



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

**ANÁLISIS AL PLAN Y MODELO DE CONTRATOS PRINCIPALES DEL PROYECTO  
MINA CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN  
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**GONZALO ANDRÉS OCHOA JUÁREZ**

**PROFESOR GUÍA:  
ENRIQUE JOFRÉ ROJAS.**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
GERARDO DÍAZ RODENAS.  
JAIME ARREDONDO CASTILLO.**

**SANTIAGO DE CHILE  
2020**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE: Magíster en Gestión y Dirección de Empresas.

POR: Gonzalo Andrés Ochoa Juárez

FECHA: Noviembre, 2020

PROFESOR GUÍA: Enrique Jofré Rojas.

## **ANÁLISIS AL PLAN Y MODELO DE CONTRATOS PRINCIPALES DEL PROYECTO MINA CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA**

El Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea (PMChS) tiene como objetivo dar continuidad operacional a la División Chuquicamata mediante un cambio en el método de explotación de su yacimiento, de Rajo a Subterránea (Macrobloques en Block Caving con preacondicionamiento intensivo), extendiendo la vida útil de la División en al menos 39 años con un régimen de 140 ktpd. Su transición se inició el segundo trimestre del año 2019 mediante la producción de minerales de los macrobloques centrales N01/S01, hito que constituye el comienzo del Ramp Up (extensión por 7 años) e incluye desarrollos mineros de 9 macrobloques adicionales y la ampliación de la infraestructura principal de la mina subterránea.

La metodología de esta tesis considera describir los métodos de contratación (Design-Bid-Build, Design-Build, EPC, EPCM, BOT) y sus modalidades (suma alzada, precio unitario, costo reembolsable), que existen en la gestión de proyectos, realizar un benchmark para contratos mineros de similar naturaleza en Codelco y el análisis del contexto estratégico para con lo anterior definir una estrategia de contratación para el Plan de Continuidad del Proyecto o Ramp Up.

Los resultados determinaron que es más atractivo una estrategia de contratación que considere dos procesos de licitación simultáneos para desarrollos horizontales en footprint, hacia el norte y al sur de los macrobloques centrales. Para ello, el método y modalidad de contrato más adecuada para PMChS es el método tradicional (Design-Bid-Build), con modalidad a precios unitarios.

El Benchmark concluye la existencia de un margen de ahorro potencial de un 30% promedio en el precio unitario de desarrollos horizontales en footprint para el Plan de continuidad del Proyecto y, en consecuencia, se propone una estrategia de negociación previa a la adjudicación de los contratos.

Finalmente, se sugiere que la estrategia contractual formulada, sea implementada mediante dos procesos de licitación simultáneos, utilizando el método de contrato tradicional, es decir, primero elaborando los diseños, para posteriormente iniciar la etapa de Licitación y Adjudicación de los contratos de construcción.

## **DEDICATORIA**

**“Para mi familia, por su apoyo incondicional, que fue clave para emprender un proceso de perfeccionamiento muy importante en mi vida profesional”**

## **AGRADECIMIENTOS**

**“A los profesores Enrique Jofré y Gerardo Díaz por el apoyo recibido durante el desarrollo de la tesis, al cuerpo académico de este valioso Magíster por su experiencia y conocimientos de la industria minera, a Codelco por fomentar el perfeccionamiento de sus profesionales y a los alumnos del Magíster por sus valiosos aportes y experiencias”**

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS .....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA TESIS.....	2
1.3. METODOLOGÍA DE LA TESIS .....	2
2. MARCO CONCEPTUAL .....	3
2.1. MÉTODO DE CONTRATO “PROJECT DELIVERY METHOD” .....	3
2.1.1. MÉTODO DESIGN-BID-BUILD .....	4
2.1.1.1. Fortalezas y Debilidades .....	5
2.1.2. MÉTODO DESIGN AND BUILD O EPC .....	5
2.1.2.1. Obligación que Asume el Contratista .....	6
2.1.2.2. El Estándar de Conducta Exigible al Contratista Bajo la Modalidad de Contrato “EPC” .....	7
2.1.2.3. Fortalezas y Debilidades .....	7
2.1.3. MÉTODO EPCM.....	7
2.1.3.1. Fortalezas y Debilidades .....	8
2.1.4. MÉTODO BOT.....	8
2.2. MODALIDAD DE CONTRATACIÓN.....	10
2.2.1. MODALIDAD DE CONTRATACIÓN BASADA EN EL PRECIO .....	10
2.2.1.1. Modalidad a Suma Alzada .....	10
2.2.1.2. Modalidad a Precio Unitario .....	11
2.2.1.3. Modalidad a Costo Reembolsable.....	12
2.3. SELECCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN .....	13
2.3.1. INTRODUCCIÓN.....	13
2.3.2. PRINCIPALES ELEMENTOS A CONSIDERAR POR EL DUEÑO PARA EL DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA CONTRACTUAL.....	16
2.3.2.1. Definición del Alcances del Proyecto .....	16
2.3.2.2. Definición del Método y Modalidad del Contrato .....	16
2.3.2.3. Control y Gerenciamiento de la Gestión del Cambio en la Fase de Construcción.....	16
2.3.2.4. Plazo .....	17
2.3.2.5. Calidad .....	17
2.3.2.6. Complejidad y Singularidad del Proyecto.....	17
3. CONTEXTO ESTRATÉGICO DEL PROYECTO CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA .....	18
3.1. CONTRATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN AREA PRODUCTIVA.....	23
3.2. CONTRATOS SISTEMA DE MANEJO DE MINERALES .....	23
3.3. CONTRATOS DE INFRAESTRUCTURA PERMANENTE .....	24
3.4. CONTRATOS DE INFRAESTRUCTURA.....	24
3.5. CONTRATOS DE SOPORTE .....	25
4. ANTECEDENTES DEL CASO BASE.....	27

5.	BENCHMARK DE OBRAS MINERAS EN PROYECTOS DE SIMILAR NATURALEZA.....	28
5.1.	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS DEL REFERENTE EN CONTRATOS DE DESARROLLO DEL AREA CONSTRUCTIVA DE LA MINA .....	29
5.1.1.	ESTRUCTURA DE COSTOS DEL REFERENTE EN CONTRATOS PRINCIPALES .....	30
5.2.	TIEMPO EFECTIVO Y TASA MENSUAL DE DESARROLLOS EN CONTRATOS DE SIMILAR NATURALEZA.....	35
5.3.	PRINCIPALES INDICADORES DE GESTIÓN DEL REFERENTE EN MATERIAS DE PRODUCTIVIDAD.....	37
5.4.	SUBCONTRATACIÓN DESARROLLOS VERTICALES .....	38
5.5.	PRINCIPALES CAUSAS DE INCREMENTO EN EL COSTO DE LOS CONTRATOS.....	38
6.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN PARA EL RAMP UP DEL PROYECTO.....	39
6.1.	ESTRATEGIAS DE CONTRATACIÓN ACORDE A LA RELACIÓN RIESGOS Y COSTOS.....	41
6.1.1.	CONCENTRACIÓN DEL MERCADO DE SERVICIOS DE OBRAS MINERAS EN PROYECTOS ESTRUCTURALES .....	41
6.1.2.	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN.....	45
6.1.3.	CONSIDERACIONES PARA LA ALTERNATIVA 1 .....	46
6.1.3.1.	Ramp Up Alternativa 1 .....	46
6.1.3.2.	Horas Efectivas Alternativa 1 .....	47
6.1.3.3.	Tasa Mensual en Ramp Up Alternativa 1 .....	47
6.1.3.4.	Tasa Mensual en Régimen de Producción Alternativa 1 .....	48
6.1.4.	ESTIMACIÓN DE COSTOS ALTERNATIVA 1 .....	48
6.1.5.	CONSIDERACIONES PARA LA ALTERNATIVA 2 .....	50
6.1.5.1.	Ramp Up Alternativa 2 .....	50
6.1.5.2.	Horas Efectivas Alternativa 2 .....	50
6.1.5.3.	Tasa Mensual en Ramp Up Alternativa 2.....	50
6.1.5.4.	Tasa Mensual en Régimen de Producción Alternativa 2.....	50
6.1.6.	ESTIMACIÓN DE COSTOS ALTERNATIVA 2.....	51
6.2.	MODELO DE CONTRATO EFICIENTE .....	53
6.2.1.	ASIGNACIÓN EQUITATIVA DEL RIESGO .....	53
6.2.2.	INCENTIVOS PARA EL MODELO CONTRACTUAL BASADO EN LAS CLÁUSULAS CON MAYOR NEGOCIACIÓN ENTRE LAS PARTES.....	56
6.2.3.	PROPUESTA DE TARIFAS REFERENCIALES PARA DESARROLLOS MINEROS HORIZONTALES (TARIFA PARA EL METRO DE TÚNEL EJECUTADO) “SHOULD COST” .....	57
6.2.4.	ESTRATEGIA DE NEGOCIACIÓN PROPUESTA.....	61
7.	CONCLUSIÓN .....	62

BIBLIOGRAFÍA .....	64
ANEXOS 65	
ANEXO A: CÁLCULO DEL SHOULD COST / COSTO DIRECTO.....	65
ANEXO B: ENTREGABLES MÍNIMOS REQUERIDOS.....	68
ANEXO C: ESTRUCTURA DE COSTOS DESARROLLOS MINEROS HORIZONTALES.....	69
ANEXO D: PRINCIPALES PALANCAS PARA LLEGAR A LA ESTIMACIÓN MÁXIMO POTENCIAL EN DESARROLLOS HORIZONTALES .....	70
ANEXO E: ESQUEMA DE MACROBLOQUES.....	71
ANEXO F: CONFIGURACIÓN DE LA MINA SUBTERRÁNEA EN TRES NIVELES .....	72

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Modelo EPC, Ventajas y Desventajas.....	7
Tabla 2.2: Modelo EPCM, Ventajas y Desventajas.....	8
Tabla 2.3: Resumen Método de Contrato.....	9
Tabla 2.4: Modelo Suma Alzada, Ventajas y Desventajas.....	11
Tabla 2.5: Modelo Precio Unitario, Ventajas y Desventajas.....	12
Tabla 2.6: Modalidad de contrato, tipo de riesgo y grado de definición del encargo.....	13
Tabla 3.1: Comparativa Caso Base versus Reformulación.....	21
Tabla 3.2: Estimado definitivo del PMChS.....	21
Tabla 3.3: Alcance y Grupos de Gestión PMChS.....	21
Tabla 3.4: Tipos de Contratos distribuidos por Unidad de Gestión.....	22
Tabla 3.5: Número de Contratos por Unidad de Gestión.....	22
Tabla 3.6: Contratos de Construcción Área Productiva PMChS.....	23
Tabla 3.7: Contratos de Construcción Manejo de Minerales PMChS.....	23
Tabla 3.8: Contratos de Construcción de Infraestructura Permanente.....	24
Tabla 3.9: Contratos de Construcción de Infraestructura PMChS.....	24
Tabla 3.10: Contratos de Soporte PMChS.....	25
Tabla 4.1: Diferencias entre ofertas de mercado y CAPEX.....	27
Tabla 4.2: Cambios relevantes en aspectos comerciales.....	27
Tabla 5.1: Desglose de partida oferta económica contrato CC-10 PMChS año 2016.....	30
Tabla 5.2: Desglose de partida oferta económica contrato CC-81 PAN-NNM año 2019. .....	30
Tabla 5.3: Rango de valores para el costo directo de desarrollo horizontales.....	31
Tabla 5.4: Análisis comparativo de los costos de la mano de obra, materiales y equipos. .....	32
Tabla 5.5: Estructura asociada a los gastos generales de la empresa Referente.....	33
Tabla 5.6: Comparación de la empresa Referente con otras empresas en la DET.....	34
Tabla 5.7: Valores mínimo y máximo de Gastos Generales.....	34
Tabla 5.8: Ejemplo de Requerimientos de logística y servicios.....	37
Tabla 5.9: Principales KPI del referente en proyectos Andes Norte y Chuquicamata Subterráneo.....	38
Tabla 5.10: Principales causales de incremento en el monto de los contratos.....	39

Tabla 6.1: Principales cantidades de obra para la construcción del área productiva de la mina. ....	40
Tabla 6.2: Escala cualitativa para evaluar los riesgos del Contrato en el Proyecto.....	43
Tabla 6.3: Participantes principales licitaciones contratos mineros período 2010-2019.	43
Tabla 6.4: Parámetros a considerar en el período de Ramp Up. ....	46
Tabla 6.5: Supuestos respecto a los disparos/día.....	48
Tabla 6.6: Metros a ejecutar desde el año 2021 hasta el año 2025.....	48
Tabla 6.7: Partidas de precios unitarios con mayor incidencia – rango de valores en la evaluación Alternativa 1. ....	49
Tabla 6.8: Costo estimado de la alternativa de contratación n°1. ....	49
Tabla 6.9: Metros a ejecutar desde el año 2021 hasta el año 2025.....	50
Tabla 6.10: Metros en riesgo en el plazo de ejecución. ....	51
Tabla 6.11: Partidas de precios unitarios con mayor incidencia – rango de valores en la evaluación Alternativa 2. ....	51
Tabla 6.12: Costo estimado de la alternativa de contratación n°2. ....	52
Tabla 6.13: Propuesta de asignación de los riesgos principales a la programación mensual de obras.....	54
Tabla 6.14: Propuesta de asignación de los riesgos principales en la logística de obras. ....	55
Tabla 6.15: Propuesta de asignación de los riesgos principales en el avance de las obras. ....	55
Tabla 6.16: Cláusulas con mayor relevancia en la negociación de adjudicación de contratos mineros.....	56
Tabla 6.17: Incidencia en costos de los distintos tipos de secciones sobre la cantidad de obras a ejecutar en el footprint de la mina subterránea. ....	57
Tabla 6.18: Incidencia sobre el monto total de la oferta del Contratista Referente. ....	57
Tabla 6.19: Costo directo por sección según Benchmark. ....	58
Tabla 6.20: Should cost para desarrollos horizontales en secciones menores a 25 m <sup>2</sup> .	58
Tabla 6.21: Disminución del personal administrativo al disminuir los requerimientos administrativos de Codelco. ....	59
Tabla 6.22: Oferta adjudicada PMChS 2016 v/s óptimo para la dotación de gastos generales. ....	59
Tabla 6.23: Estructura de costo óptima para los desarrollos horizontales en footprint...	59
Tabla 6.24: Estructura de costo del Referente v/s Estructura de Costo óptima. ....	60
Tabla 6.25: Principales para la negociación del contrato. ....	61
Tabla 6.26: Estructura de costos óptima de desarrollos mineros horizontales.....	61



## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Matriz de aspectos claves de la estrategia de Contratación. ....	14
Figura 2.2: Objetivos y Prioridades para el Desarrollo de una Estrategia Contractual. ...	15
Figura 2.3: Roles del Contratista y del Dueño en Proyecto Main Contractor o EPCM. ...	15
Figura 2.4: Rol del Dueño y Contratistas en Proyecto Dirigido por el Dueño. ....	16
Figura 3.1: Producción Anual de Cobre - Proyecciones según el Plan de Negocios y Desarrollo 2018. ....	18
Figura 3.2: Impacto de los Proyectos estructurales en el mercado de proveedores “Insumos relevantes y Obras 2011-2025”. ....	19
Figura 3.3: Antecedentes Generales del PMChS. ....	19
Figura 3.4: Proyecto Chuquicamata Subterráneo. ....	20
Figura 3.5: Distribución porcentual de contratos en el PMChS. ....	22
Figura 3.6: Obras y Trabajos del PMChS. ....	26
Figura 4.1: Productividad Total de los factores (PTF), año base 2000. ....	28
Figura 5.1: Requerimientos (El Qué), Alcance Proyecto Andes Norte. ....	29
Figura 5.2: Precio unitario de los desarrollos horizontales. ....	31
Figura 5.3: Estructura de Costo para desarrollo horizontales de la empresa Referente. ....	32
Figura 5.4: Horas efectivas versus promedio mes, desde el Ramp Up en PMChS. ....	35
Figura 5.5: Horas efectivas versus Desarrollos horizontales ejecutados en Contrato CC- 10. ....	36
Figura 5.6: Horas efectivas versus Desarrollos horizontales ejecutados en Contrato CC- 81. ....	36
Figura 6.1: Alcance del Ramp Up Proyecto Chuquicamata Subterránea. ....	40
Figura 6.2: Cuadrantes de categorización de los contratos en Proyectos Estructurales. .....	42
Figura 6.3: Adjudicación de contratos mineros en Proyectos Estructurales de Codelco. .....	44
Figura 6.4: Montos adjudicados por empresas en Proyectos Estructurales. ....	44
Figura 6.5: Número de disparos estimados en Ramp Up. ....	47
Figura 6.6: Estimación del monto probabilístico alternativa de contratación n°1. ....	49
Figura 6.7: Estimación del monto probabilístico alternativa de contratación n°2. ....	52
Figura 6.8: Estructura de costos en desarrollos mineros horizontales del Referente en distintos proyectos v/s la estructura óptima de costos. ....	60

## 1. INTRODUCCIÓN

La continuidad del Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea o Ramp Up, tiene como objeto ejecutar los desarrollos mineros de 9 macrobloques (MB's) adicionales y la ampliación de la infraestructura existente de la mina subterránea.

La estrategia contractual seleccionada el año 2015, para los desarrollos mineros de los primeros cuatro MB's, fue desarrollar la minería mediante un único contrato, el cual fue adjudicado a una empresa especialista en obras mineras subterráneas. Sin embargo, el proceso de licitación, para adjudicar dichos desarrollos mineros en footprint, fue declarado desierto y se licitó, nuevamente, considerando que las ofertas superaron el presupuesto base de manera significativa y en consecuencia se puso en riesgo el plazo del Proyecto.

Por lo anterior, la presente tesis realiza una propuesta, por una parte, al Plan de contratación, evaluando la cantidad de contratos que mejor se comporta en términos de costos, plazos y volumen de obra, que atraigan mayor número de empresas participantes en los procesos de licitación y, en consecuencia, mejoren la competitividad de dichos procesos y así evitar nuevamente ofertas que superen el presupuesto base.

La otra parte tiene relación con proponer un modelo de contrato eficiente que disponga de elementos distintivos que estén asociados a una distribución equitativa del riesgo para el caso particular de contratos de construcción asociados a desarrollos mineros en el footprint y la identificación de incentivos claves a partir de las cláusulas que con mayor frecuencia las empresas contratistas han solicitado negociar para este tipo de contratos.

Se desarrolló un benchmark que comparó contratos de similar naturaleza (construcción de desarrollos mineros en footprint) en dos Proyectos distintos, como lo es el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea y el Proyecto Andes Norte de la División El Teniente, con la particularidad que, en ambos Proyectos, estos contratos fueron adjudicados mediante un proceso de licitación a una misma Empresa el año 2016 y, posteriormente, el año 2019. Sin embargo, en este último proceso de licitación, dicha empresa presentó una oferta muy competitiva debido principalmente al aprendizaje en productividad logrado en la construcción del footprint para los primeros cuatro macrobloques del PMChS.

Considerando la evolución en términos de competitividad de la Empresa que ya se ha adjudicado la construcción de desarrollos mineros en footprint en dos Proyectos Estructurales Subterráneos en Codelco, se propone a partir de esta información elaborar una estrategia de negociación para estos modelos de contratos principales de minería, considerando su relevancia en términos económicos, ya que estos contratos se han adjudicado por montos de USD 460 y 350 millones, ya sea en el caso del Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea como en el caso de la División el Teniente respectivamente, y por lo anterior son considerados contratos estratégicos para la construcción de minas subterráneas.

