productos Entregables	N° de planos y documentos	
		Doc.	Planos
1	Estudios de Terreno	1	
1.1	Recopilación, análisis y validación de antecedentes		
1.2	Topografía complementaria		
1.3	Exploraciones		
1.4	Informe de estudios de terreno	1	
1.5	Asesoría, inspección y administración subcontratos estudios de terreno		
2	Estudios Generales	6	1
2.1	Recopilación, análisis y validación de antecedentes		
2.2	Estudio geotécnico	1	
2.3	Estudio hidrológico	1	1
2.4	Estudio hidrogeológico y transporte de solutos (DCN cuenta con estudio a nivel conceptual)		
2.5	Estudio sismos de diseño (operacional y cierre)	1	
2.6	Análisis de riesgo (HAZOP o similar)	1	
2.7	Estudio de seguridad y salud ocupacional	1	
2.8	Informe de estudios generales	1	
3	Ingeniería Conceptual	30	47
3.1	Recopilación, análisis y validación de antecedentes		
3.2	Bases de diseño	1	
3.3	Criterios Generales de diseño		
3.4	Estudio llenado tranque	1	2
3.5	Estudio de efectos de un colapso del tranque (Dam break study) - Actualización	1	
3.6	Peraltamiento de los muros del tranque	6	19
3.7	Sistema de monitoreo del tranque	1	4
3.8	Sistema de recuperación e impulsión de aguas	4	6
3.9	Diseño conceptual suministro y distribución eléctrica	1	4
3.10	Obras de infraestructura general (caminos, obras de arte, edificaciones)	1	5
3.11	Estudio de constructibilidad	1	
3.12	Estudio de mantenibilidad y confiabilidad	1	
3.13	Estudio eficiencia energética	1	
3.14	Estudio de vulnerabilidad	1	
3.15	Actualización plan de cierre del tranque	1	2
3.16	Otros Estudios (Inst. personal, seguridad, servicios, sist. c/incendio, combustibles, comunic., otros)	1	5
3.17	Determinación de costos de inversión (incluye reinversiones)	1	
3.18	Determinación de costos construcción muros, de inversión u operación según método constructivo	1	
3.19	Determinación de beneficios (recuperación de aguas y evitar inversiones proyectadas)	1	
3.20	Determinación de costos de operación	1	
3.21	Programa de construcción aumento de capacidad tranque Talabre	1	
3.22	Presupuesto de construcción	1	
3.23	NCC 24	1	
3.24	Informe final de ingeniería conceptual	1	
4	Preparación y presentación del API de factibilidad	3	
4.1	Programa maestro del API		
4.2	Presupuesto del API		
4.3	Flujos de caja		
4.4	Plan de ejecución del proyecto	1	
4.5	Elaboración documentos entregables (excepto 4.1 y 4.4)	1	
4.6	Elaboración API y presentación a la GCEI	1	
5	Estudios ambientales y permisos sectoriales	5	
5.1	Recopilación, análisis y validación de antecedentes		
5.2	Estudio de pertinencia Estudio de Impacto Ambiental	1	
5.3	Preparación e ingreso a la COREMA del EIA tranque Talabre o modificación EIA MMH	1	
5.4	Preparación permiso SERNAGEOMIN del proyecto según DS N°248 (a nivel ing. conceptual)	1	
5.5	Preparación permiso sectorial DGA a nivel conceptual	1	
5.6	Estudio de gestión territorial y otros permisos requeridos	1	
6	Cierre del API de Prefactibilidad	1	
6.1	Apoyo técnico preparación documentos del cierre	1	
	TOTAL INGENIERIA CONCEPTUAL	46	48