## **1.1. OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS**

La presente tesis de MBA tiene como objetivo proponer una estrategia contractual para los contratos mineros principales del Plan de continuidad del Proyecto Chuquicamata Subterránea. Dichos contratos son estratégicos para Codelco y, en nuestro caso particular, asumen el rol principal en el Plan de Continuidad del Proyecto Chuquicamata Subterránea o Ramp Up, tanto por su nivel de incidencia en el presupuesto como en su alcance, ya que están a cargo de la construcción del footprint de la mina subterránea.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA TESIS**

Los objetivos específicos de esta tesis son los siguientes:

- Desarrollar un benchmark para contratos de similar naturaleza.
- Analizar y evaluar alternativas de contratación para el desarrollo minero de los macrobloques incluidos en el Plan de Continuidad del Proyecto.
- Proponer un modelo de contrato eficiente.
- Identificar la estructura de costos del Contratista Referente en contratos de similar naturaleza.
- Proponer una estrategia de negociación para contratos de similar naturaleza.

## **1.3. METODOLOGÍA DE LA TESIS**

La metodología de esta tesis considera describir los métodos y modalidades de contratación que existen en la gestión de proyectos, realizar un benchmark para contratos mineros de similar naturaleza en Codelco, el cual comparó dos contratos de similar naturaleza (construcción de desarrollos mineros en footprint) en dos Proyectos Subterráneos distintos: el Proyecto Chuquicamata Subterránea y el Proyecto Andes Norte de la División El Teniente. Con la particularidad que en ambos proyectos, estos contratos fueron adjudicados mediante un proceso de licitación a una misma empresa, el primero de ellos adjudicado el año 2016 y, posteriormente, el año 2019 y desarrollar el análisis del contexto estratégico.

Lo anterior, permitirá definir una estrategia de contratación para el Plan de continuidad del Proyecto o Ramp Up.

## **2. MARCO CONCEPTUAL**

El proceso de contratación debe considerar como punto de partida los objetivos del Dueño (El Qué), ya que estos determinan la definición de la estrategia (El Cómo).

En el caso particular de la etapa inversional (primera etapa) del Proyecto Chuquicamata Subterránea, los objetivos del Dueño fueron los siguientes:

- a) Ejecutar el Proyecto en el menor plazo posible
- b) Definir una Organización del Dueño Robusta (400 personas) para ejercer el Rol CM (Gerenciamiento de la Construcción).
- c) Focalizar en los procesos claves de la ejecución del proyecto.

En la etapa de Ramp Up del Proyecto Chuquicamata Subterránea, los objetivos del Dueño corresponden a:

- a) Ejecutar el Proyecto en el menor costo posible.
- b) Focalizar en la productividad de procesos y recursos.
- c) Definir una Organización del Dueño optimizada para ejercer el Rol CM.
- d) Incorporar las lecciones aprendidas de la ejecución del proyecto inversional.
- e) Enfatizar en los procesos claves de la ejecución del proyecto.

Considerando los cambios en los objetivos del Dueño, entre la etapa inversional del Proyecto y el Ramp Up, se hace necesario identificar un modelo de contrato para la categoría de obras mineras subterráneas que sea más adecuado con los nuevos objetivos.

Por lo anterior, resulta fundamental revisar la literatura e identificar los métodos de contratación existentes para ejecutar un proyecto en función del riesgo que el Dueño debe asumir o gestionar.

A continuación, se presentan los métodos de contratos más conocidos y la asignación del riesgo<sup>1</sup> inherente a cada uno de ellos.

### **2.1. MÉTODO DE CONTRATO “PROJECT DELIVERY METHOD”**

Una vez que el Dueño decide proceder con el proyecto, debe determinar cuál es el método de contrato que resulta apropiado para conseguir los objetivos principales del proyecto. La selección y uso de un método de contrato apropiado es fundamental para el éxito del proceso de Administración del Contrato.

El “Project Delivery Method” o Método de Contrato, por sus siglas en inglés, es un sistema usado por un Agente o el Dueño para organizar y financiar los alcances del proyecto con una o más Partes contratantes. El método de selección del contrato involucra el análisis de muchos temas, tales como, la certeza en el costo, certeza en el plazo, velocidad de

---

<sup>1</sup> El Contrato considera entre otros aspectos, la asignación de riesgo que asume cada una de las Partes.

construcción, flexibilidad, riesgos involucrados, etcétera. Cada método de contrato tiene sus ventajas y desventajas y cada uno representa una asignación particular del riesgo a cambio de un beneficio anticipado.

Por lo tanto, para elegir el método de contrato adecuado, el Dueño debe estar preparado para reconocer que ningún método estará libre de riesgo. Una inadecuada metodología de contrato a menudo fomenta relaciones de confrontación entre las Partes, incrementando la probabilidad de reclamos, disputas que evitan el libre flujo de la información necesaria para el éxito del proyecto.

Más aún, los objetivos del proyecto como calidad, plazo, costo y riesgo deben ser establecidos previamente para la evaluación del método de contrato. El éxito de cualquier método de contrato es, también, muy dependiente de la capacidad del Dueño para gestionar el proceso de ejecución del proyecto.

El Dueño y los proyectos tienen diferentes necesidades como las urgencias de plazo, presiones de financiamiento, requerimientos de seguridad y calidad, entre otros. Una vez que los objetivos del proyecto están establecidos y las capacidades del Dueño están definidas, el rol de los profesionales de los proyectos es proponer los medios para entregar un proyecto que satisfaga tanto las necesidades del Dueño, así como los objetivos del proyecto.

Actualmente, hay variados métodos de contratos para obras y servicios en la industria de los proyectos, sin embargo, los métodos principales y más comúnmente empleados son design-bid-build (diseño-licitación-construcción: método tradicional), design-build (diseño y construcción), EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción), EPCM (Ingeniería, Adquisiciones y Administración de la Construcción) y BOT (Construcción, Operación y Transferencia).

### **2.1.1. MÉTODO DESIGN-BID-BUILD**

Este es el método más común de contratación y es también conocido como el método tradicional. Con este método, la construcción es separada del diseño por lo que el Contratista no tiene responsabilidad en el diseño.

El Dueño y su empresa consultora de ingeniería, diseñan el proyecto, preparan los planos detallados, especificaciones, cubicaciones de obra y generan las bases de licitación, para que el mercado de empresas constructora cotice el encargo. El resultado de este proceso de licitación corresponde a que el contrato es adjudicado por aquel oferente de menor precio.

Por consiguiente, con este método de contratación, se emplazan dos acuerdos diferentes, uno entre el Dueño y el Consultor de ingeniería y, el otro, entre el Dueño y el Contratista de construcción. El Contratista conviene un acuerdo con el Dueño para ejecutar el proyecto en concordancia con los planos, especificaciones, cubicaciones y bases de licitación en un plazo estipulado y por un precio fijo (suma alzada) o precio unitario. El Contratista, entonces, construye la obra contratada con su equipo y con la ayuda de subcontratistas y proveedores. Durante la construcción, el Staff de supervisión

del Consultor de Ingeniería en terreno inspecciona el trabajo para asegurar que la obra se esté ejecutando de acuerdo con los planos, especificaciones y requerimientos de las bases de licitación.

### **2.1.1.1. Fortalezas y Debilidades**

#### **Fortalezas:**

- Principal ventaja de este método de contrato es su familiaridad.
- El Dueño tiene una buena idea del costo final cuando el proceso de diseño está casi finalizado antes de la licitación y los diseños se encuentran aptos para construir.
- Provee al Consultor (Diseñador) un mejor control de la preparación de documentos para la licitación y selección de Contratistas que participarán.
- Ofrece al Dueño un significativo control sobre la construcción porque las características del proyecto están completamente determinadas y especificadas antes de la selección del Contratista.
- Debido a la competencia en el proceso de licitación, los oferentes ofrecen el precio más bajo posible.
- Brinda igualdad de condiciones para los oferentes calificados en el proceso de licitación.

#### **Debilidades:**

- Este método genera silos de conocimiento y potencia el esfuerzo unilateral de las Partes involucradas.
- Alto grado de coordinación y control es requerido considerando la cantidad de contratistas involucrados (Diseñador, Constructor y Subcontratistas).
- Indefiniciones en la ingeniería durante la ejecución del contrato son aspectos significativos en el incremento del valor original del contrato.
- El Dueño tiene una cantidad de contratos que puede ser una seria debilidad en el caso de que aparezcan defectos u omisiones en el diseño, falta de entrega de áreas de trabajo, interferencias, entre otros.
- El contratista no tiene participación durante la fase de diseño y es proclive a solicitar compensaciones por diseños con indefinición que sean causa potencial de impacto en la metodología de construcción.
- La duración del proyecto es más extensa, ya que se requiere en una primera etapa generar los diseños, en una segunda etapa, licitar la construcción y, finalmente, adjudicar el contrato de construcción a la empresa que haya calificado técnicamente y haya presentado la mejor oferta económica.

### **2.1.2. MÉTODO DESIGN AND BUILD O EPC**

Bajo este método, el Dueño<sup>2</sup> adjudica el proyecto completo a una sola empresa, la cual toma toda la responsabilidad por el diseño y la construcción del proyecto. El método

---

<sup>2</sup> Utilizaremos la palabra Propietario o Dueño indistintamente.

Design and Build combina los servicios del Diseñador y el Constructor Principal. La responsabilidad recae en una sola figura y reduce la probabilidad de reclamos y conflictos entre el equipo del diseñador y el equipo del constructor, ya que, la colaboración entre diseñadores y constructores facilita la constructibilidad y la optimización del diseño, siendo un solo equipo el responsable. Por ello, se generan incentivos para una mejor constructibilidad, calidad, velocidad de construcción y potencial innovación, lo cual, conducirá a un bajo costo para el Dueño.

Usualmente existen dos formatos para el método Design and Build:

- El Dueño contrata a una empresa que realiza el Diseño y la Construcción. Esta empresa tiene sus arquitectos, ingenieros y los constructores profesionales para ejecutar el proyecto.
- El Dueño contrata un Consorcio, que es un acuerdo de Joint Venture, por la duración del proyecto, bajo la estructura de un Diseñador y un Constructor.

Cabe destacar que el contrato Design and Build toma el nombre de la modalidad EPC, cuando el contratista asume las obligaciones propias del constructor (C: construcción), asume la gestión de adquisiciones por cuenta del Dueño (P: Procurement) y desarrolla la ingeniería del proyecto (E: engineering).

Del concepto anterior se desprende que los rasgos esenciales de los contratos "Design and Build" son los siguientes:

- Obligación que asume el contratista
- El estándar de conducta exigible al contratista bajo la modalidad de Contrato "EPC"
- Fortalezas y debilidades

### **2.1.2.1. Obligación que Asume el Contratista**

A diferencia de los proyectos tradicionales de construcción (Design-Bid-Build), donde el Contratista recibe los diseños para luego construir sin responsabilidad alguna por omisión o falta de completitud en la información recepcionada, en los Design and Build o EPC hacen al contratista frente al Dueño, enteramente responsable por el diseño y construcción de la obra, decreciendo las posibilidades de reclamo<sup>3</sup>.

Debe quedar claro que, si bien bajo la modalidad EPC el contratista dispone de amplia libertad para desarrollar la obra en los plazos previstos, ello sucede estrictamente en la medida en que el Dueño cumpla con todas sus obligaciones, en el método de contrato que se elija.

---

<sup>3</sup> Huse (2002): "*When he looks for accountability as to performance and quality of the works, he needs to look no further than the contractor*". "*without the need to address whether it is a design or workmanship problem*

### 2.1.2.2. El Estándar de Conducta Exigible al Contratista Bajo la Modalidad de Contrato “EPC”

Hay que tener en cuenta que el contrato "EPC" implica una especialización del contratista, así como la obligación de este de entregar un producto terminado. Por esta razón se asume una obligación global de realizar todas las prestaciones y emplear todas las "reglas del arte" necesarias o complementarias de la obra a realizar.

Como modalidad "EPC" se supone en primer lugar que existen especificaciones o estándares de desempeño de rendimiento y de diseño preestablecidos, ya que el Dueño, como se ha mencionado, no interviene o no debe intervenir en forma directa para asegurar una mejor coordinación sistémica.

A ello se agrega que la información entregada por el Dueño sea fidedigna y sin modificaciones o variaciones sustanciales como aumentos o trabajos adicionales de obra que desnaturalicen el modelo EPC, al impedir ejecutar la obra dentro del plazo considerado y costo previsto como razonable.

### 2.1.2.3. Fortalezas y Debilidades

**Tabla 2.1: Modelo EPC, Ventajas y Desventajas.**

Modelo EPC	
Resumen	
Significa <b>Engineering</b> (Ingeniería), <b>Procurement</b> (gestión de adquisiciones) y <b>Construction</b> (construcción), en la que después de una licitación es seleccionada una empresa que será <b>responsable por todas estas etapas</b> . En este modelo, prácticamente todos los riesgos son traspasados al contratista que será responsable por toda la gestión de la ejecución del proyecto.	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bajo riesgo para el contratante.</li> <li>▪ Poca posibilidad de claims (reclamos) o aumento de montos iniciales.</li> <li>▪ Menor necesidad de gestión por el Dueño</li> <li>▪ Motivación natural para el contratista de contener los riesgos y reducir los costos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Necesita de requisitos, especificaciones y bases contractuales muy bien definidas</li> <li>▪ Baja flexibilidad del contrato y estricto cumplimiento de los Aportes del Dueño.</li> </ul>

**Fuente:** Codelco, basado de Taller Abastecimiento para contratos de obras mineras, 2019.

### 2.1.3. MÉTODO EPCM

El contrato EPCM, a diferencia del sistema “tradicional”, en que el Dueño contrata por separado la ingeniería, realiza las Adquisiciones él mismo y contrata por separado la construcción y, posteriormente, asume el gerenciamiento de la construcción del proyecto (Rol CM). Por consiguiente, toma la mayor parte de los riesgos de la ejecución del proyecto, esquema que lo obliga a contar con un equipo grande de profesionales experimentados en su organización.



En el esquema EPCM se contrata una empresa que actúa como Agente del Dueño, que ejecuta directamente la ingeniería - pero actúa por cuenta del Dueño en las adquisiciones y en los contratos de construcción - y, muy relevante, hace el gerenciamiento del proyecto. Idealmente, el Dueño necesita contar con un equipo propio de profesionales con experiencia para asistir al contratista EPCM en el gerenciamiento y administración de los contratos.

La estrategia de formar equipos propios para gerenciar los proyectos por parte del Dueño es válida, pero es necesario contemplar una inversión no menor en desarrollo de sistemas y formación de equipos profesionales consolidados, aspectos en los cuales los consultores especialistas en EPCM han invertido por años.

### 2.1.3.1. Fortalezas y Debilidades

Tabla 2.2: Modelo EPCM, Ventajas y Desventajas.

Modelo EPCM	
Resumen	
Significa <b>Engineering</b> (Ingeniería), <b>Procurement</b> (Adquisiciones) y <b>Construction Management</b> (gerenciamiento de la construcción), o sea, la empresa contratada no hace la construcción, pero si gerencia todo el proyecto. En este tipo de contrato los subcontratistas son contratados directamente por el contratante principal	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Dueño no requiere know how en sistemas y mantención de equipos de profesionales de proyecto con gran experiencia y trayectoria.</li> <li>▪ Menor necesidad de gestión por el Dueño</li> <li>▪ Motivación del contratista de contener los riesgos y reducir los costos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Útil en el caso de proyectos de infraestructura (obras civiles, construcción y montaje).</li> <li>▪ Necesita de requisitos, especificaciones y bases contractuales muy bien definidas.</li> <li>▪ Mayores interfaces contractuales y riesgos de interferencias</li> </ul>

**Fuente:** Codelco, basado de Taller Abastecimiento para contratos de obras mineras, 2019.

### 2.1.4. MÉTODO BOT

En el contrato de Concesiones o BOT (Build, Operate and Transfer), el Dueño contrata a una concesionaria para que esta financie el proyecto y brinde el servicio de diseño, construcción, mantenimiento y operación de una obra o servicio. El beneficio para la concesionaria proviene de los pagos que efectúan los usuarios por el uso o disponibilidad de la infraestructura.

A continuación, en la Tabla 2.3 se resume y asocia a cada uno de los métodos de contrato según el tipo de servicio u obra.

**Tabla 2.3: Resumen Método de Contrato.**

<b>Contrato</b>	<b>Tipo de Servicio Contratado e Incentivos</b>	<b>Industrias (Ejemplo)</b>
<b>EPC (Engineering, Procurement and Construction)</b>	<p>El contratista realiza las Ingenierías de Detalle (puede incluir la Ingeniería Básica), la gestión de adquisiciones por cuenta del Dueño y licitaciones de insumos, maquinarias y equipos principales por cuenta del Dueño, la construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto. Realiza la dirección, integración y coordinación de todos los trabajos y proveedores.</p> <p>Los incentivos son disponer de una mejor constructibilidad, potenciar la innovación, capturar menores plazos para el proyecto, disponer de mayor certeza del costo por parte del Dueño al pagar por el mecanismo de suma alzada.</p>	Energía, Procesos Industriales de Minería, Petróleo y Gas, Sanitaria, Petroquímica.
<b>EPCM (Engineering, Procurement and Construction Management)</b>	<p>El contratista realiza las Ingenierías de Detalle (puede incluir la Ingeniería Básica), la gestión de las adquisiciones por cuenta del Dueño, de insumos, maquinarias y equipos, las licitaciones para construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto y la Administración de todos los Contratos. Realiza la dirección, integración y coordinación de todo.</p> <p>Los incentivos son que el Dueño no requiere de un Know How previo del proyecto y en consecuencia se aprovechan las capacidades de las empresas EPCM respecto de su experiencia, formación de equipos y sistemas consolidados de gerenciamiento de proyectos.</p>	Infraestructura para la Minería, Energía, Petróleo y Gas, Sanitarias, Petroquímica.
<b>D&amp;B (Design &amp; Build)</b>	<p>El contratista realiza todas las Ingenierías y la construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto. Realiza la dirección, integración y coordinación del diseño y la construcción. El Dueño realiza las adquisiciones y licitaciones de insumos, maquinarias y equipos principales.</p> <p>Los incentivos son disponer de una mejor constructibilidad, potenciar la innovación, capturar menores plazos para el proyecto, disponer de mayor certeza del costo por parte del Dueño al pagar por el mecanismo de suma alzada.</p>	Todas las industrias.
<b>BOT (Build, Operation and Transfer)</b>	<p>El contratista realiza todas las Ingenierías, la fabricación, las adquisiciones, la construcción y montaje de todas las instalaciones del proyecto. Financia el trabajo del proyecto y realiza la operación del negocio por un periodo determinado, al término del cual debe transferir la instalación al Dueño</p> <p>El incentivo es buscar financiamiento externo para financiar el proyecto.</p>	Obras Públicas principalmente.
<b>DESIGN-BID-BUILD</b>	<p>Las fases de diseño y construcción son totalmente independientes.</p> <p>Con este método de contratación, se emplazan dos acuerdos diferentes, uno entre el Dueño y el Consultor de ingeniería y el otro entre el Dueño y el Contratista de construcción.</p> <p>El incentivo es un significativo control por parte del Dueño sobre la construcción porque las características del proyecto están completamente determinadas y especificadas antes de la selección del Contratista.</p>	Todas las industrias.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2020.

## 2.2. MODALIDAD DE CONTRATACIÓN

En general, en el precio de un contrato de construcción, se incluyen los costos directos y los costos indirectos más utilidades. Si bien los contratos de construcción sirven como un medio para fijar el precio de la construcción, también estructuran la asignación del riesgo entre las Partes.

Existen diferentes modalidades de contratos, aquellos que están basados en un acuerdo del precio y otra modalidad basada en un acuerdo en el costo de los servicios contratados. También, existen muchas variaciones y combinaciones que pueden ser utilizadas, sin embargo, las modalidades de contratos más usadas son:

- **Modalidad de contrato basada en el precio:** tipo de contrato en que el precio está cotizado por el Contratista en la etapa de licitación, tales como, suma alzada y precio unitario.
- **Modalidad de contrato basada en el costo:** tipo de contrato en que el costo incurrido por el Contratista es reembolsable más un monto fijo para cubrir los gastos generales y utilidades, por ejemplo, el contrato a costo reembolsable.

### 2.2.1. MODALIDAD DE CONTRATACIÓN BASADA EN EL PRECIO

#### 2.2.1.1. Modalidad a Suma Alzada

Bajo esta modalidad, el Contratista, dirige, ejecuta y administra la obra hasta su total terminación por un precio establecido, global y único, aportando el trabajo y los materiales. El precio convenido con el Dueño se mantendrá invariable o inamovible salvo que se establezca una cláusula de revisión de precios o que se introduzcan obras extraordinarias o bien modificaciones introducidas en el proyecto por el Dueño que impliquen un aumento o disminución de la obra, en cuyo caso la estipulación del precio inalterable pierde su fuerza obligatoria y debe ser renegociada. Por lo general, la revisión del precio depende del tiempo transcurrido desde el inicio de la obra y de la incidencia que pueda revestir en el monto total.

La ventaja para el Dueño es manifiesta, ya que conoce en forma anticipada el precio final de la obra. Por este motivo, el Contratista o constructor debe prever en forma realista sus precios en función del riesgo que acepta asumir y de la realidad del mercado, particularmente, en períodos de inflación.

Esta modalidad presenta interés por cuanto en ella se advierte con nitidez que el Contratista se obliga a la obtención del resultado proyectado al que se debe encaminar toda su actividad.

Lo esencial, para ser fiel a la conocida distinción entre la obligación de medio y de resultados, radica en que la obra es ejecutada por el contratista a cambio de un precio o costo cierto y en principio irrevocable, la cual debe ser aprobada y recibida conforme por el Dueño al momento de su terminación.

Lo fundamental es que el riesgo económico de este contrato, de precio cerrado, como sucede en la mayoría de los casos, supone, en esta modalidad, que toda alteración sobrevinida durante la ejecución presupone obligadamente que no hay modificación de las condiciones del contrato original, ya que ambas han determinado de modo preciso y claro el *quantum* de las obligaciones de cada una, estableciendo una verdadera ecuación.

El problema fundamental que se plantea bajo esta modalidad serán las variaciones originadas como consecuencia de la ejecución del contrato y que afecten, durante este transcurso, el equilibrio de las obligaciones recíprocas.

Siendo este tema de suma relevancia, no podemos afirmar que exista un criterio de solución uniforme, existiendo un criterio extremo que plantea la seguridad jurídica que brinda un contrato pactado bajo esta modalidad de precio, sin compensaciones adicionales por imprevistos por más gravosa que ella sea y, por otra parte, un criterio que invoca los principios generales del derecho y la buena fe que exigen su adaptación en aras de restablecer el equilibrio contractual.

Los riesgos que asume el Contratista en este tipo de modalidad de Contrato, es el de incurrir en errores en la estimación de la cantidad de trabajos a ejecutar o de recursos a utilizar. El Dueño asume el riesgo de entregar al Contratista un proyecto incompleto o mejorable o con mayores incertidumbres como: condiciones de terreno, clima e interferencias, entre otros.

Esta modalidad de contratación no es aconsejable cuando los planes y las especificaciones están incompletos, porque las ofertas van a sufrir variaciones en relación con el costo real como reflejo de la falta de certeza. Para evitar cambios, el alcance del trabajo debe estar bien definido en la etapa de licitación.

**Tabla 2.4: Modelo Suma Alzada, Ventajas y Desventajas.**

Modelo Suma Alzada	
Resumen	
<p>El "precio cerrado" o "Suma Alzada" es <b>el menor riesgo para el Contratante</b>. El Dueño paga un <b>precio fijo determinado</b> y el Contratista ejecuta el alcance del proyecto de forma completa. Para que el contrato por precio cerrado funcione bien, es fundamental que el alcance de la obra esté claro para ambas partes y con proyectos bien definidos.</p>	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción del costo total del proyecto por la reducción de riesgos (alcance bien definido).</li> <li>▪ Baja posibilidad de claims.</li> <li>▪ Baja posibilidad de aumento de plazo previsto.</li> <li>▪ Menor necesidad de gestión por el contratante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja flexibilidad contractual para cambios de cantidades o metodologías de construcción.</li> <li>▪ Necesidad de gran madurez del proyecto (alcance detallado)</li> </ul>

**Fuente:** Codelco, basado de Taller Abastecimiento para contratos de obras mineras, 2019.

### 2.2.1.2. Modalidad a Precio Unitario

El modelo de Contrato a precios unitarios considera precios fijos e invariables para un proyecto que posee cubicaciones referenciales, pudiendo crecer o disminuir el volumen

de obra contratada. Sin embargo, al Contratista se le paga por el trabajo ejecutado sobre la base de un precio unitario fijo e invariable multiplicado por una cantidad actualizada.

El Contratista asume el riesgo de los precios unitarios [P], rendimientos (productividad) y costos de sus recursos (mano de obra, equipos, herramientas y materiales). El Dueño asume el riesgo de costos por variación de las cantidades [Q].

Esta modalidad de contratación es ventajosa cuando las cantidades no se pueden estimar con precisión producto de la imprevisibilidad del terreno.

Esta modalidad de contrato es preferida para construcciones como carreteras, acueductos, concentraductos enterrados bajo suelo, desarrollos mineros, etcétera.

Se recomienda usar este modelo en fases de ingeniería o servicios en que no se tenga un alto grado de definición o certidumbre del “alcance del trabajo”.

**Tabla 2.5: Modelo Precio Unitario, Ventajas y Desventajas.**

Modelo Precio Unitario	
Resumen	
<p>En esta modalidad, <b>cada servicio ejecutado para construir el proyecto tiene un precio determinado por unidad de medida</b>. Por ejemplo: metro lineal de túnel por sección, kilos de estructura de acero, metros cúbicos de hormigón. El precio final de la construcción es la suma de los precios de los servicios multiplicados por sus cantidades.</p>	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción del costo total del proyecto por compartir riesgos.</li> <li>▪ Contrato flexible - cantidades pueden cambiar sin necesidad de claims.</li> <li>▪ Mayor facilidad para comparación entre ofertas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminuciones o incrementos relevantes de las cantidades contratadas son fuente de potenciales reclamaciones.</li> <li>▪ Poca flexibilidad en cuanto a cambios de metodologías constructivas.</li> <li>▪ Riesgos de ingeniería para el contratante, son potencial modificación de precios unitarios.</li> </ul>

**Fuente:** Codelco, basado de Taller Abastecimiento para contratos de obras mineras, 2019.

### 2.2.1.3. Modalidad a Costo Reembolsable

Esta modalidad, también conocida como contrato “plus cost”, implica el reembolso al Contratista del costo real de llevar a cabo el trabajo más un monto adicional en forma de honorarios para cubrir sus gastos generales y utilidades.

El Dueño selecciona un Contratista reconocido por su experiencia, competencias y habilidades a través de una negociación directa y se establecen los términos del acuerdo entre las Partes. El Contratista seleccionado comienza el trabajo y asegura que todos los costos sean transparentes para el Dueño incluyendo los pagos realizados para la mano de obra, materiales, herramientas y maquinarias, subcontratos, etcétera. Bajo esta modalidad, el Dueño es responsable de cualquier costo resultante de condiciones imprevistas. El alcance del trabajo debe ser cuidadosamente definido para evitar cualquier disputa.

Entre los riesgos para el Dueño se identifican el pago de las improductividades del contratista y las fallas de calidad, por ello, se recomienda usarlo solo en casos de urgencia e incertidumbre en que no sea posible evitarlo dada la insuficiencia de información. Las tarifas del Contratista se calculan de varias maneras como:

- Costo más tarifa porcentual.
- Costo más tarifa fija
- Costo más tarifa variable
- Contrato de precio máximo garantizado o precio objetivo
- Time and material

Resumiendo, en la Tabla 2.6 se asocia a cada modalidad de contrato el tipo de riesgo y grado de definición del encargo:

**Tabla 2.6: Modalidad de contrato, tipo de riesgo y grado de definición del encargo.**

Forma de Contratación	Modalidad	Quien Toma el Riesgo	Grado de definición del Encargo
<b>Por Precio</b>	Suma Alzada	Contratista	Alta definición
<b>Por Cantidad</b>	Precio Unitario	Ambas Partes	Media definición
<b>Por Costo</b>	Costos Reembolsables	El Mandante	Baja definición

Fuente: Codelco, basado en Taller de Abastecimiento para Contratos de Obras Mineras, 2018.

## 2.3. SELECCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN

### 2.3.1. INTRODUCCIÓN

Como se señala, elegir una estrategia de contratación apropiada para un proyecto en particular es una decisión compleja, y tan importante como determinar el Capex y el programa del proyecto.

Las estrategias de contratación de proyectos dependen primeramente de los objetivos del proyecto, del alcance, la planeación para mitigar y/o controlar los riesgos claves del proyecto, el foco estratégico, prioridades y las capacidades del Dueño, aspectos que se encuentran definidos en el Plan de Ejecución del Proyecto.

A partir del análisis al Plan de Ejecución del Proyecto, se deben evaluar las alternativas referidas al método de selección del contrato<sup>4</sup>, que involucra el análisis de varios temas como son, la forma y modalidad de contratación, el riesgo asumido por las Partes y el grado de definición del encargo.

En la Figura 2.1 se presenta una matriz que muestra los aspectos claves de la estrategia de Contratación a considerar, para facilitar la comprensión y lograr coherencia respecto de las decisiones.

<sup>4</sup> Surahyo A. (2018) Selection of an Appropriate Contract Strategy. In: Understanding Construction Contracts. Springer, Cham

Tipo de Proyecto	Objetivos del Dueño	Paquetización del Alcance	Selección método contrato	Selección modalidad de contrato
Experiencia del Dueño	Plazo	Riesgos en Ruta Crítica y Plazos de Construcción.	Diseño-Licitación- Construcción	Precio Unitario
Conocimiento de los Riesgos	Costo	Capacidad Técnica y Financiera de los Proveedores	EPC	Precio Fijo
Nivel de Ingeniería	Calidad	Oferta en el mercado de proveedores	Diseño-Construcción	Costos Reembolsables
Greenfield or Brownfield	Productividad	Cantidad de Contratos	EPCM	Tiempo y Materiales

**Figura 2.1: Matriz de aspectos claves de la estrategia de Contratación.**

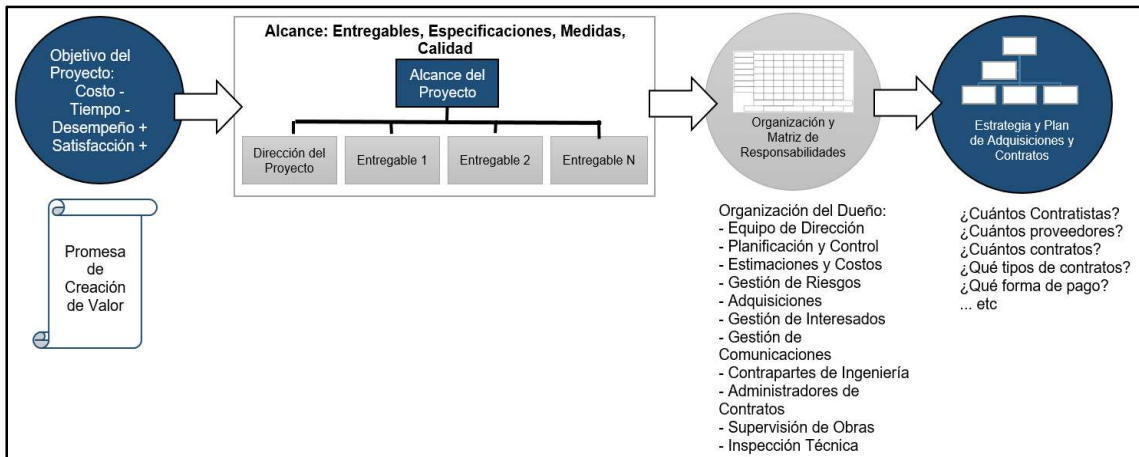
**Fuente:** Elaboración Propia, 2020.

La estrategia de contratación debe articular las siguientes acciones sin perder coherencia entre ellas:

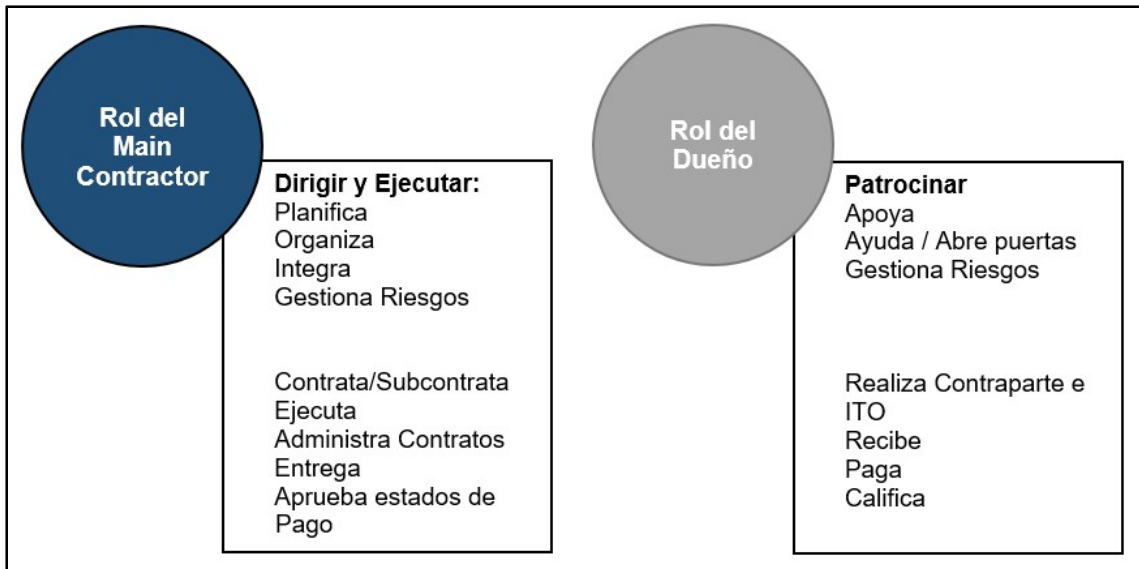
1. **Considerando el tipo de proyecto:** debe medirse la experiencia del Dueño para el tipo de proyecto y definir cuál será su Rol.
2. **Objetivos del Dueño:** debe estar claro desde un inicio y en un ranking de prioridad.
3. **Paquetización del Alcance:** sujeto a los plazos establecidos en el Proyecto, cantidad de contratos, coordinación que se requiere entre ellos, capacidad técnica y financiera de los proveedores y los riesgos que pueda asumir el Dueño.
4. **Selección del Método de Contrato:** su elección está influenciada por los objetivos que sean prioritarios para el Dueño, las capacidades de su Organización interna y los riesgos que pueda o quiera asumir.

En la Figura 2.2 se muestran los objetivos y prioridades para el desarrollo de una estrategia contractual.

En el caso de seleccionar el método de contrato EPCM, ver Figura 2.3, donde se contrata a una empresa para que actúe como agente del Dueño, el rol del Dueño es patrocinar el proyecto, gestionar los riesgos, realizar contraparte de la inspección técnica de obras, recepción de obras y servicios, realización de pagos y calificación de las prestaciones recibidas. A su vez, el contratista EPCM tiene como rol, planificar, organizar, integrar, gestionar riesgos, contratar o subcontratar, administrar contratos, entregar las obras y aprobar estados de pago.



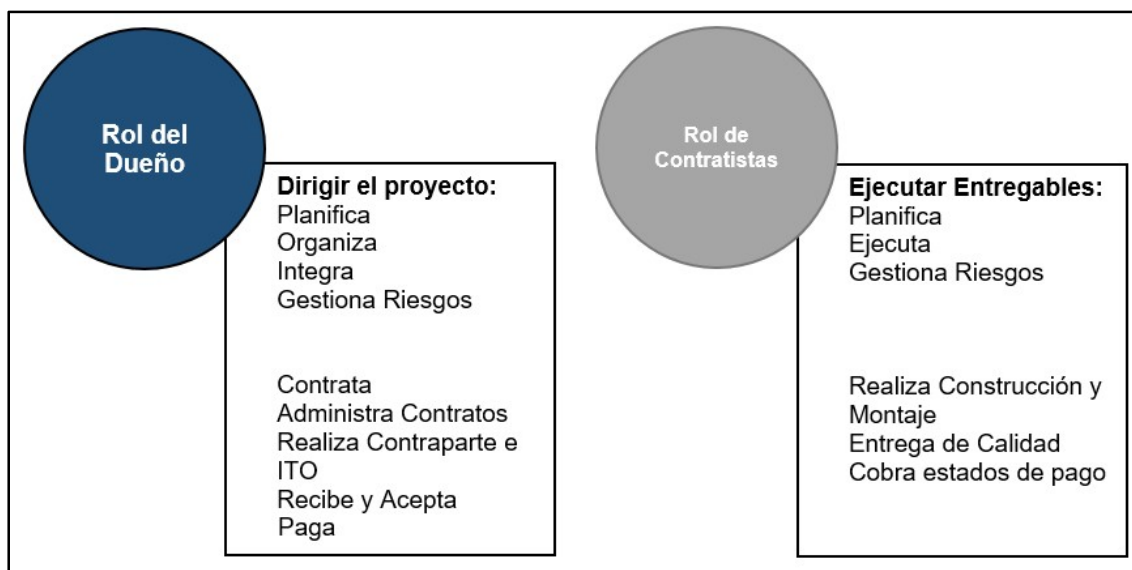
**Figura 2.2: Objetivos y Prioridades para el Desarrollo de una Estrategia Contractual.**  
Fuente: Codelco, 2018.



**Figura 2.3: Roles del Contratista y del Dueño en Proyecto Main Contractor o EPCM.**  
Fuente: Codelco, 2018.

En el caso de seleccionar el método de contrato “tradicional”, ver Figura 2.4, donde el Dueño primero contrata a un consultor de ingeniería para desarrollar los diseños, se inicia el proceso de licitación una vez terminados estos, para luego adjudicar el contrato para que un contratista sea el responsable de construir la obra. En este caso el Rol del Dueño, implica dirigir el Proyecto, y ejecutar los procesos de planificación, organización, integración, gestión de riesgos, contratación, administración de contratos, contraparte, ITO, recepción y aceptación de obras construidas por empresas constructoras y pago.





**Figura 2.4: Rol del Dueño y Contratistas en Proyecto Dirigido por el Dueño.**

Fuente: Codelco, 2018.

- Selección de la modalidad de Contrato:** su elección dependerá del nivel de ingeniería que exista y del conocimiento de los riesgos que presenta el proyecto en particular ejemplo modalidad a precios unitarios con gastos generales y utilidades a suma alzada.

### **2.3.2. PRINCIPALES ELEMENTOS A CONSIDERAR POR EL DUEÑO PARA EL DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA CONTRACTUAL**

#### **2.3.2.1. Definición del Alcances del Proyecto**

Una de las principales causas de los fracasos en proyectos es que la contratación se realiza sin tener un nivel de detalle adecuado o indefiniciones en el alcance contratado, lo cual resulta en conflictos entre las Partes contratantes.

#### **2.3.2.2. Definición del Método y Modalidad del Contrato**

Indefiniciones en un proyecto, siempre puede haber, sin embargo, debe existir claridad en los riesgos que asume el Dueño al elegir un método y modalidad de contrato que exigen un alto nivel de precisión del alcance contratado.