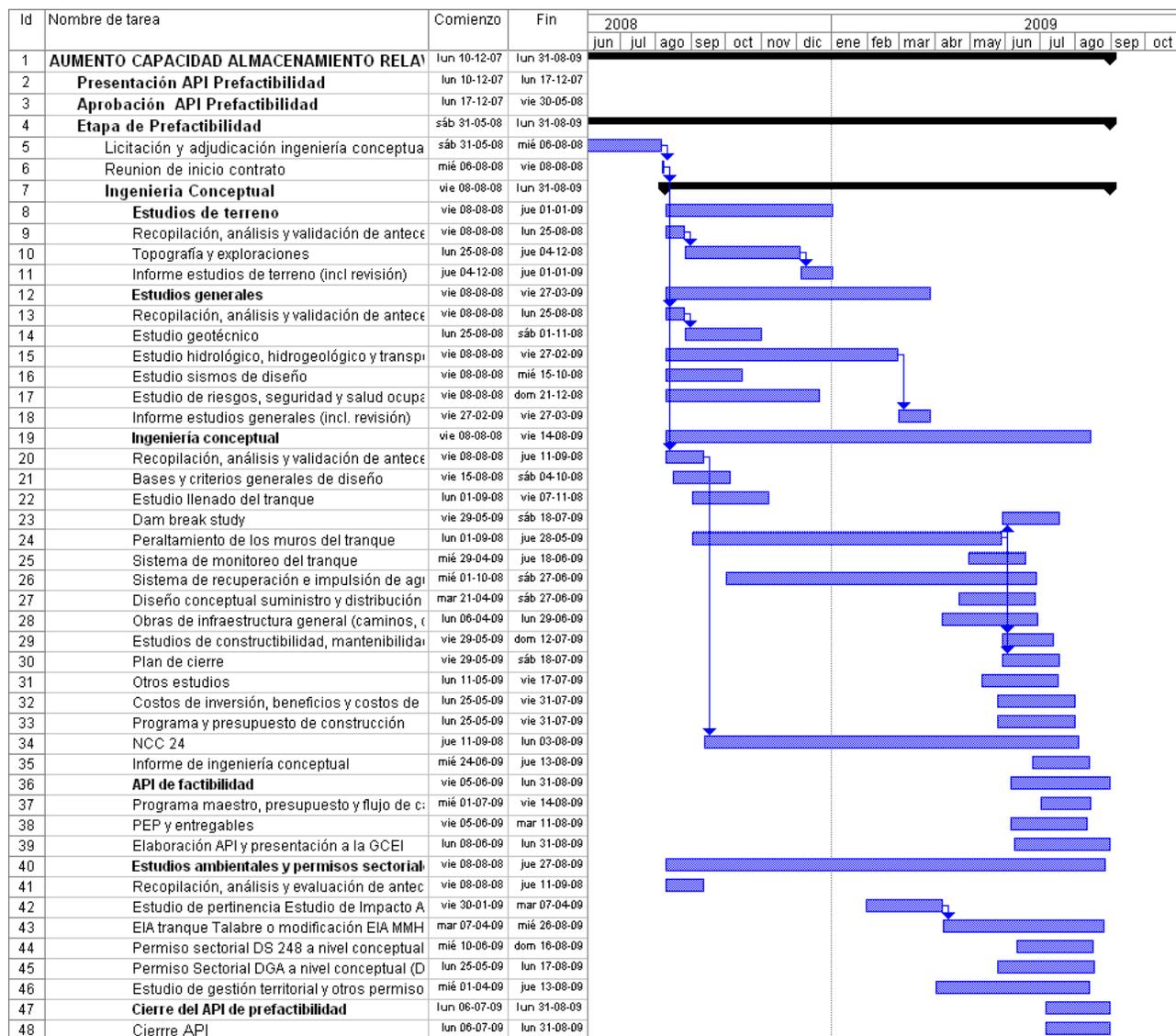
Fuente: [30]

Ilustración 44. Cronograma del Estudio de Prefactibilidad



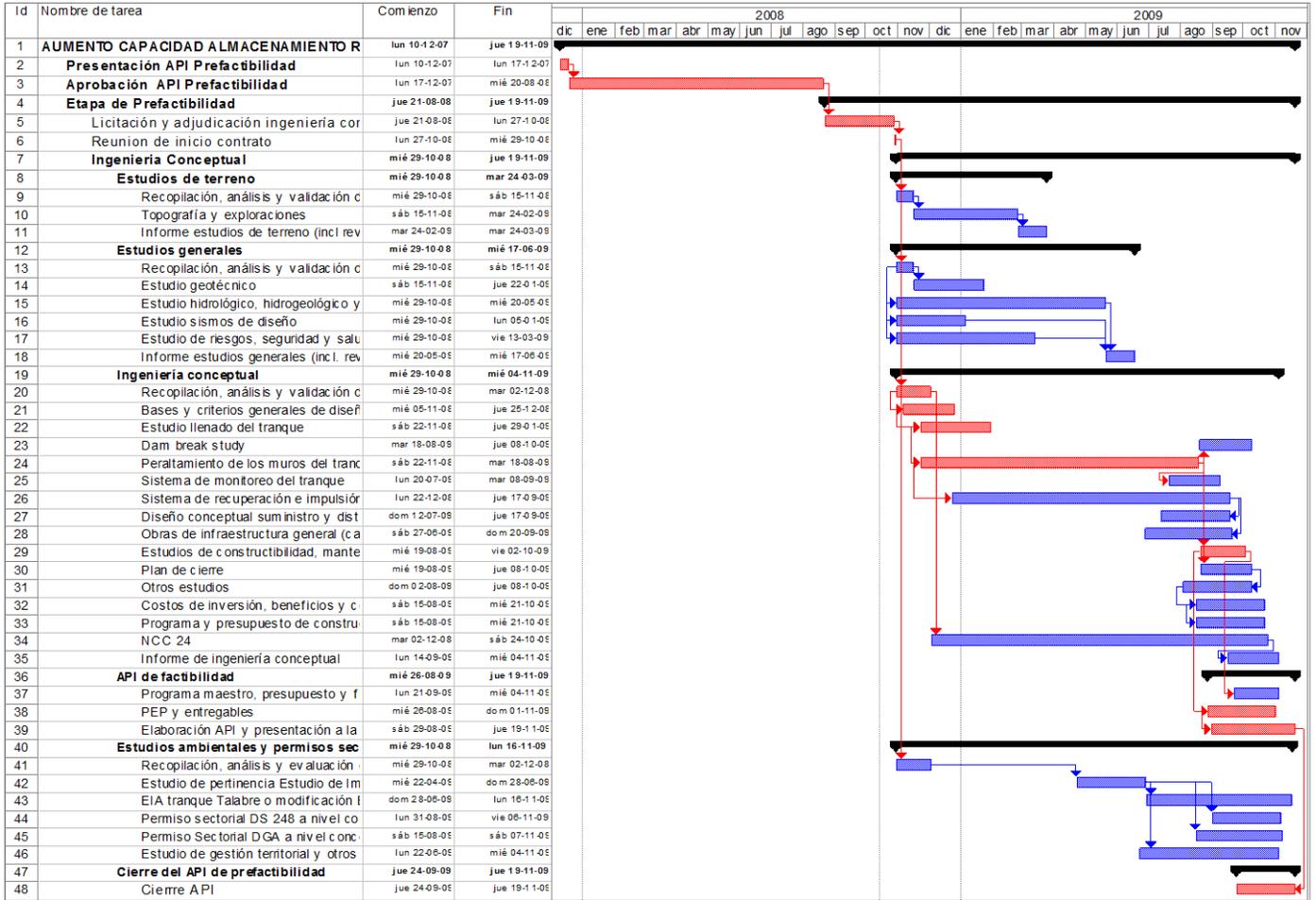
Fuente: [30]

Ilustración 45. Plan Maestro del Estudio de Prefactibilidad.