#### **2.3.2.3. Control y Gerenciamiento de la Gestión del Cambio en la Fase de Construcción**

En el caso que el Dueño seleccione el método de contrato "Tradicional", debe considerar la evolución de la ingeniería, las condiciones de terreno imprevistas, las facilidades constructivas requeridas, los accesos no otorgados en la fecha estipulada, los servicios insuficientes como son agua, ventilación, los aportes y nuevos requerimientos del Dueño

entre otras causas, por ello los cambios en los proyectos son inevitables y por tanto controlar y gerenciar la gestión del cambio es crítico para el éxito de cualquier proyecto.

#### **2.3.2.4. Plazo**

El plazo requerido para completar el proyecto es influenciado por la elección del método y modalidad de contrato. En oportunidades se requiere reducir la duración del proyecto, en estos casos método “Design-Build” permite iniciar más tempranamente las obras y tener un mejor desempeño con foco en el plazo.

#### **2.3.2.5. Calidad**

Bajo un foco en el plazo, al seleccionar el método de contrato “Design and Build”, la calidad conseguida dependerá del Contratista. Sin embargo, en un método de contrato basado en el enfoque “tradicional” de contratación “Design-bid-Build” (diseñar, licitar y construir) permite tener un mejor desempeño para controlar la calidad.

#### **2.3.2.6. Complejidad y Singularidad del Proyecto**

Basado en un nivel de complejidad y singularidad del proyecto, el Dueño necesita mantener un nivel apropiado de control. Entre más complejo y costoso es el proyecto mayor es la necesidad del Dueño de tener un rol en el gerenciamiento del proyecto.

Para la ejecución de proyectos de construcción de minas subterráneas, por su singularidad y complejidad, es clave para Codelco mantener un alto nivel de control, considerando el Know How que dispone y la formación de equipos profesionales que ha consolidado. Por ello el PMChS, fue ejecutado por Codelco a través de la Vicepresidencia de Proyectos (VP) con ingenierías, construcción de obras, suministros de sistemas y equipos principales, ejecutados por terceros bajo administración del equipo del Proyecto en su rol de Administración de la Construcción o Construction Management (CM).

### 3. CONTEXTO ESTRATÉGICO DEL PROYECTO CHUQUICAMATA SUBTERRÁNEA

Entender cuáles son los aspectos relevantes que se deben considerar en la contratación de un mega contrato minero<sup>5</sup> y negociar con los proveedores bajo un enfoque en base a impulsores (drivers) de costo total<sup>6</sup>, es parte de la estrategia para orientar la definición de un modelo de contrato eficiente para la industria minera con foco en la disminución de costos e incremento de productividad.

La necesidad de contratación de un mega contrato minero, en nuestro caso de estudio, parte con la aprobación para ejecutar un proyecto minero subterráneo. Es relevante distinguir las singularidades propias de cada proyecto (sea green field o brownfield), la especialización en mano de obra que se requiere, zona de emplazamiento del proyecto (zona norte o sur del país), infraestructura disponible en la zona para apoyar la logística de construcción del proyecto (aeropuertos, puertos, carreteras de acceso al proyecto, servicios habitacionales, gubernamentales, empresas complementarias que puedan facilitar la subcontratación de los proveedores principales), entre otros.

En el caso de Codelco, en los próximos 10 años, el 60% de la producción provendrá de los proyectos estructurales (ver Figura 3.1). Estos Proyectos, por tener una complejidad y singularidad respecto de otros proyectos en Chile, al tratarse de proyectos que se encuentran construyendo minas subterráneas para los próximos 40 años como es el caso de la División Chuquicamata y El Teniente, tienen efectos en el mercado de proveedores (ver Figura 3.2).

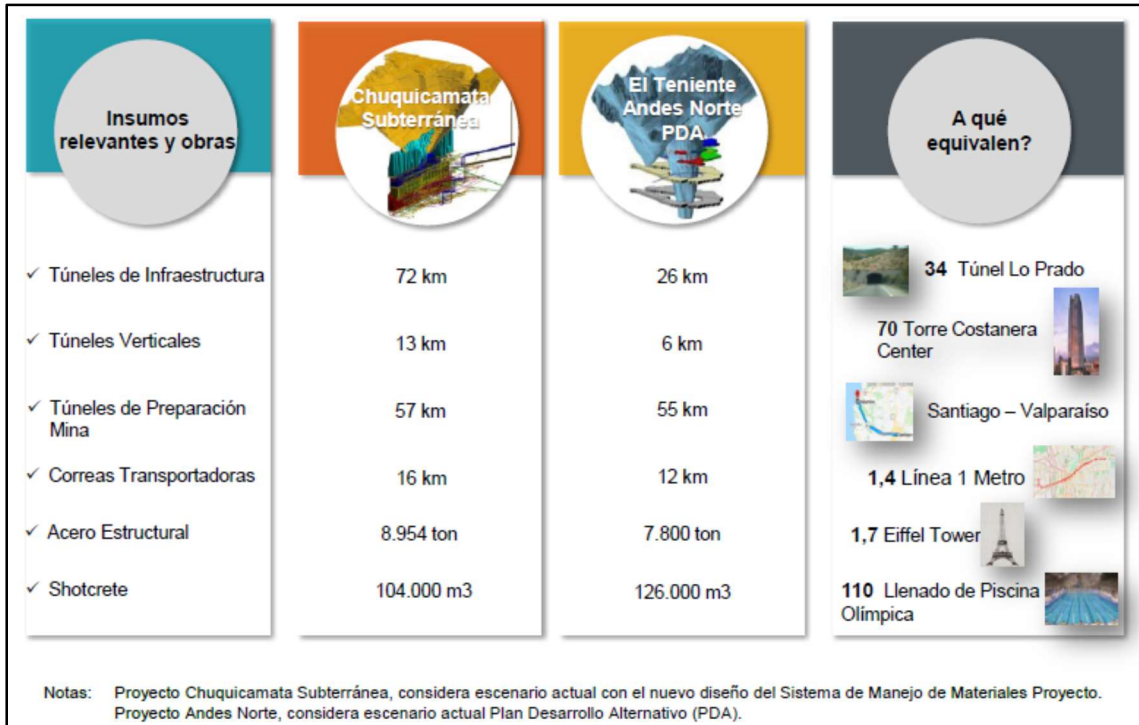


Figura 3.1: Producción Anual de Cobre - Proyecciones según el Plan de Negocios y Desarrollo 2018.

Fuente: Codelco, 2018.

<sup>5</sup> Mega contrato minero corresponderá a la contratación de obras mineras por sobre los USD 100 millones.

<sup>6</sup> Costo Total: incluye costos directos, costos indirectos, costos financieros, costos de la Oficina Central y Utilidad de las empresas proveedoras.



**Figura 3.2: Impacto de los Proyectos estructurales en el mercado de proveedores “Insumos relevantes y Obras 2011-2025”.**

Fuente: Codelco, 2018.

En el caso de estudio, el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea (PMChS) es un proyecto estratégico (Estructural) para Codelco y consiste en la construcción de una mina subterránea que garantiza la continuidad de la División Chuquicamata (DCH) por al menos 40 años.

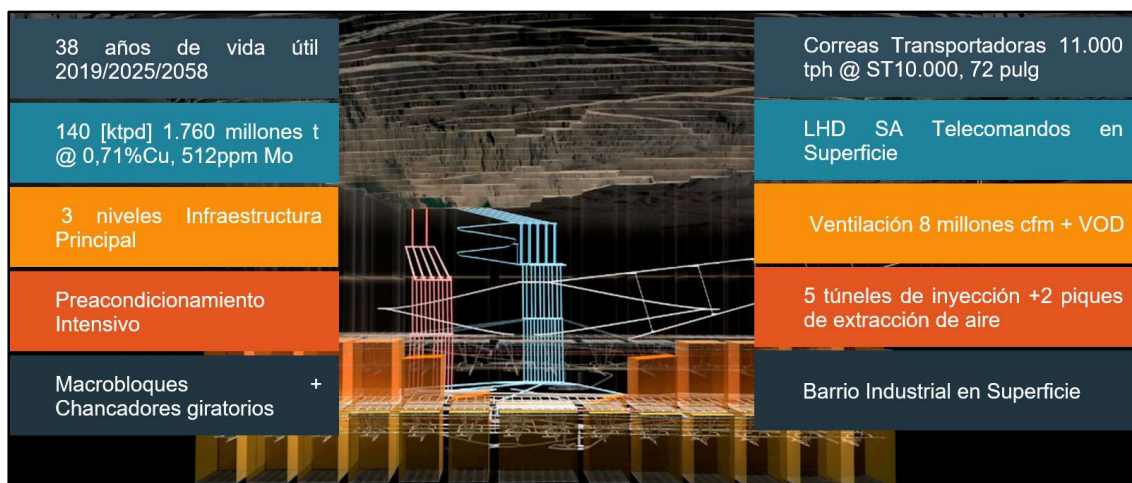
El PMChS tiene por finalidad dar continuidad operacional a la División Chuquicamata (DCH) mediante la explotación subterránea de los recursos remanentes del cuerpo mineralizado Chuquicamata, principal depósito del Distrito Norte de Codelco explotado por más de 100 años a cielo abierto, aumentando su vida útil en al menos 40 años (ver Figura 3.3).

<b>VISIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operación minera subterránea de clase mundial</li> <li>Extensión de la vida a la DCH por 40 años más</li> </ul>	<b>Inicio de Producción 2019</b>
<b>CONTEXTO NEGOCIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyecto brownfield</li> <li>Infraestructura y logística disponible</li> <li>Alto nivel de reconocimiento del recurso</li> <li>Restricciones de financiamiento y bajos precios de metales</li> </ul>	Ramp-up productivo <b>7 años</b>
<b>ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecutado por CODELCO a través de la Vicepresidencia de Proyectos</li> <li>Equipo proyecto dedicado al rol CM</li> <li>Ejecución obras/adquisiciones/ingeniería por terceros</li> <li>Foco en Plazo</li> </ul>	Producción en régimen <b>140 kt/día</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cero fatalidad y baja incidentabilidad</li> <li>Cero reclamo ambiental/comunitario</li> <li>Inicio producción 2019</li> <li>Productividad, Eficiencia y Calidad</li> </ul>	<b>Block Caving</b> variante Macrobloques
		<b>3 niveles</b> de explotación
		~ <b>162 km</b> de los hz+vt en CAPEX
		Fase de construcción <b>8 años</b>
		~ <b>60 millones</b> de horas personas

**Figura 3.3: Antecedentes Generales del PMChS.**

Fuente: Codelco, 2016.

En consecuencia, el objetivo estratégico del PMChS es materializar una mina subterránea con producción en régimen de 140 ktpd y metodología de explotación Block Caving con variante Macrobloques y preacondicionamiento intensivo, que extienda la vida útil de la División (ver Figura 3.4).



**Figura 3.4: Proyecto Chuquicamata Subterráneo.**  
Fuente: Codelco, 2016.

El PMChS establece cuatro objetivos principales:

1. Iniciar la socavación de los MB's centrales y la producción de la mina subterránea el año 2019. Y, posteriormente, iniciar el comisionamiento del Sistema de Manejo de Minerales el año 2020 y ejecutar obras de continuidad de la Mina.
2. Ejecutar el Proyecto manteniendo los costos dentro del presupuesto<sup>7</sup>. Cabe mencionar que el Proyecto fue reformulado considerando la restricción de costos de la Corporación. A continuación, la Tabla 3.1 presenta una comparativa entre el caso base versus la reformulación del Proyecto.
3. Desarrollar los trabajos necesarios con la calidad que requiere el negocio, sin retrabajos, buscando maximizar la productividad y eficiencia.
4. Completar el desarrollo del Proyecto con cero accidentes incapacitantes, sin incidentes comunitarios o ambientales graves.

El estimado definitivo del proyecto se muestra en la Tabla 3.2.

<sup>7</sup> Corresponde al presupuesto del proyecto reformulado.

**Tabla 3.1: Comparativa Caso Base versus Reformulación.**

Parámetros	Proyecto Original	Proyecto Reformulado
Layout		
Sala de Chancado	<ul style="list-style-type: none"> <li>39 salas de 5.000 m3 por nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 salas de 9.500 m3 por nivel</li> </ul>
Galerías de Correa Intermedia / Estación de Transferencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>16 galerías y transferencias a Correas Colectoras por Nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 galerías y transferencias a Correas Colectoras por Nivel</li> </ul>
Subniveles de Traspaso y Piques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con nivel de Traspaso</li> <li>156 piques (70 m de largo y 3,5 m de diámetro) por Nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin nivel de traspaso</li> <li>9 piques (70 m de largo y 6 m diámetro) por Nivel</li> </ul>
Desarrollo Total del Proyecto	1.060 km totales	740 km totales
Inversión Total (*cifras aproximadas para el ejercicio)	6.200 MUSD	5.000 MUSD

Fuente: Codelco, 2017.

**Tabla 3.2: Estimado definitivo del PMChS.**

Fases Presupuesto	Capex Reformulado Total MUSD	Estimado Definitivo Total MUSD
Costo Directo	3571	3376
Costo Indirecto	1241	1197
Contingencia	497	355
<b>Total</b>	<b>5.310</b>	<b>4.928</b>

Fuente: Codelco, 2019.

El alcance del Proyecto en su etapa inicial fue estructurado mediante criterios técnicos y geográficos en cinco grupos de gestión (Tabla 3.3) compuestos por una serie de trabajos específicos que conforman el encargo de cada grupo. Estas unidades de gestión son: (1) Construcción Área Productiva, (2) Construcción Manejo de Minerales, (3) Infraestructura, (4) Infraestructura Permanente, y (5) Soporte.

Los tipos de contratos distribuidos en estas unidades de gestión son, principalmente, los definidos en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.3: Alcance y Grupos de Gestión PMChS.**

1. Construcción Área Productiva	2. Construcción Manejo de Minerales	3. Infraestructura	4. Infraestructura Permanente	5. Soporte
<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidades Constructivas</li> <li>Desarrollo Macrobloques</li> <li>Caving</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos de Producción</li> <li>Salas de Chancado y Correas Interior Mina</li> <li>Correa Transporte Principal</li> <li>Correa Overland</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicaciones y Control</li> <li>Sistema Eléctrico</li> <li>Barrio Industrial Superficie</li> <li>Barrio Industrial Subterráneo</li> <li>Piping</li> <li>Sistema de Ventilación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Túnel de Acceso y Transporte</li> <li>Túneles de Ventilación Inyección</li> <li>Piques de Ventilación Extracción</li> <li>Obras Interior Mina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operación y Mantenimiento</li> <li>Puesta en Marcha</li> <li>Servicios de Apoyo al rol CM</li> <li>Servicios de Apoyo a la Construcción</li> <li>Consultorías, Asesorías y Revisiones</li> </ul>

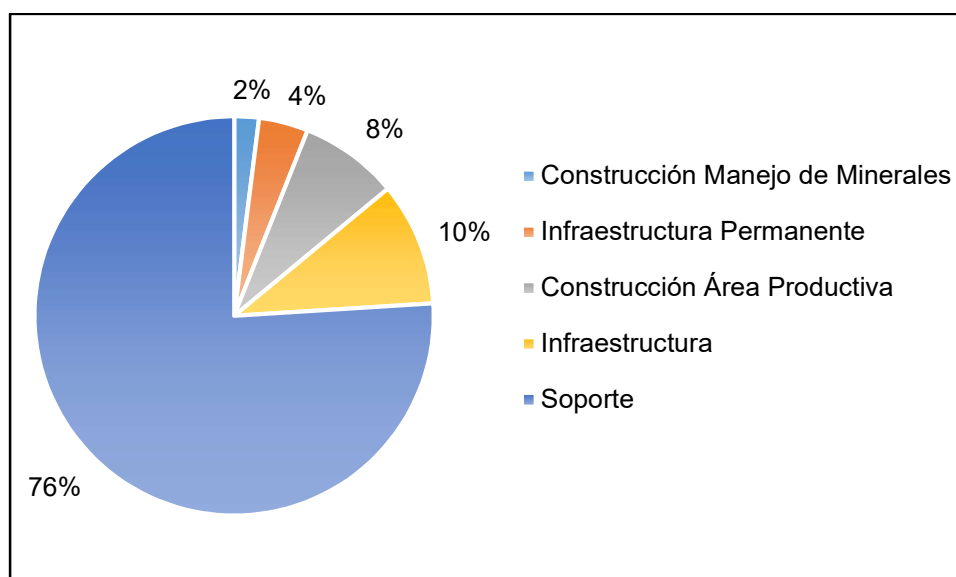
Fuente: Codelco, 2016.

**Tabla 3.4: Tipos de Contratos distribuidos por Unidad de Gestión.**

Contratos según unidad de gestión	
<b>E</b>	Ingeniería.
<b>EPC</b>	Ingeniería, Suministros, Construcción, Montaje y Puesta en Marcha.
<b>EPS</b>	Ingeniería, Suministros, Asistencia a la Construcción y Montaje, y Puesta en Marcha.
<b>PC</b>	Suministros, Construcción y Montaje, y Puesta en Marcha.
<b>C</b>	Construcción y Montaje.
<b>S</b>	Servicios.

Fuente: Codelco, 2016.

Un resumen de los contratos de la primera etapa del Proyecto, que conforman cada unidad de gestión, se presenta en la Figura 3.5. En esta se puede apreciar la distribución de contratos del Proyecto, mientras que en la Tabla 3.5 se especifica el número de contratos por unidad de gestión.



**Figura 3.5: Distribución porcentual de contratos en el PMChS.**

Fuente: Codelco, 2016.

**Tabla 3.5: Número de Contratos por Unidad de Gestión.**

Unidad de Gestión	N ° Contratos
Construcción Área Productiva	13
Construcción Manejo de Minerales	4
Infraestructura	16
Infraestructura Permanente	7
Soporte	125
<b>Total</b>	<b>165</b>

Fuente: Codelco, 2016.

El Plan de Contratos da cuenta de la descomposición del alcance del Proyecto a través de paquetes de trabajo para la contratación de bienes o servicios. Este Plan debe estar alineado con los objetivos del proyecto en términos de costo, plazo y riesgo de contratación para ejecutar las obras del Proyecto.

### 3.1. CONTRATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN AREA PRODUCTIVA

En la Tabla 3.6, se muestran los principales contratos asociados a la construcción del área productiva, estos corresponden a obras que permiten desarrollar y construir los Macrobloques, generar facilidades constructivas para el desarrollo de la mina, y también contratos asociados al pre-acondicionamiento intensivo y al monitoreo del Caving.

**Tabla 3.6: Contratos de Construcción Área Productiva PMChS.**

Grupo de Trabajo	#	Unidad de Gestión	Nombre	ID	Tipo
Macrobloques	1	Construcción Área Productiva	Desarrollo subniveles superiores MB's iniciales y BIN	CC010	C
Macrobloques	2		Desarrollos subniveles inferiores	CC013A	C
Macrobloques	3		Desarrollo infraestructura ventilación principal	CC013B	C
Caving	4		Perforaciones y exploración preacondicionamiento	CS 366	C
Caving	5		Servicios de Ingeniería del Caving	CS 367	S
Caving	6		Carquío y Tronadura TC	CS 400	S
Facilidades Constructivas	7		Red Eléctrica Subterránea (Etapa 1)	EPC027A	EPC
Facilidades Constructivas	8		Sistema de Radiocomunicaciones Subterráneo	CC010B	C
Facilidades Constructivas	9		Sistemas de Apoyo a la Producción OIM (TICA)	EPC010C	EPC
Facilidades Constructivas	10		Redes de Piping Subterráneas y en Superficie (Etapa 1)	CC102AB	C
Facilidades Constructivas	11		Obras Civiles y Montaje de Redes Subterráneas y en Superficie	CC102	C
Facilidades Constructivas	12		Suministro de Combustible	CS103	S
Facilidades Constructivas	13		Suministro de Explosivos	CS104	S

Fuente: Codelco, 2016.