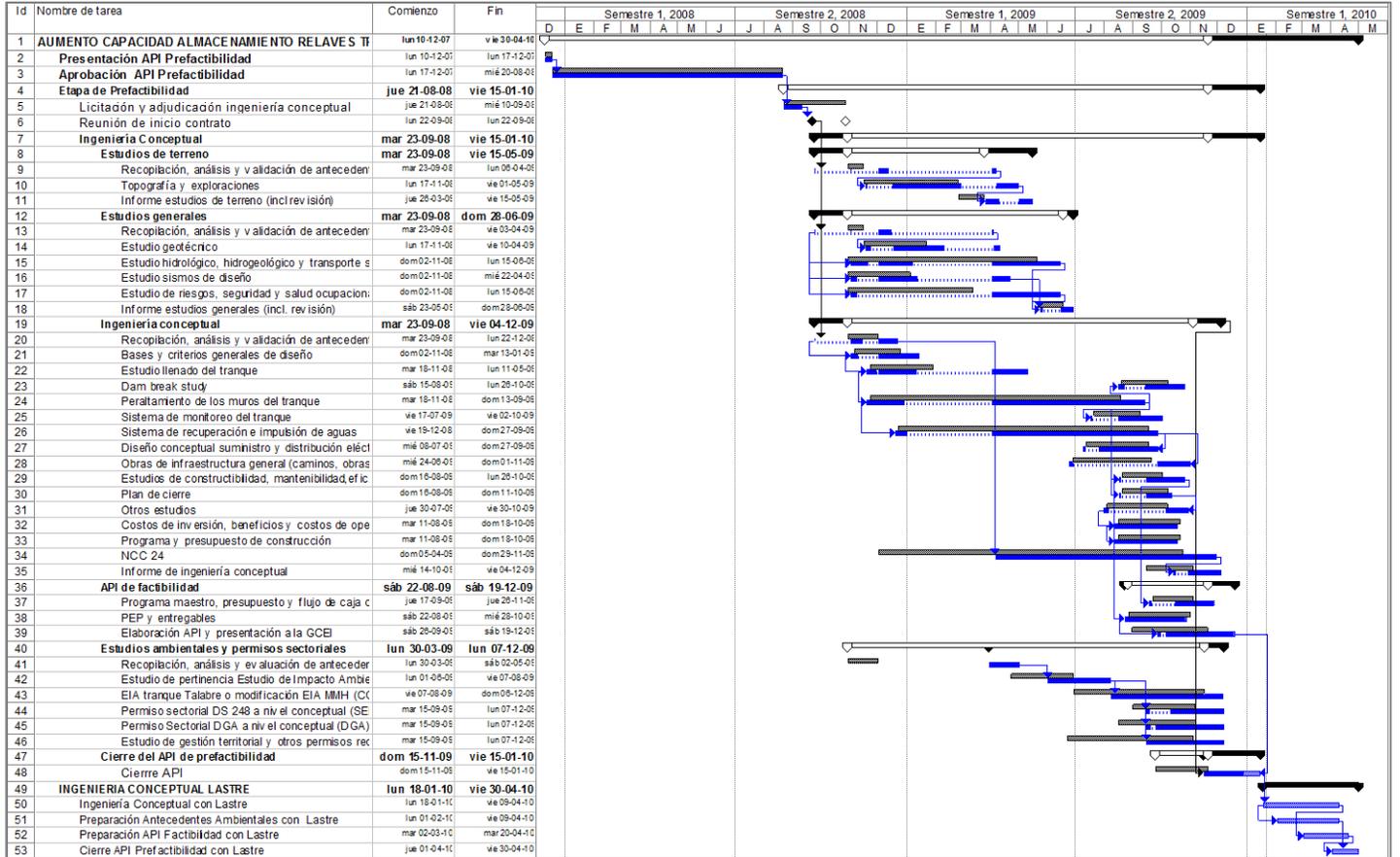
Fuente: [30]

Ilustración 46. Plan Maestro Actualizado VI



Fuente: [32]

Ilustración 48. Plan Maestro Actualizado V3



Fuente: [48]

Anexo 5: Resultados Encuesta Online

Preguntas	Nivel de Madurez					
	1	2	3	4	5	6
General						
¿Están definidos y son coherentes los procesos en toda la VP?	2%	13%	48%	26%	6%	6%
¿Se cumplen los procesos definidos?	2%	10%	50%	31%	3%	5%
¿Está definido el diseño de la estructura organizacional a nivel VP?	3%	15%	42%	20%	11%	10%
¿Está definido el diseño de la estructura organizacional a nivel proyectos?	4%	12%	44%	22%	9%	8%
¿Se cumple con los requisitos para una gestión efectiva (métricas medibles, objetivas, simples, claras y permiten señales tempranas)?	2%	10%	38%	24%	8%	17%
Procedimientos						
¿Existe un proceso de gestión de ingeniería que considere definiciones claves al inicio del proyecto (estrategia, elementos mínimos de etapas de estudio, estructura necesaria y la gestión de documentos)?	3%	14%	45%	19%	7%	12%
¿Existen procesos que definen las condiciones y estándares para la operatividad, proceso de cierre y entregables requeridos?	3%	12%	46%	22%	4%	13%
¿Se identifican y priorizan los estándares críticos del proyecto?	2%	15%	44%	17%	7%	15%
¿Se definen en detalle el alcance y profundidad de cada uno de los estándares requeridos para el Stage Gate (proceso de aprobación) en cada fase del proyecto?	2%	8%	31%	15%	6%	39%
¿Se define un plan de trabajo en conjunto con las contrapartes (internas/externas), de modo de establecer validaciones del avance en los estándares críticos priorizados?	1%	9%	38%	15%	9%	29%
¿Se considera el análisis de capacidades internas en la paquetización de entregables?	1%	6%	22%	19%	10%	41%
¿Se considera las capacidades externas (análisis de mercado del contratista) en la paquetización?	1%	5%	21%	17%	10%	46%
¿Existe un procedimiento robusto que permita realizar gestión sobre el conocimiento existente (ej.: Lecciones Aprendidas)?	2%	5%	25%	33%	22%	14%
¿Existen sistemas de planificación y programación?	3%	16%	52%	13%	4%	12%
¿Están claramente definidos y estandarizados los procesos de estimaciones o forecasting (costo, tiempo y productividad)?	1%	7%	29%	14%	9%	41%

El proceso de estimaciones o forecasting ¿se basa en un enfoque holístico ajustado a la realidad de la compañía, proveedores y geografía?	2%	9%	29%	21%	7%	33%
Estructura Organizacional						
¿Existen procesos que definan la estructura organizacional del equipo del proyecto, los perfiles claves y la estrategia de capacitación?	1%	9%	30%	24%	22%	13%
¿Se describen los perfiles de puestos claves (Gerentes de planificación y control, ingeniería)?	2%	9%	30%	23%	14%	22%
¿Se alinea la definición de perfiles a las necesidades del negocio?	2%	5%	38%	22%	14%	19%
¿Existe un modelo de gobierno definido que establezca un vínculo efectivo entre Proyectos / VP / División y el accountability (toma de decisiones) para cada uno de los actores?	3%	7%	32%	17%	10%	32%
¿Se define el nivel de involucramiento de los equipos funcionales de la VP e instancias de lineamiento para apoyar las decisiones en el modelo de gobierno?	1%	8%	24%	21%	14%	31%
Modelo de Gobierno						
¿Se define claramente los roles y responsabilidades para la toma de decisiones en el modelo de gobierno?	2%	10%	29%	20%	6%	34%
En el modelo de gobierno VP ¿se define el flujo y mapeo detallado de las decisiones claves del proyecto?	2%	8%	29%	16%	10%	36%
¿Se definen las contrapartes internas y externas para una buena validación de los niveles de completitud de los estándares críticos?	1%	11%	33%	17%	7%	31%
¿Está definido el rol del equipo de trabajo y la gestión de interfaces?	2%	11%	36%	24%	12%	15%
¿Existe un proceso que defina el rol y apoyo funcional del área de construcción a los proyectos?	2%	9%	34%	21%	9%	26%
¿Existe un proceso que defina el rol y apoyo funcional del área de ingeniería a los proyectos?	1%	12%	31%	24%	8%	24%
¿Existe un proceso que defina el rol y apoyo funcional del área de control de proyectos a los proyectos?	2%	13%	30%	19%	5%	31%
¿Se respeta la definición de roles y alcances de decisiones para cada instancia del proyecto evitando volver atrás en decisiones cerradas?	1%	10%	27%	27%	15%	21%
En cuanto a los stakeholders ¿Existe un análisis de identificación, plan de gestión y de comunicación?	1%	9%	31%	20%	13%	26%
¿La estrategia de gestión de interfaces está definida y está en línea con la paquetización y el modelo elegido?	3%	13%	42%	20%	6%	15%