### 3.2. CONTRATOS SISTEMA DE MANEJO DE MINERALES

En la Tabla 3.7 se muestran los principales contratos asociados a la construcción del manejo de minerales, estos corresponden a montajes electromecánicos del sistema de transporte principal, salas de chancado, correas interior mina y equipos de producción.

**Tabla 3.7: Contratos de Construcción Manejo de Minerales PMChS.**

Grupo de Trabajo	#	Unidad de Gestión	Nombre	ID	Tipo
Transporte Principal	1	Manejo de Minerales	Montaje Sistema de Transporte Principal	CC023B	C
Salas de Chancado	2		Montaje Sistema de Chancado y Transporte Intermedio	CC024B	C
Equipos de Producción	3		Equipos Principales de Producción (LHD-SA)	EPC024C	EPC
Equipos de Producción	4		Transporte Producido por Camiones	CS401	S

Fuente: Codelco, 2016.



### 3.3. CONTRATOS DE INFRAESTRUCTURA PERMANENTE

En la Tabla 3.8 se presentan los principales contratos asociados a la construcción de infraestructura permanente por toda la vida útil de la mina (excavación de túneles de acceso y transporte, excavación de túneles de ventilación inyección y del pique de extracción, facilidades constructivas y desarrollos preliminares de las obras interior mina, algunos de estos trabajos se iniciaron con la OOTT del Proyecto).

**Tabla 3.8: Contratos de Construcción de Infraestructura Permanente.**

Grupo de Trabajo	#	Unidad de Gestión	Nombre	ID	Tipo
Acceso y Transporte	1	Infraestructura Permanente	Túnel de Acceso y Transporte	EPC001	EPC
Acceso y Transporte	2		Estación de Transferencia		
Acceso y Transporte	3		Vestidura Túnel de Acceso y Transporte	CC022	C
Acceso y Transporte	4		Túneles de Inyección 11 y 12	EPC003	EPC
Ventilación Principal	5		Obras Adicionales CC003	CC105	C
Ventilación Principal	6		Pique de Ventilación Extracción	EPC004	EPC
Ventilación Principal	7		OCC y Montaje Ventiladores Principales	CC032B	C
Ventilación Principal	8		Obras Interior Mina	EPC005A	EPC
Facilidades Constructivas	9				

Fuente: Codelco, 2016.

### 3.4. CONTRATOS DE INFRAESTRUCTURA

En la Tabla 3.9 se presentan los principales contratos asociados a la construcción de infraestructura (barrios industriales, sistemas eléctricos, sistemas de piping, sistemas de comunicaciones y control y ventilación secundaria).

**Tabla 3.9: Contratos de Construcción de Infraestructura PMChS.**

Grupo de Trabajo	#	Unidad de Gestión	Nombre	ID	Tipo
Barrio Industrial Superficie	1	Infraestructura	Edificio Espejo	EPC336	EPC
Barrio Industrial Superficie	2		Ampliación Oficinas VP en Chuqui	CC007	C
Barrio Industrial Superficie	3		Ampliación y Mejoramiento Oficinas VP	CC327	C
Barrio Industrial Superficie	4		Barrio Industrial en Superficie	EPC050	EPC
Barrio Industrial Subterráneo	5		Barrio Industrial Subterráneo		
Barrio Industrial Superficie	6		Movimiento de Tierra Barrio Industrial de Superficie	CC031C	C
Piping	7		Redes Piping en Superficie y Subterráneas	CC051	C
Sistema Eléctrico	8		Redes Eléctricas		
Sistema Eléctrico	9		Obras Civiles y Montaje Subestaciones Superficie	CC026A2	C
Sistema Eléctrico	10		Línea de Transmisión 220 KV y Distribución 34,5 KV	EPC026BC	EPC
Comunicaciones y Control	11		Construcción Redes RISC & RAG	CC028A	C
Comunicaciones y Control	12			CC041	C
Comunicaciones y Control	13			CS509	C
Comunicaciones y Control	14		CIOG + Redes RISC & RAG	EPC029B	EPC
Comunicaciones y Control	15		Remodelación Edificio CIOG (en VOD)	CC040	C
Comunicaciones y Control	16		Sistema de Ventilación por Demanda (VOD)	EPC028B	EPC
Comunicaciones y Control	17		Sistemas de Información de Gestión Operacional	EPC029A	EPC
Ventilación Secundaria	18		Ventilación Secundaria	CC032D	C

Fuente: Codelco, 2016.

### 3.5. CONTRATOS DE SOPORTE

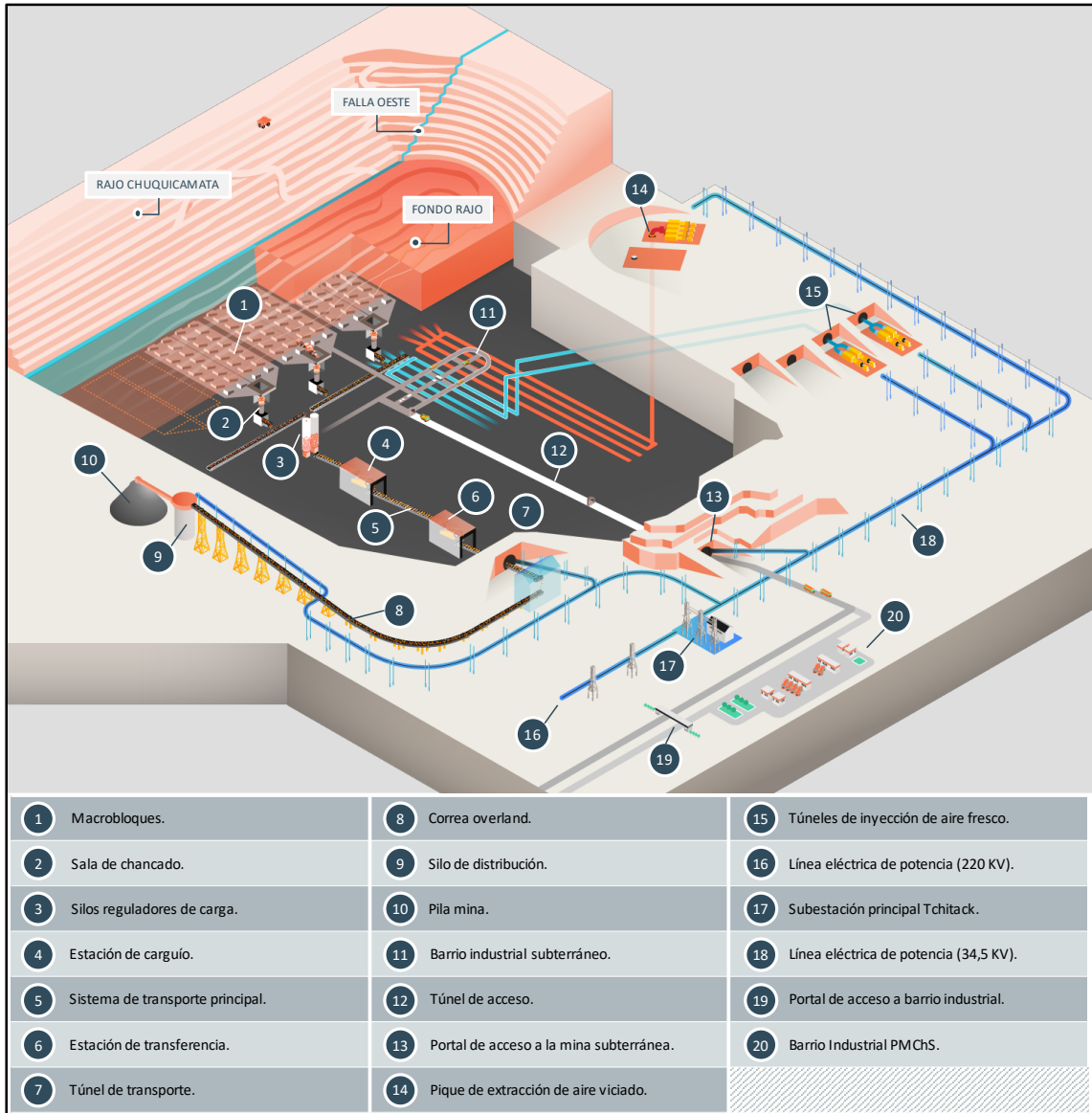
En la Tabla 3.10, se presentan los principales contratos de soporte asociados a la ejecución del PMChS, estos contratos corresponden a contratos de ingeniería y servicios. Debido a la gran cantidad de contratos de este grupo, se muestra solo un extracto de ellos.

**Tabla 3.10: Contratos de Soporte PMChS.**

Grupo de Trabajo	#	Unidad de Gestión	Nombre	ID	Tipo
Operación y Mantenimiento	1	Soporte	Sistemas Eléctricos OIM	EPC339	EPC
Facilidades Constructivas	2		Normalización de servicios Eléctricos OIM	CS403	S
Operación y Mantenimiento	3		Sistema Ventilación Principal y Secundaria	CS361	S
Apoyo al CM	4		Administración y Manejo de Bodega Codelco	CS316	S
Apoyo a la Construcción	5		Topografía 2015 – 2018	CS358	S
Puesta en Marcha	6		Soporte al proceso de Puesta en Marcha	CS018	S
Apoyo a la Construcción	7		Construcción Comedor Instalación de faena Contratista	EPC337	EPC
Servicios	8		Servicio de atención primaria de salud	CS344	S
Servicios	9		Transporte personal I	CS326	S
Servicios	10		Ampliación campamento VP Zona Norte	CS440	C
Consultorías, Asesorías y Revisiones	11		Análisis de M&C Infraestructura de Servicios y Suministros	CE011	S
Ingeniería	12		Ingeniería de Detalle Etapa I	EO00A	E
Ingeniería	13		Ingeniería de Detalle Etapa II	EO00B	E
Caving	14		Ingeniería y Modelamiento Comportamiento del Caving	CE060	E
Caving	15		Simulación Geo-estructural 3D/FH	CE061	E
Caving	16		Estudios y Análisis Esfuerzos Inducidos	CE062	E
Caving	17		Ingeniería y Modelamiento Tronadura Confinada	CE063	E
Ingeniería	18		Ingeniería de Continuidad	CE022	E

**Fuente:** Codelco, 2016.

En la Figura 3.6 se muestran las principales obras y trabajos asociados a los distintos grupos de gestión del PMChS descritos en la sección anterior.



**Figura 3.6: Obras y Trabajos del PMChS.**  
Fuente: Codelco, 2016.

#### 4. ANTECEDENTES DEL CASO BASE

En la fase inversional del Proyecto, es decir, durante la ejecución de los primeros tres macrobloques, cabe destacar la diferencia significativa generada entre el CAPEX estimado por Codelco (MM USD 289) y el valor de las ofertas (MM USD 703) para el contrato (CC-010) a cargo de la construcción de los macrobloques centrales. Ello significó declarar el proceso de licitación desierto y tomar medidas de mitigación para no afectar la ruta crítica del Proyecto.

En la Tabla 4.1 se visualizan las diferencias entre las ofertas de mercado y el valor estimado por Codelco (Capex).

**Tabla 4.1: Diferencias entre ofertas de mercado y CAPEX**

Contrato	Presupuesto base	Proceso declarado desierto	Nuevas ofertas
CC -10	289	703	541
CC -13	284	847	761

Fuente: Codelco, 2016.

En consecuencia, hubo que replantearse aspectos relevantes (requerimientos en las bases de licitación), las que se describen en la Tabla 4.2:

**Tabla 4.2: Cambios relevantes en aspectos comerciales.**

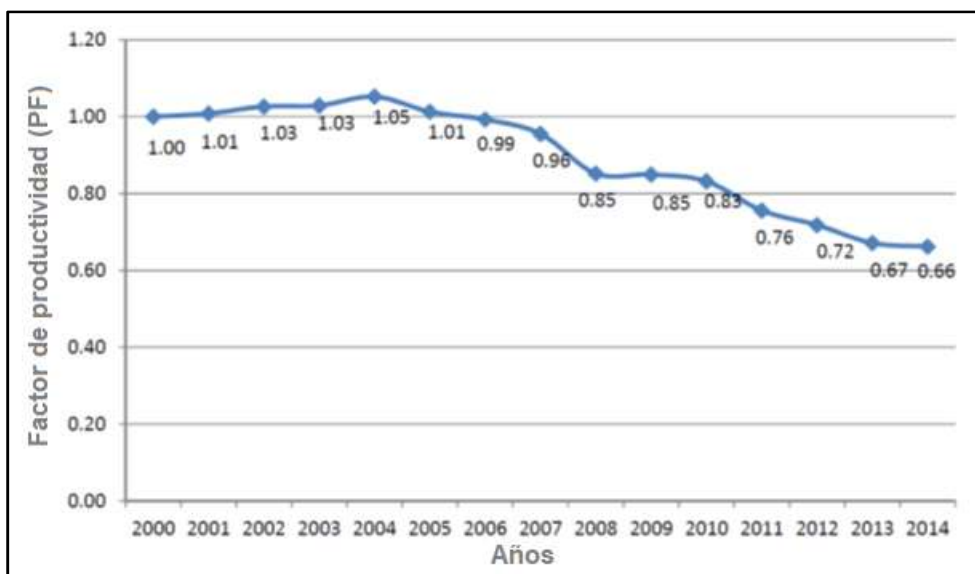
Conceptos	Nuevas Condiciones	Licitación Anterior
<b>Garantías</b>	Solo por fiel cumplimiento: 5%. Disminuye según avance.	Por seriedad de la oferta: 1%; correcta ejecución: 5% y fiel cumplimiento: 3%.
<b>Cierre Parcial</b>	Finiquitos parciales cada año.	Sin finiquitos.
<b>Límite Máximo de Responsabilidad</b>	15% del monto del contrato.	Sin límites.
<b>Multas</b>	Multas por hitos anuales.	Por incumplimientos varios (término, hitos, movilización, medidas de seguridad, por ausencia personal clave).
<b>Incentivos</b>	(a) por productividad a trabajadores y (b) por adelantamiento del programa anual o hitos relevantes.	No existen incentivos.
<b>Forma de Pago</b>	Pago G.G: 50% fijo y 50% según avance. Anticipo negociable con adjudicado.	Pago G.G: según avance físico. Anticipo: 10%, devolución en cuotas antes del 50% de avance.
<b>Reajustes</b>	Polinomio propuesto por el contratista (IPC, índice de remuneraciones, acero, cemento, petróleo y dólar).	100% IPC semestral sobre monto de estados de pago (descontado anticipo).

Fuente: Codelco, 2016.

Es importante mencionar que la ejecución del Proyecto se encontró inserto en un período donde la industria minera nacional, venía mostrando bajas de productividad y aumento de salarios. La brecha entre aumento de salarios y productividad y el cambio a jornadas laborales 1x1 podría representar un incremento de 35% en el costo<sup>8</sup>.

En la Figura 4.1 se aprecia durante el período 2004-2014, una disminución en la productividad con una tasa promedio de un 2,8% anual.

<sup>8</sup> Fuente: diagnóstico de la competitividad de la industria minera en Chile/ Mc Kinsey, consejo minero, 2012.



**Figura 4.1: Productividad Total de los factores (PTF), año base 2000.**

**Fuente:** Zúñiga, basado de Productividad en la minería chilena y análisis de sus principales factores explicativos a nivel de firma, 2016.

Considerando las diferencias significativas entre las ofertas de mercado y el valor estimado por Codelco (Capex) y para evitar que se repitan, resulta fundamental determinar los siguientes aspectos:

- Desarrollar un benchmark para contratos de similar naturaleza.
- Analizar y evaluar alternativas de contratación para el desarrollo minero de los macrobloques incluidos en el Plan de Continuidad del Proyecto.
- Proponer un modelo de contrato eficiente.
- Identificar la estructura de costos del Contratista Referente en contratos de similar naturaleza.
- Proponer una estrategia de negociación para contratos de similar naturaleza.

## **5. BENCHMARK DE OBRAS MINERAS EN PROYECTOS DE SIMILAR NATURALEZA**

La Vicepresidencia de Proyectos de Codelco se encuentra ejecutando otro de los Proyectos Estructurales de Codelco de similar naturaleza como es el Proyecto Nuevo Nivel Mina - Andes Norte.

El Proyecto Estructural Nuevo Nivel Mina (PNNM), durante el periodo 2011-2015 y a causa de situaciones relacionadas con eventos geomecánicos, tuvo que replantearse desde un concepto de ejecución greenfield a uno brownfield.

El Proyecto Andes Norte nace, posteriormente, a partir de replanteamiento del PNNM y corresponde básicamente a una mina más dentro de las varias que administra la División El Teniente, utilizando la mayoría de la infraestructura de la División, pero creando un

nuevo sistema de Manejo de Materiales basado en un sistema de correas transportadoras (Figura 5.1).

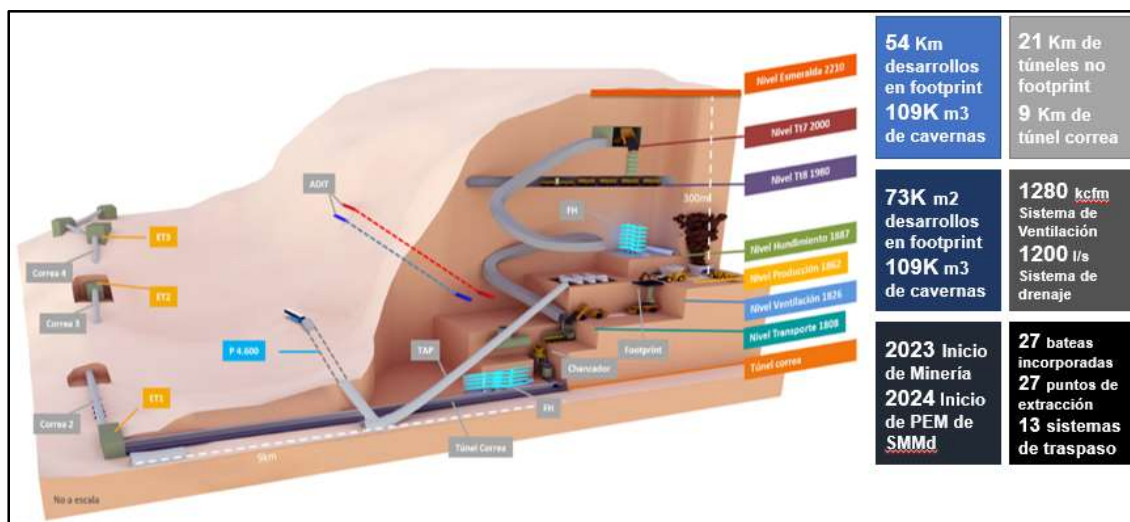


Figura 5.1: Requerimientos (El Qué), Alcance Proyecto Andes Norte.

Fuente: Codelco, 2018.

## 5.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS DEL REFERENTE EN CONTRATOS DE DESARROLLO DEL AREA CONSTRUCTIVA DE LA MINA

Destacamos que este benchmark considera principalmente el estudio de la oferta adjudicada para la construcción del área productiva (desarrollos en footprint) de la futura mina subterránea “Andes Norte” de la División El Teniente.

La oferta adjudicada pertenece a la empresa que fue el “Referente en Productividad en el Proyecto Chuquicamata Subterránea” para las obras asociadas a la construcción del área productiva de la mina.

Considerando que el plan de continuidad de la mina Chuquicamata Subterránea es habilitar 9 macrobloques para el área productiva de la mina Chuquicamata Subterránea, actualmente en operación, resulta relevante estudiar la estructura de costos del referente en productividad para este tipo de contratos.

Es importante destacar que el referente, gracias a su aprendizaje de productividad, logró incorporar sus lecciones en los precios unitarios y, finalmente, adjudicarse el contrato de construcción de macrobloques en el Proyecto Andes Norte en el año 2019.

De tal modo, es relevante identificar palancas para capturar menores costos para Codelco, basado en la estructura de costo del referente y considerando el conocimiento y experiencia que esta empresa ya ha logrado adquirir en construcción de macrobloques en el PMChS y, actualmente, en el PAN-NNM.

Este benchmark considera la oferta adjudicada del Referente en el PMChS en un escenario previo a la obtención de sus logros en productividad y la compara con la oferta adjudicada en el PAN-NNM de la División El Teniente, donde el Referente internaliza en

sus costos, la productividad lograda durante la construcción de los macrobloques centrales en el PMChS.

Es importante identificar, para efectos del benchmark, cuáles son los parámetros más relevantes o incidentes en el monto adjudicado de un Contrato que tiene como encargo la preparación de macrobloques.

En la Tabla 5.1 se muestra, a nivel desagregado, el monto adjudicado del Contrato que construyó los macrobloques centrales en el PMChS:

**Tabla 5.1: Desglose de partida oferta económica contrato CC-10 PMChS año 2016**

Ítem	Monto (UF)	% Incidencia total adjudicado
Desarrollos horizontales (dhz)	5.721.706	46%
Desarrollos verticales (dv)	970.268	8%
Marinas	727.557	6%
Gastos generales	2.705.276	22%
Utilidades	1.235.381	10%
Otros	993.626	8%
<b>Monto total adjudicado</b>	<b>12.353.814</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Según la Tabla 5.1, el Contrato Principal adjudicado en el PMChS, los ítems que explican mayor incidencia (mayor al 80%) respecto del monto adjudicado del Contrato, son los desarrollos horizontales (46%), marinas (6%), gastos generales (22%) y utilidades (10%).

En el caso del Proyecto Andes Norte, según la Tabla 5.2 existe una configuración semejante respecto a los ítems con mayor incidencia en el monto adjudicado del Contrato Principal, que incluye desarrollos horizontales (32%), marinas (3%), gastos generales (20%) y utilidades (10%).

Se destaca que para ambos casos se trata de una misma empresa, por lo que, a continuación, se revisará la estructura de costos del Referente en dos proyectos subterráneos de similar naturaleza para aquellos parámetros de mayor incidencia.

**Tabla 5.2: Desglose de partida oferta económica contrato CC-81 PAN-NNM año 2019.**

Ítems	Monto (UF)	Monto (CLP)	% Incidencia total adjudicado
Desarrollos horizontales (dhz)	2.749.103	75.721.619.700	32%
Desarrollos verticales (dv)	326.211	8.985.193.379	4%
Marinas	230.761	6.356.111.139	3%
Gastos generales	1.714.274	47.218.166.720	20%
Utilidades	563.194	15.512.690.862	6%
Otros	3.108.681	85.625.888.755	36%
<b>Monto total adjudicado</b>	<b>8.692.224</b>	<b>239.419.670.555</b>	<b>100%</b>

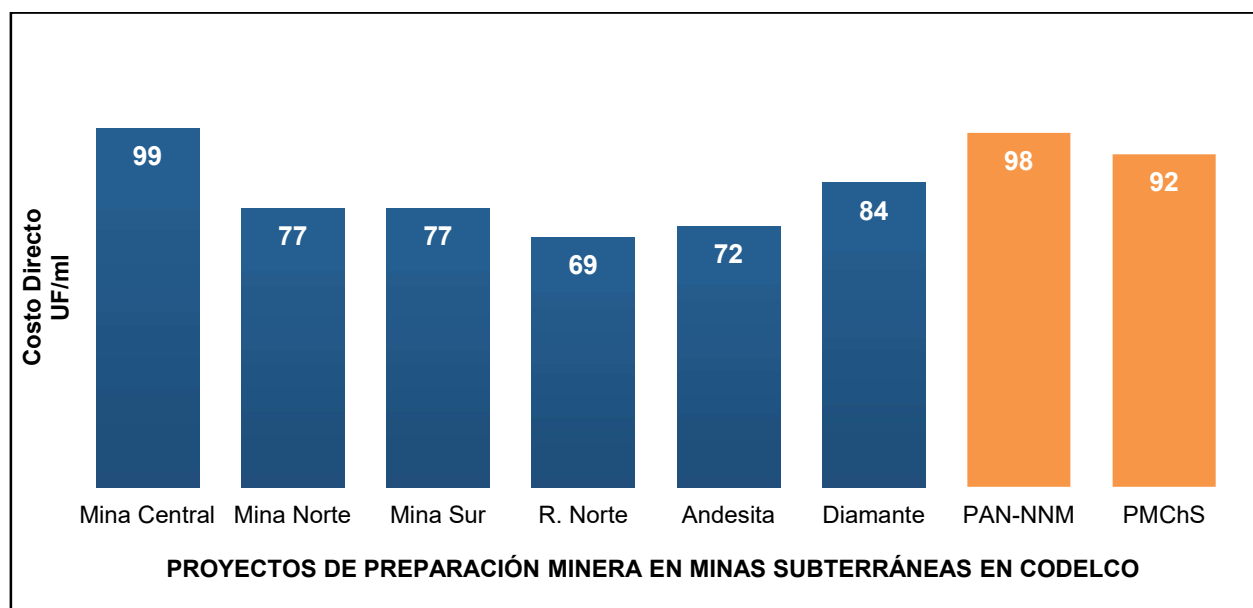
Fuente: Elaboración Propia, 2020.

### 5.1.1. ESTRUCTURA DE COSTOS DEL REFERENTE EN CONTRATOS PRINCIPALES

El contrato de preparación de macrobloques para la construcción del área productiva de la mina subterránea de la División Chuquicamata fue el primero de muchos contratos de

este tipo que se adjudicarán, considerando el Plan de Continuidad del PMChS. Sin embargo, en la División El Teniente (DET), ya se han construido varias minas a lo largo de décadas y, en consecuencia, podemos utilizar para nuestros análisis datos que serán referenciales.

En la Figura 5.2 se incluye el precio unitario de los desarrollos horizontales en diversas minas de la DET y se compara con los precios adjudicados por el Referente en el PMChS y PAN-NNM.



**Figura 5.2: Precio unitario de los desarrollos horizontales.**

Fuente: Codelco, 2019.

Los valores, mínimo, máximo y promedio, para los desarrollos horizontales (Dhz), se muestran en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3: Rango de valores para el costo directo de desarrollo horizontales.**

Valores	Costo directo (UF/ml)
Mínimo	69
Máximo	99
Promedio	83,5
Desviación	11,6

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

En ambos Proyectos (PAN-NNM y PMChS), los precios unitarios para los desarrollos horizontales corresponden a los precios ofertados por una misma empresa, la cual fue el Referente de productividad del PMChS.

Por ello, mediante el análisis y comparación de la estructura de costos del Referente en ambos proyectos, se identificarán palancas para capturar ahorros en los contratos principales futuros en el Plan de Continuidad del PMChS.



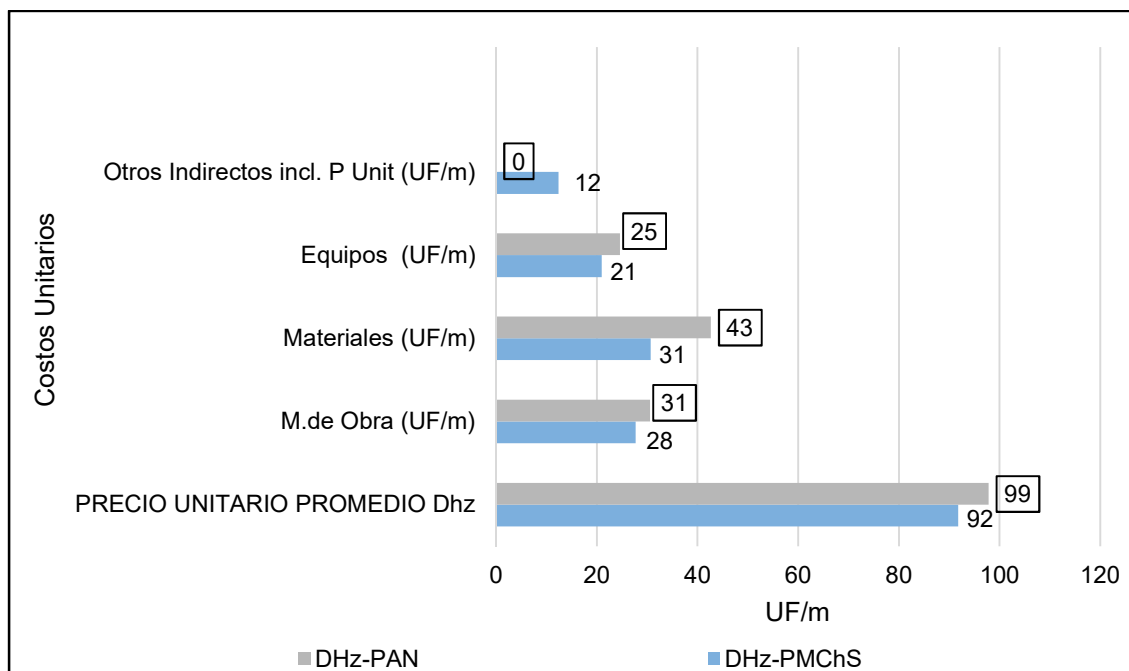
El análisis comparativo de los costos de la mano de obra, materiales y equipos para la ejecución de los desarrollos horizontales en ambos proyectos esto es PAN-NNM y PMChS, según lo indicado en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4: Análisis comparativo de los costos de la mano de obra, materiales y equipos.**

Item	Unidad	Cantidad PAN-NNM	Cantidad PMChS	Total PAN-NNM	Total PMChS
<b>Desarrollos horizontales (dHz)</b>	m	28.111	62.322	-	-
<b>Horas-hombre</b>	H-H	2.254.301	4.124.640	-	-
<b>Rendimiento unitario</b>	H-H/m	80	66	-	-
<b>Desglose precio unitario (dHz)</b>					
M. De obra	UF	-	-	858.739	1.726.616
Costo unitario m.de obra	UF/m	-	-	31	28
Materiales	UF	-	-	1.198.849	1.914.489
Costo unitario materiales	UF/m	-	-	43	31
Equipos	UF	-	-	691.515	1.306.510
Costo unitario equipos	UF/m	-	-	25	21
Subcontratos	-	-	-	0	0
Total costo directo (TCD)	UF	-	-	2.749.103	4.947.615
CD unitario	UF	-	-	98	79
Total costo indirecto (TCI)	UF	-	-	-	774.091
CI unitario	UF	-	-	-	12
<b>Precio unitario promedio Dhz</b>	UF	-	-	98	92

**Fuente:** Elaboración propia, basado de Licitaciones del PMChS año 2016 y PAN - NNM 2018 (Codelco), 2018.

En relación con los costos unitarios y gastos generales de la empresa referente para obras de similar naturaleza en el PMChS y PAN-NNM, se observa su desglose en la Figura 5.3.



**Figura 5.3: Estructura de Costo para desarrollo horizontales de la empresa Referente.**

**Fuente:** Elaboración Propia, 2020.

En relación con los precios unitarios y a la búsqueda de oportunidades de menores tarifas para adjudicar en los contratos principales de minería para la continuidad del PMChS (a pesar de que los costos unitarios comparativos en el PAN- NNM) respecto de la mano de obra, equipos y materiales, son mayores que en el PMChS, eso no significa que no hay opciones de capturar ahorros. En efecto, sólo indicar que, si se refiere sólo al PMChS, los precios unitarios futuros debiesen ser ajustados respecto de aquellos adjudicados el año 2016, considerando que el Referente ha capturado en sus rendimientos la mayor productividad y, en consecuencia, se espera un menor precio unitario producto del aprendizaje y la experiencia logrados.

En relación con los gastos generales en la Tabla 5.5, se muestra la estructura asociada a los gastos generales de la empresa Referente.

De la Tabla 5.5 se infiere que la empresa Referente consideró imprevistos en la oferta económica del contrato adjudicado el año 2016 en el PMChS y, sin embargo, no consideró estos imprevistos en la oferta económica del contrato que se adjudicó el año 2019 en el PAN-NNM, ya que, incorpora el aprendizaje de productividad del PMChS (considerándolo en los precios de la oferta económica del PAN-NNM) y en un alcance menor al del PMChS.

La comparación de la empresa Referente con otras empresas en la División El Teniente (DET) se muestra en la Tabla 5.6.

**Tabla 5.5: Estructura asociada a los gastos generales de la empresa Referente.**

Ítem	Unidad	Cantidad PAN-NNM	Cantidad PMChS	Total UF PAN-NNM	Total UF PMChS
<b>Gastos generales del contrato</b>					
<b>Plazo de ejecución</b>	M	39	56	-	-
<b>Dotación promedio mes</b>	Hombre-mes	249	385	-	-
Organización					
Dirección	Hombre-mes	1	2	14.045	41.006
Supervisión	Hombre-mes	61	50	286.188	463.510
Oficina técnica y p&c	Hombre-mes	27	23	110.700	162.690
Sso, ma, calidad	Hombre-mes	18	27	70.635	223.119
Administración, abastecimiento y logística	Hombre-mes	35	56	86.673	326.103
Servicios (mantención y otros)	Hombre-mes	107	226	198.961	879.684
Equipos, fletes, combustible	GI	-	-	34.273	55.552
Oficina de terreno	GI	-	-	92.912	214.643
Otros costos y subcontratos	GI	-	-	8.015	16.805
<b>Total gastos generales de obra</b>	GI	-	-	902.402	2.383.113
<b>Gastos de oficina central</b>	GI	-	-	388.753	409.300
<b>Costos financieros</b>	GI	-	-	311.745	72.711
<b>Imprevistos</b>	GI	-	-	0	308.845
<b>Total de gasto general promedio - mes</b>	-	-	-	41.100	56.678

**Fuente:** Elaboración propia, basado de Licitaciones del PMChS año 2016 y PAN - NNM 2018 (Codelco), 2018.

**Tabla 5.6: Comparación de la empresa Referente con otras empresas en la DET.**

Nombre	División	Modalidad	Plazo	PU + Utilidad [\$]	Gastos Generales (GG) [\$]	GG PU+UTIL
Obras Mineras y Civiles Niveles Principales (El Referente)	El Teniente	PU y GG y Utilidad a sumaalzada	39	175.483.157.871	47.218.166.720	27%
Obras Mineras Sistema de Chancado	El Teniente	PU y GG y Utilidad a sumaalzada	32	50.123.149.123	14.228.717.780	28%
Túneles	El Teniente	PU y GG y Utilidad a sumaalzada	25	104.022.690.487	26.713.095.314	26%
Obras Acceso y Facilidades Constructiva Diamante y Andesita	El Teniente	PU Utilidad incluida + GG a sumaalzada	40	124.971.783.637	26.403.170.544	21%
Obras de Preparación Minera: Mina Norte UCL - NP y SNS - NA Minas Dacita, Reservas Norte y Panel Reno	El Teniente	PU Utilidad incluida + GG a sumaalzada	15	37.664.503.545	5.633.375.504	15%
Obras de Preparación Minera: Mina Sur: Sectores Pacífico Superior y Diablo Regimiento	El Teniente	PU Utilidad incluida + GG a sumaalzada	23	31.472.884.657	5.973.244.365	19%
Obras de Preparación Minera y Construcción Mina Central (UCL - NP - NA - SNV)	El Teniente	PU Utilidad incluida + GG a sumaalzada, Indirectos en el precio	29	91.803.911.600	17.818.419.190	19%
Esmeralda largo plazo	El Teniente	PU Utilidad incluida + GG a sumaalzada	40,5	49.307.424.982	12.292.575.018	25%
Desarrollos Subniveles Superiores en MB's y de Barrio Industrial Norte (El Referente)	Chuquicamata	PU y GG y Utilidad a sumaalzada	56	247.283.256.506	69.333.758.754	28%

Fuente: Elaboración propia, basado de Licitaciones del PMChS año 2016 y PAN - NNM 2018 (Codelco), 2018.

Con base en la Tabla 5.6, los valores mínimo y máximo para los gastos generales se muestran en Tabla 5.7.

**Tabla 5.7: Valores mínimo y máximo de Gastos Generales.**

Gastos generales	Min	Max
G.Generales/ (PU+UTIL)	15,0%	28,0%

Fuente: Elaboración propia, basado de Licitaciones del PMChS año 2016 y PAN - NNM 2018 (Codelco), 2018.

Por lo tanto, se concluye que los gastos generales en los contratos ejecutados por la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco son mayores a los ejecutados por la División El Teniente.

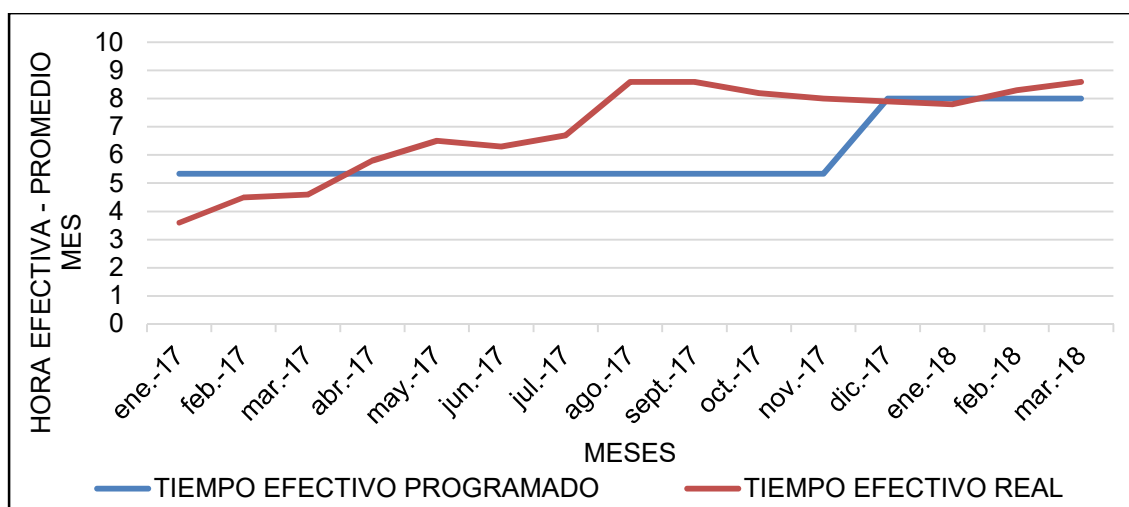
## 5.2. TIEMPO EFECTIVO Y TASA MENSUAL DE DESARROLLOS EN CONTRATOS DE SIMILAR NATURALEZA

Teniendo como foco capturar aumentos en la productividad y capturar potenciales ahorros en contratos que tienen como alcance la preparación minera de los macrobloques, se identifican los siguientes riesgos relevantes:

- Horas efectivas por turno.
- Disparos/ días (Tasa Mensual de desarrollos)
- Condiciones mina (servicios mina, accesos e infraestructura).

Los riesgos asociados a las horas efectivas por turno y la tasa mensual de desarrollos mineros son riesgos operativos de responsabilidad del Contratista, por otra parte, aquellos asociados a las condiciones mina son riesgos asumidos por Codelco.