¿Se cumple con el nivel de estándares exigidos para la aprobación de los API's?	2%	18%	47%	10%	3%	20%
¿Se ajustan los niveles de exigencias establecidos para las aprobaciones de API cuando la gestión de la ejecución del proyecto es realizada por el Dueño?	2%	10%	30%	15%	3%	40%
Para la aprobación del API ¿se realiza un manejo eficiente de la documentación?	1%	13%	43%	14%	3%	26%
Para la aprobación del API ¿está definida y estructurada la documentación en distintos niveles de detalle y así facilitar la comunicación con los stakeholders?	2%	11%	41%	11%	3%	33%
Entregables						
¿Se reflejan las prioridades del proyecto en el WBS y en la paquetización?	1%	9%	33%	21%	6%	30%
¿La estrategia de gestión y revisión definida está alineada a la paquetización y modelo de contratos elegido?	32%	3%	16%	38%	10%	2%
¿El nivel de detalle y exigencias de los procedimientos (planos de ingeniería, PES, etc.) permiten definir claramente el alcance de los contratos que se generan en la etapa de ejecución?	2%	9%	38%	26%	11%	15%
Control y Reportes						
¿Existe un proceso de reportes y control que incorpore i) definición de objetivos ii) estimación de estado actual iii) análisis de desviaciones iv) preparación de reportes y v) decisiones e implementación de acciones correctivas?	4%	11%	38%	15%	6%	27%
¿Están las métricas de seguimiento de proyectos enfocadas en seguridad, tiempos (seguimiento de hitos), calidad y costos (control presupuestario)?	2%	17%	44%	17%	6%	15%
¿Están claramente definidas las métricas incluyendo: metas/objetivos, descripción, interpretación y limitaciones de indicadores, metodología de cálculo estandarizada y fuentes de inputs y outputs?	23%	10%	20%	36%	10%	2%
¿Se estandarizan y definen claramente los sistemas de alarmas que permiten detectar con anticipación potenciales problemas en los proyectos (seguridad, costo, tiempo y/o calidad)?	1%	10%	46%	22%	11%	11%
¿Se enfocan los reportes en la "gestión por excepciones" que identifiquen los riesgos y tomen acciones correctivas que faciliten la gestión del proyecto?	3%	11%	42%	19%	8%	18%
¿Se definen herramientas y rutinas que permitan una adecuada gestión del proyecto y toma de decisiones?	3%	11%	41%	21%	7%	17%
¿Existen métricas de seguimiento y control de la integración del proyecto?	27%	8%	15%	39%	12%	0%

¿Se define claramente el cronograma y los participantes a las reuniones de seguimiento interno del proyecto?	16%	6%	16%	45%	13%	4%
En los reportes ¿se incorpora los elementos claves para brindar una visión clara del avance del proyecto (semáforos, resúmenes, presentación gráfica, etc)?	14%	4%	12%	51%	15%	5%