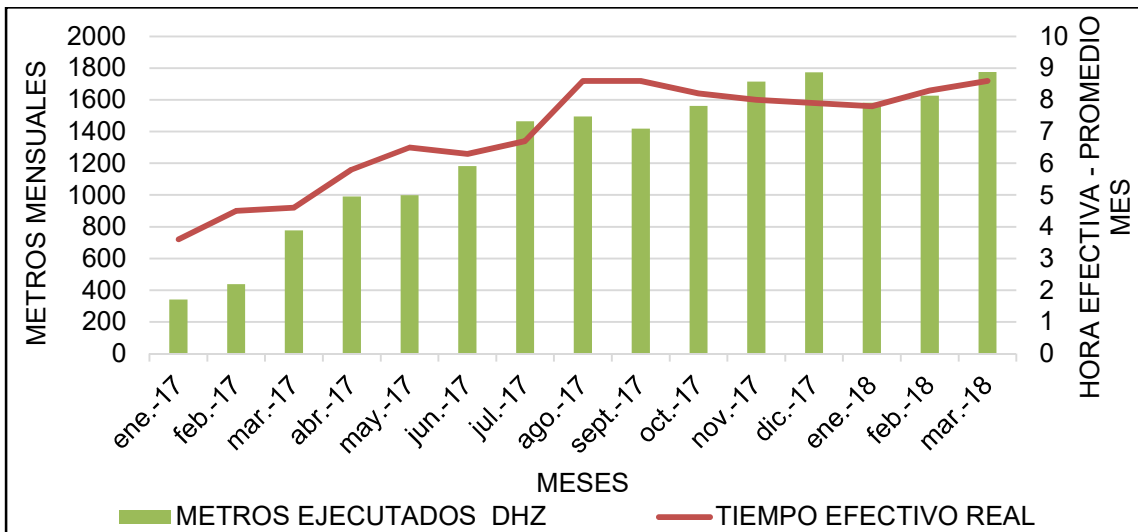
En la Figura 5.4 se muestra el performance en Productividad logrado por la empresa Referente, donde a partir de agosto de 2017 se logran superar las 8 horas efectivas promedio mensual, esto principalmente a causa de la habilitación definitiva del acceso a las obras interior mina, a través del Túnel de Acceso Personal (TAP).



**Figura 5.4: Horas efectivas versus promedio mes, desde el Ramp Up en PMChS.**

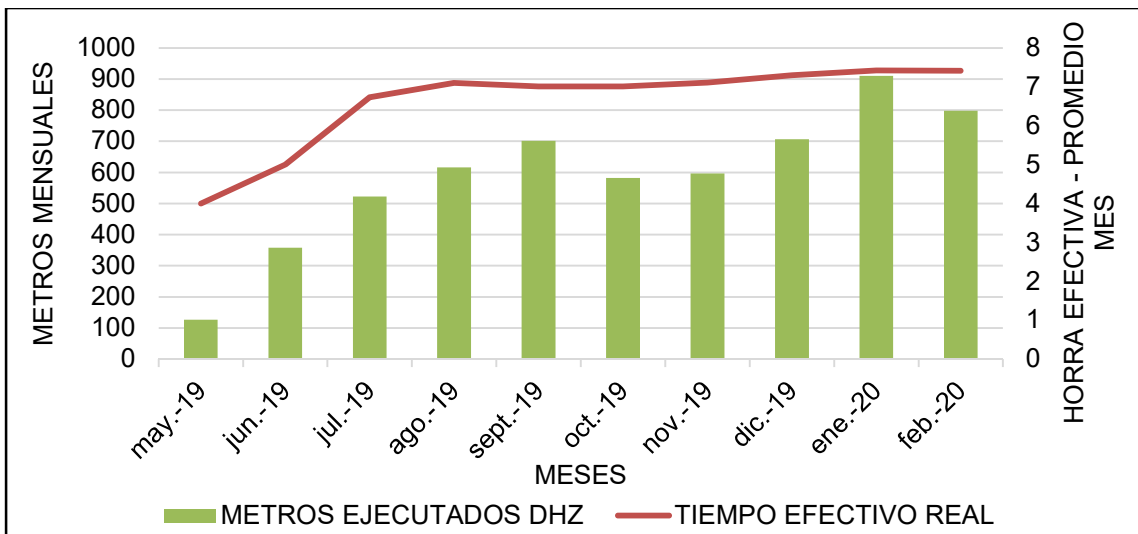
Fuente: Elaboración propia, basado de Gestión de Contratos PMChS, 2019.

En la Figura 5.5 se observa el tiempo efectivo y su efecto en la tasa mensual de desarrollos horizontales (Dhz) ejecutados.



**Figura 5.5: Horas efectivas versus Desarrollos horizontales ejecutados en Contrato CC-10.**  
Fuente: Elaboración propia, basado de Gestión de Contratos PMChS, 2019.

Otro efecto para considerar es el de las condiciones mina sobre los desarrollos mineros. En la Figura 5.6 se muestra el efecto de las condiciones mina en la productividad del Referente. En particular en el Proyecto Andes Norte se logró alcanzar las 7 horas efectivas promedio mensual a partir de agosto de 2019, sin embargo, por un período de tiempo de tres meses, se produce una disminución en la tasa mensual de desarrollos horizontales, causado principalmente por las condiciones mina.



**Figura 5.6: Horas efectivas versus Desarrollos horizontales ejecutados en Contrato CC-81.**  
Fuente: Elaboración propia, basado de Gestión de Contratos PAN – NNM, 2020.

Cabe mencionar que las condiciones mina, corresponden a una serie de requerimientos de logística y servicios en interior mina y el no cumplimiento de estos o variaciones en la magnitud de dichos requerimientos, afectará los rendimientos programados del Contratista y, en consecuencia, su productividad. Un ejemplo de estos requerimientos son los que se muestran en la Tabla 5.8.

**Tabla 5.8: Ejemplo de Requerimientos de logística y servicios.**

Requerimientos	Magnitud	Observaciones
Agua Industrial	1.650 m3/día	• Responsabilidad de Codelco
Drenajes	Gestionar eliminación de contaminantes terceros	
Ventilación	Inyección 1.061 kCFM Extracción 1.049 kCFM	• Responsabilidad de Codelco: Dependencia de mantenimiento sistemas y ejecución de proyectos.
Infraestructura y Transporte	Según curva de incorporación	• Responsabilidad de Codelco: se debe asegurar movilidad y espacio de infraestructura (comedores, casas de cambio, etc).
Energía Eléctrica	6.100 KVA	• Responsabilidad Conjunta: dependencia en el desarrollo del proyecto eléctrico de Zublin (completar SSEE, etc).
Disponibilidad de Frentes	43 frentes/día	• Responsabilidad de Codelco por ser ejecutor del Plan Mensual de Obras: 43 frentes disponibilidad continúa sujeto a restricciones de sismicidad, hidrofracturamiento, ventilación, capacidad de vaciado de marinas.
		• Responsabilidad de Zublin: Dependencia de liberación oportuna de marina y planificación operativa por parte de Zublin.
Disponibilidad de Piques de Vaciado	• Responsabilidad de Codelco (capacidad de vaciado marina generada en el turno para no acumular marinas en los acopios y evitar acumular marinas en frentes).	
Shotcrete	• Responsabilidad de Zublin	
Efectividad Disparo	3,3	• Responsabilidad de Zublin

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En conclusión, teniendo como foco la productividad, el Referente ha conseguido tiempo efectivos mayores a 8 horas por turno (Figura 5.5), bajo el supuesto que se está dando cumplimiento a los demás factores como las condiciones mina y la gestión operativa del contratista.

### 5.3. PRINCIPALES INDICADORES DE GESTIÓN DEL REFERENTE EN MATERIAS DE PRODUCTIVIDAD

En relación con la productividad, el Referente (adicional a las horas efectivas programadas en el turno) ha considerado diversos indicadores de gestión, según se muestran en la Tabla 5.9. Estos indicadores se han considerado bajo escenarios de alta complejidad como puede llegar a ser el Proyecto Andes Norte en la División El Teniente, donde se están construyendo minas en niveles inferiores a las existentes (como escenarios de menor complejidad) como fue la construcción del primer nivel de la mina Chuquicamata subterránea.

**Tabla 5.9: Principales KPI del referente en proyectos Andes Norte y Chuquicamata Subterráneo.**

<b>Consideraciones de la oferta del referente</b>	<b>PAN-NNM</b>	<b>PMCHhS</b>
<b>Metros mes (peak)</b>	1.178	1.800
<b>Metros mes (media)</b>	888	1.400
<b>Disparos día (peak)</b>	11,7	17,6
<b>Disparos día (media)</b>	8,8	13,9
<b>Disparos/jumbo/día (peak)</b>	2,2	2,6
<b>Disparos/jumbo/día (media)</b>	1,7	2,3
<b>Nro. Jumbos de avance</b>	6+ 1 Std By	6+ 1 Std By
<b>Avance/disparo (metros)</b>	3,3	3,6

Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### **5.4. SUBCONTRATACIÓN DESARROLLOS VERTICALES**

En materia de subcontratación, se observa que desde el año 2011 en adelante los contratos mineros adjudicados a las diferentes empresas constructoras, ya sea en el Proyecto Chuquicamata Subterránea o en el Proyecto Andes Norte, han subcontratado los desarrollos verticales.

En consecuencia, las empresas constructoras en el mercado de minería subterránea poseen como su competencia distintiva la ejecución de los desarrollos horizontales.

Esta competencia distintiva, por la cual las empresas constructoras se diferencian en los procesos de licitación, será relevante para realizar el análisis de la estrategia de contratación.

#### **5.5. PRINCIPALES CAUSAS DE INCREMENTO EN EL COSTO DE LOS CONTRATOS**

A continuación, se listan las principales causales de crecimiento en montos adjudicados en contratos de minería subterránea, ya sea en Proyectos ejecutados en la División El Teniente (Proyecto Nuevo Nivel Mina) como en el proyecto Ejecutado en el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea (PMChS).

En la Tabla 5.10 se muestra que el porcentaje de crecimiento promedio en los contratos mineros es del orden de un 11%, donde las principales causas son atribuibles a interferencias, cambios de diseño, cambios geológicos, geomecánicos y eventos de fuerza mayor entre otros.

**Tabla 5.10: Principales causales de incremento en el monto de los contratos.**

<b>Causal de crecimiento en el monto adjudicado del contrato</b>	<b>Descripción</b>	<b>PNNM</b>	<b>PMChS</b>
<b>Geomecánicos</b>	Asociados a sismicidad, tales como: Stand-by por aislaciones o retrasos en re-ingresos	2,6%	0,0%
<b>Geológicos</b>	Asociados a cambios de fortificación por cambio en condiciones geológicas	2,7%	0,9%
<b>Disponibilidad de Pique</b>	Stand-by equipos de marina y re-acarreos	1,1%	0,2%
<b>Recursos aportados por Codelco</b>	Demoras o atrasos en entrega de aportes, agua, aire, energía, topografía, casa de cambio, explosivos, etc	1,6%	1,7%
<b>Cambios de Diseño</b>	Asociados a completitud de la ingeniería e ingeniería de valor	1,1%	1,8%
<b>Atrasos de la Ingeniería</b>	Asociados a demoras en entrega de ingeniería Rev.0 o atrasos en respuestas a RFI	0,1%	0,1%
<b>Efectos climáticos o Fuerza Mayor</b>	Asociados a paralizaciones temporales, demoras en re-ingresos, pérdidas del contratista, etc	2,2%	0,0%
<b>Interferencias varias</b>	Asociado a interferencias tales como: otros contratistas, carretera, bloqueos, accesos, etc	0,8%	0,8%
<b>Otras causales de compensaciones</b>	Otras causales no contenidas en el listado	3,3%	2,2%
<b>% Crecimiento promedio en contratos mineros</b>		<b>15,4%</b>	<b>7,8%</b>

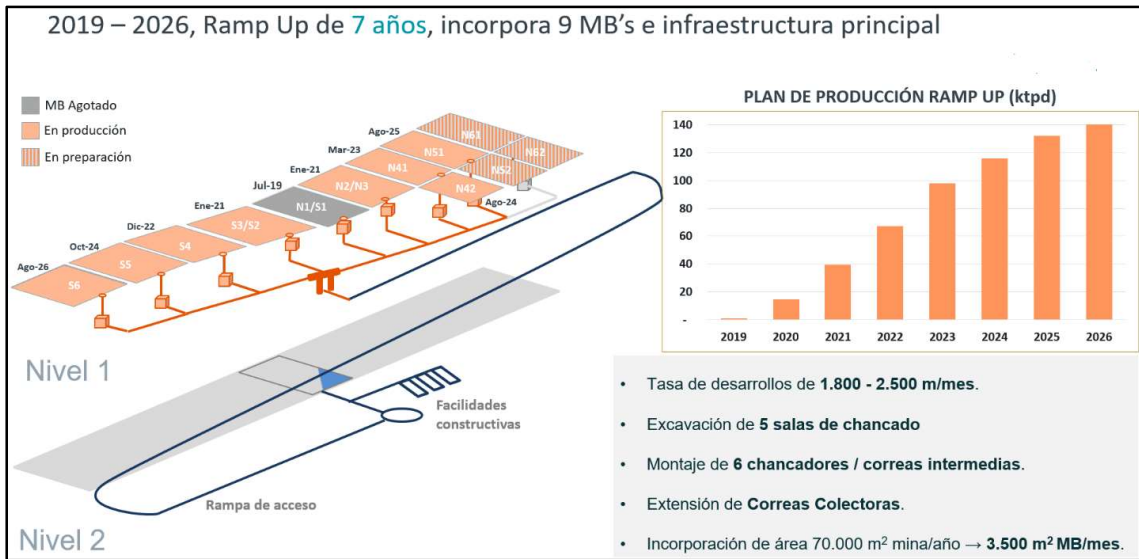
Fuente: Codelco, 2018.

## **6. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN PARA EL RAMP UP DEL PROYECTO**

El plan de continuidad del Proyecto Chuquicamata Subterránea considera la extensión del primer nivel de la mina subterránea, esto significa la preparación minera de 97 km aproximadamente de excavaciones de túneles de media sección (menor a 25 metros cuadrados), que en volumen de obra es mayor a la preparación minera realizada en los macrobloques centrales ejecutados en el API inversional.

En la Figura 6.1 se muestra el Plan de Continuidad del Proyecto Chuquicamata Subterránea (Ramp Up) que tendrá una duración de 7 años y sus obras se ejecutarán en el período 2019-2026, donde se incorporarán 9 macrobloques adicionales, a los macrobloques centrales ya construidos e inaugurados en agosto del año 2019.





**Figura 6.1: Alcance del Ramp Up Proyecto Chuquicamata Subterránea.**  
Fuente: Codelco, 2019.

El Ramp Up de siete años, período comprendido entre los años (2019-2026), incorpora nueve macrobloques adicionales e infraestructura principal que permitirá alcanzar 140 ktpd y su inversión se estima en USD 2.600 millones.

La estrategia de ejecución para la continuidad del proyecto definió las siguientes cantidades de obra a ejecutar para la construcción del área productiva:

1. 97 km en Desarrollos horizontales en footprint.
2. 5 salas de chancado (90.772 metros cúbicos de excavaciones mayores).
3. 4.055 metros de desarrollos verticales para piques de extracción.
4. 6.511 metros cúbicos de desquinces.
5. 9.718 metros cuadros de carpetas de Rodado.

En la Tabla 6.1 se muestran las principales cantidades de obra para la construcción del área productiva de la mina.

Al comparar las cantidades de obras entre el proyecto de continuidad del PMChS y el PAN-NNM, la única diferencia corresponde a la construcción de cavernas (excavaciones mayores).

**Tabla 6.1: Principales cantidades de obra para la construcción del área productiva de la mina.**

Item de obra	PMChS		PAN-NNM
	Unidad	Cantidad	Cantidad
<b>Desarrollos horizontales (Dhz)</b>	m	97.000	28.111
<b>Desarrollos verticales (Dv)</b>	m	4.055	4.179
<b>Excavaciones mayores</b>	m <sup>3</sup>	90.772	0
<b>Desquinces</b>	m <sup>3</sup>	6.511	7.234
<b>Carpetas de rodado</b>	m <sup>2</sup>	9.718	5.500

**Fuente:** Elaboración propia, basado de Plan de Continuidad del PMChS 2019 y Licitación PAN - NNM 2018, 2019.

Considerando el cuadro de cantidades de obra de la Tabla 6.1, resulta clave el rol del área de contratos, respecto al involucramiento temprano en la estrategia de contratación del alcance requerido.

El volumen total de obras requerido para los desarrollos horizontales (Dhz), para la continuidad del PMChS, conforme a la Tabla 6.1 es 97 km, no obstante, desde el punto de vista de la estrategia de contratación, resulta económicamente atractivo contratar menores volúmenes, según la estrategia de contratación del Proyecto Andes Norte (PAN-NNM). Por ello, una estrategia de contratación es dividir la construcción del footprint hacia el norte y el sur de los macrobloques centrales ya construidos, incrementando la competencia y evitando depender de un único contratista para construir el footprint de la mina.

## **6.1. ESTRATEGIAS DE CONTRATACIÓN ACORDE A LA RELACIÓN RIESGOS Y COSTOS**

En esta sección se pretende desarrollar una evaluación, desde una mirada contractual, para las alternativas de contratación que pudieran ser más convenientes según la relación riesgos/costos, tomando en consideración volúmenes de obra atractivos para las empresas contratistas y sus principales consideraciones para ejecutar los desarrollos mineros en footprint.

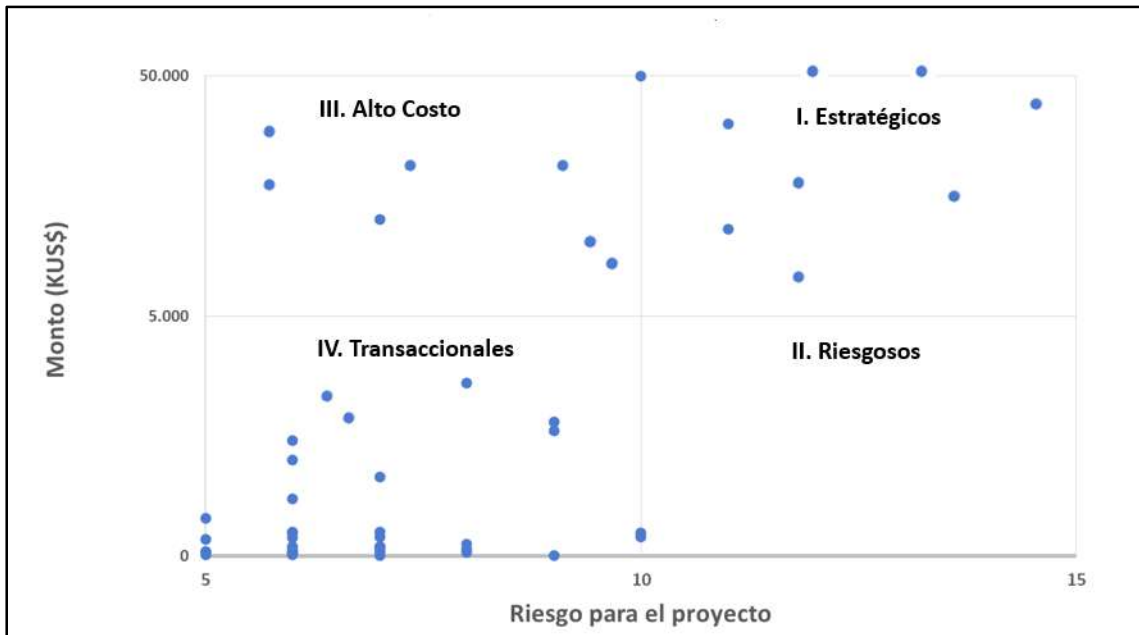
Esta evaluación tiene como objetivo representar, de manera simplificada, cuál es la conveniencia en costos y los riesgos asociados al tomar la decisión de contratar un número determinado de contratistas para que desarrollen las principales obras mineras que corresponden a la construcción del footprint.

### **6.1.1. CONCENTRACIÓN DEL MERCADO DE SERVICIOS DE OBRAS MINERAS EN PROYECTOS ESTRUCTURALES**

Es importante destacar la importancia de lograr adjudicaciones competitivas en un mercado concentrado, por ello podemos apalancar la competitividad buscando alternativas de contratación que disminuyan barreras de entradas y permitan la incorporación de nuevos actores (empresas constructoras).

Los servicios de obras mineras corresponden a servicios contratados o por contratar con un carácter estratégico para Codelco.

En la Figura 6.2 se muestran los cuadrantes que definen la categorización de los contratos en función del monto del Contrato y el Riesgo para el proyecto.



**Figura 6.2: Cuadrantes de categorización de los contratos en Proyectos Estructurales.**  
**Fuente: Codelco, 2020.**

La evaluación del riesgo considera los impactos que podría tener el contrato en el proyecto, en términos de costo, plazo, calidad, seguridad a las personas y medioambiente.

Los parámetros para una evaluación sencilla del riesgo del contrato en el proyecto son los siguientes:

- Participantes de mercado
- Ruta crítica del proyecto
- Interferencias e impactos sobre terceros (otros contratos, operaciones, etc.)
- Impacto reputacional en caso de desviaciones importantes
- Número de personas en obra expuestas a riesgos laborales

La Tabla 6.2, define una escala cualitativa para evaluar los riesgos de los parámetros mencionados anteriormente, con puntajes de 1 (bajo), 2 (medio) y 3 (alto).

La Tabla 6.3 muestra las empresas que participaron en las principales licitaciones para el período 2010-2019 para la contratación de los desarrollos mineros en los proyectos Chuquicamata Subterránea y Nuevo Nivel Mina División El Teniente.

**Tabla 6.2: Escala cualitativa para evaluar los riesgos del Contrato en el Proyecto.**

Parámetros	Evaluación			
	<b>Participantes del Mercado</b>	Alternativas	X > 10	10 < X < 5
	Valoración	1	2	3
<b>Ruta crítica del Proyecto</b>	Alternativas	No	Sub-Critica	Si
	Valoración	1	2	3
<b>Interferencias e impactos</b>	Alternativas	Bajo	Medio	Alto
	Valoración	1	2	3
<b>Impacto reputacional</b>	Alternativas	Bajo	Medio	Alto
	Valoración	1	2	3
<b>Número de personas en obra</b>	Alternativas	< 20	20 < X < 250	> 250
	Valoración	1	2	3

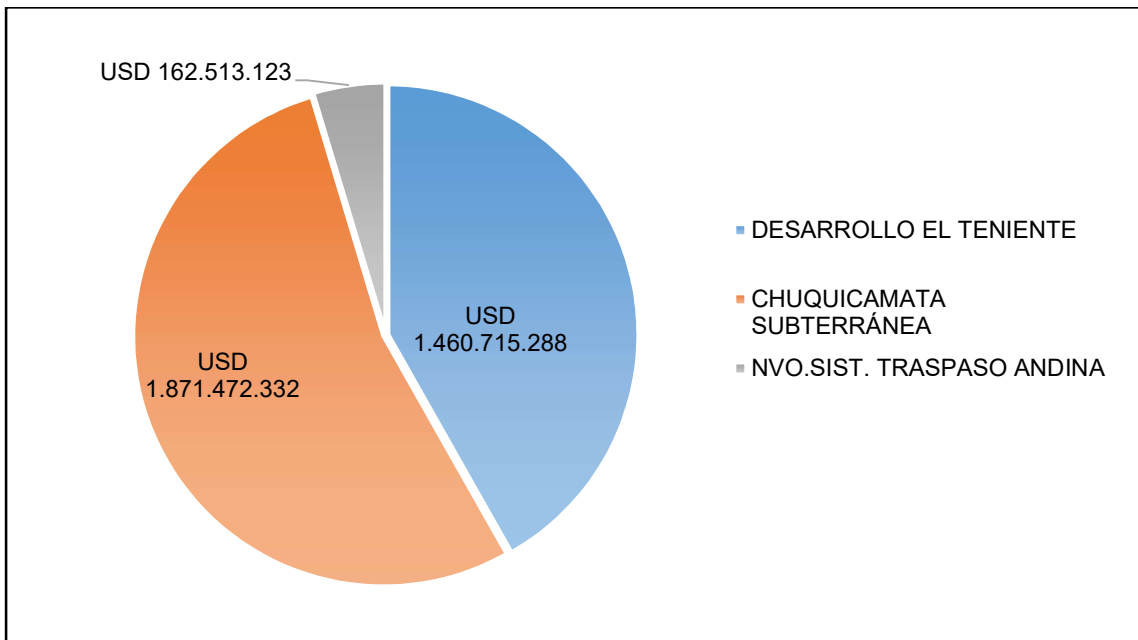
Fuente: Codelco, 2020.

**Tabla 6.3: Participantes principales licitaciones contratos mineros período 2010-2019.**

Participantes del mercado	Principales licitaciones		
	PNNM Año 2010	PMChS Año 2015	PAN-NNM Año 2019
ACIONA			●
ASTALDI	●	●	●
SALFA	●		●
ZUBLIN		●	●
GARDILCIC-FCC		●	
GARDILCIC	●		
FE GRANDE	●		
ACCIONA-OSSA		●	
AURA INGENIERÍA			●
ING. Y CONST. MAS ERRAZURIZ			●
AURA-CONPAX			●
DRAGADOS -BESALCO	●		●
SALINI IMPREGILO		●	
AVENG-MAS ERRAZURIZ	●	●	
IMPREGILO- FE GRANDE	●		
VINCI	●		
LEONHARD NILSEN & SONNER (LNS) -SALFA	●		
FRONTIER KEMPER REDPATH	●		
FERROVIAL AGROMAN	●		
SOLETANCHE BACHY CHILE S.A	●		

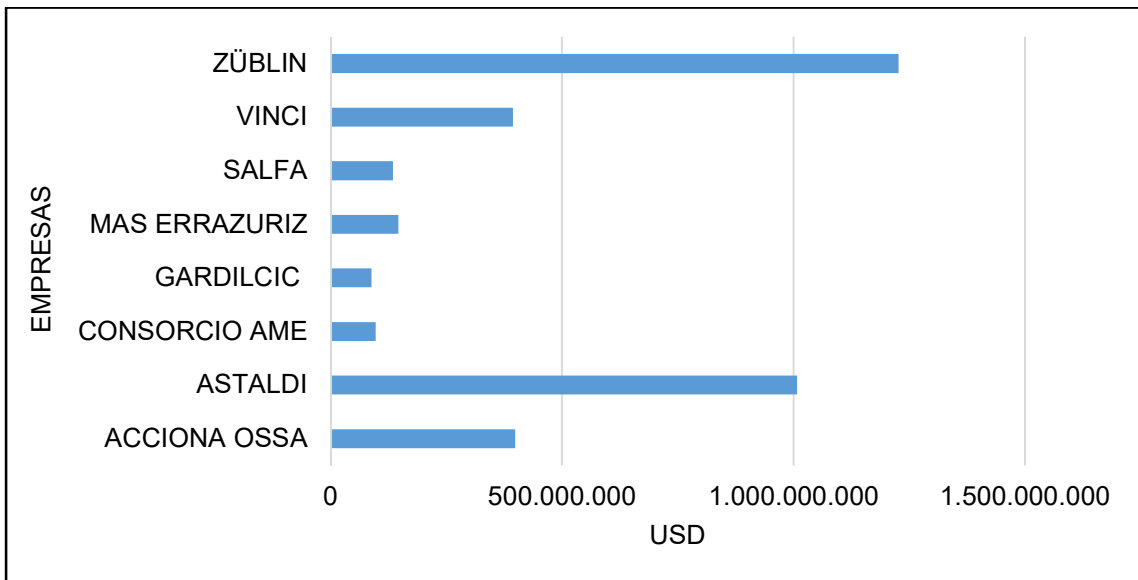
Fuente: Elaboración propia, basado de Principales Licitaciones año 2010-2019 en Proyectos Estructurales de Codelco, 2019.

En la Figura 6.3 se muestran los montos de los contratos mineros adjudicados para Proyectos Estructurales de Codelco durante el período 2011-2019.



**Figura 6.3: Adjudicación de contratos mineros en Proyectos Estructurales de Codelco.**  
**Fuente:** Elaboración propia, basado de Principales Licitaciones año 2010-2019 en Proyectos Estructurales de Codelco, 2019.

La Figura 6.4 muestra por empresa cuáles han sido los montos adjudicados en Proyectos Estructurales durante el período 2011-2019.



**Figura 6.4: Montos adjudicados por empresas en Proyectos Estructurales.**  
**Fuente:** Elaboración propia, basado de Principales Licitaciones año 2010-2019 en Proyectos Estructurales de Codelco, 2019.

En conclusión, la evidencia demuestra la concentración de empresas en la ejecución de contratos mineros en Proyectos Estructurales de Codelco, estableciendo oportunidades para incrementar la competitividad de los contratos mineros principales, los cuales son de carácter estratégico para Codelco. Por ello es clave disminuir barreras de entrada en futuros procesos de licitación y así aumentar la competitividad de este mercado.

## 6.1.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN

Para evaluar diferentes escenarios de contratación, se consideran los análisis realizados en el benchmark del Capítulo 5 con foco en la competencia distintiva y por la cual las empresas constructoras se diferencian en los procesos de licitación, correspondiendo, principalmente, a la ejecución de desarrollos horizontales.

La ejecución de desarrollos horizontales con foco en la productividad, según lo visto en el benchmark específico de construcción en las áreas constructivas de minas subterráneas, se encuentran determinados por los siguientes parámetros:

1. Alcance
2. Tasa mensual de desarrollos mineros en el Período Ramp Up
3. Tasa mensual de desarrollos mineros en el Período de Régimen
4. Tasa mensual de desarrollos mineros en el Período Ramp Down
5. Condiciones mina
6. Condiciones Imprevisibles

En el análisis de alternativas de contratación no se considerarán condiciones geológicas, geomecánicas u otras de carácter imprevisible como tampoco el efecto COVID 19.

Adicionalmente otro supuesto con que se evaluarán las alternativas es que las condiciones mina son las requeridas para que el Contratista realice su gestión operativa y de esta manera alcance los rendimientos programados.

Tomado como contexto la cantidad de obras a ejecutar que se requieren para explotar el primer nivel de la mina subterránea y ejecutar la preparación minera de los macrobloques hacia el norte y hacia el sur de los macrobloques centrales, se necesita la construcción de área productiva con una extensión de 97 km en túneles de mediana sección, para ello existen 2 alternativas de contratación.

- **Alternativa 1:** realizar dos procesos de licitación en paralelo, y adjudicar el 50% del alcance en cada uno, con un inicio en paralelo para ambos contratos, con iguales condiciones de ejecución de obras (Aportes de Codelco), con un mismo plazo de ejecución para ambos casos (52 meses corridos).
- **Alternativa 2:** a diferencia de la alternativa 1, realizar un proceso de licitación único para adjudicar el 100% del alcance, a un solo proponente, con condiciones de ejecución de obras idénticas a la alternativa 1 (Aportes de Codelco) con un plazo de ejecución de 52 meses.

La decisión respecto de cuál de las dos alternativas seleccionar, requiere de las siguientes consideraciones:

- Ramp Up.
- Horas efectivas.
- Tasa Mensual de desarrollos.

- Precios unitarios referenciales a partir del Benchmark realizado.

### 6.1.3. CONSIDERACIONES PARA LA ALTERNATIVA 1

Se han formulado los supuestos para la alternativa 1, considerando el benchmark realizado en capítulo 5.

#### 6.1.3.1. Ramp Up Alternativa 1

Considerando que en esta alternativa ninguna empresa se puede adjudicar ambos contratos, se ha supuesto que el Ramp Up promedio es de ocho meses, considerando la información del Benchmark. La razón de este supuesto es que, El Referente, en una condición optimista, consiguió un Ramp Up de siete meses en el PMChS y en una condición pesimista, un Ramp Up de nueve meses en la construcción del footprint de la Mina Andes Norte-División El Teniente.

En la Tabla 6.4 se muestran los parámetros más relevantes que se han definido para estimar de manera determinística y probabilística la cantidad de metros a ejecutar por una empresa constructora, considerando que esta estrategia contractual, requiere que las empresas adjudicadas en cada uno de los contratos, logre en el Ramp Up, tasas de desarrollo mensual del orden del 50% con respecto a lo logrado por el Contratista Referente y durante el período de Régimen logre tasas mensuales del orden del 70% con respecto a lo logrado por el Referente.

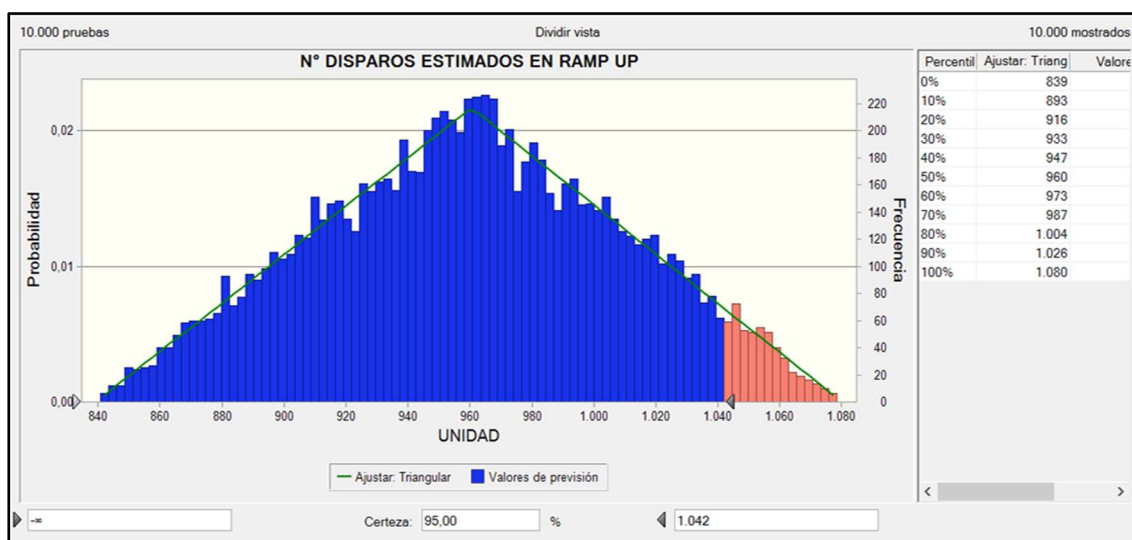
**Tabla 6.4: Parámetros a considerar en el período de Ramp Up.**

Metros a ejecutar en Ramp Up					
Parámetros	Consideraciones	Mínimo	Promedio	Máximo	P(95)
Nº meses Ramp Up.....(1)	Rangos en base al Benchmark	7	8	9	-
Nº jumbos avance.....(2)	4 + 1 stand-by	4	4	4	-
Disparos/jumbo/día..... (3)		1,0	1,0	1,0	-
Nº disparos en Ramp Up...(4)	(4) = (3)*(2)*(30)*(1)	840	960	1080	1.042
Metros en Ramp Up.....(5)	Avance del disparo 3,6 metros	3.024	3.456	3.888	3.751
Metros en régimen.....(6)	Con Ramp Up de 7 implica 5 meses en régimen	5.400	4.320	3.240	3.780
Nro.meses en régimen x 1080	Con Ramp Up de 8 implica 4 meses en régimen				
(Kpi= 1.080 metros/mes o 2,5 Disparos/jumbo/día).	Con Ramp Up de 9 implica 3 meses en régimen				
Estimación metros ejecutados para el primer año.....(7)	(7) = (5)+(6)	8.424	7.776	7.128	7.531
Metros ejecutados año 1.....(8) (Ramp up: 7 meses) (meses en regimen: 5 meses)	Para el primer año se esperan desarrollar en total 8.424 metros	8.424	8.424	8.424	8.424
Metros en riesgo Ramp Up..(9)	(9) = (7) - (8)	0	-648	-1.296	-893
Meses en riesgo	(10) = (9) / 1080 (1080 corresponde a 10 disp/día por un mes)	0	0,6	1,2	0,8

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

El rango de meses definido para el Ramp Up y las tasas mensuales de desarrollos mineros en el período de régimen, representan KPI alcanzables para cualquier empresa especialista, y sólo se visualiza un potencial riesgo que es del orden de 893 metros para los primeros 12 meses de iniciada las obras. Sin embargo este riesgo puede ser mitigado ya que existirá, con la estrategia seleccionada, la posibilidad de reducir alcances en aquel contrato que presente una baja productividad.

En la Figura 6.5 se asignó una distribución triangular para el número de meses de duración del período Ramp Up y luego, se determinó con un 95% de confiabilidad que se ejecutarán 1.042 disparos en el período equivalentes a 3.751 metros de desarrollo horizontal (cálculo con software crystal ball).



**Figura 6.5: Número de disparos estimados en Ramp Up.**  
Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 6.1.3.2. Horas Efectivas Alternativa 1

Se ha supuesto que los primeros siete meses de ejecución del contrato (Ramp Up promedio de las obras), se lograran sólo 4 horas efectivas promedio turno (performance del 50% respecto de las 8 horas efectivas turno, ofertadas por el Referente en el Proyecto inversional). Este supuesto disminuye las barreras de entrada para otras empresas del rubro.

### 6.1.3.3. Tasa Mensual en Ramp Up Alternativa 1

Para las 4 horas efectivas promedio turno que se esperan durante los primeros 7 meses, la tasa promedio mensual programada es de 432 metros. Mencionamos que la empresa Referente en productividad para este tipo de obras, logró tasas mensuales promedio de 776 metros para las 4 horas efectivas promedio turno, por lo anterior este escenario, es un escenario conservador para cualquier empresa.

En la Tabla 6.5 se muestran los supuestos como los 4 disparos/día (en período Ramp Up) y 10 disparos/ día en régimen.



La Tabla 6.6 muestra los metros a ejecutar desde el año 2021 hasta el año 2025. Cabe destacar que para este cálculo se han considerado secciones promedio de 25 m<sup>2</sup> y una densidad de roca de 2 toneladas/m<sup>3</sup>.

**Tabla 6.5: Supuestos respecto a los disparos/día.**

Descripción	Ramp up 7 meses	Régimen 5 meses	Estimación año 1	Estimación en régimen anual
N° disparos/día	4	10	-	10
Avance disparo (m)	3,6	3,6	-	3,6
Empresa A	3.024	5.400	8.424	12.960
Empresa A+ empresa B	6.048	10.800	16.848	25.920

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla 6.6: Metros a ejecutar desde el año 2021 hasta el año 2025.**

Cantidad de contratos: dos contratos con igualdad de condiciones y con un plazo de ejecución de 52 meses						
Alternativa 1: dos procesos de licitación (Mina norte y Mina sur)	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Total
Condiciones de ejecución/ contrato 1 + contrato 2  (Ramp Up: 7 meses) (régimen: 41 meses) (metros promedio en Ramp Up: 750 m/mes) disparos/día (4) (metros promedio en régimen: 1.080 m/mes) disparos/día (10)	16.848	25.920	25.920	25.920	2.392	97.000
Marinas (Ton-km)	1.183.282	1.820.434	1.820.434	1.820.434	167.997	6.812.581

Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### 6.1.3.4. Tasa Mensual en Régimen de Producción Alternativa 1

Para la fase en régimen, donde la empresa alcanzará entre (7-8) horas efectivas promedio turno, se asume que se logrará un promedio de 1.080 metros/mes, que es aproximadamente un 70 % respecto de los metros promedio mes ejecutados (1.400) por el Referente para un rango entre (7-8) horas efectivas promedio turno.

#### 6.1.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS ALTERNATIVA 1

En la Tabla 6.7 se establecen rangos de valores para las partidas más representativas del costo según lo establecido en el benchmark.

Los costos representativos son el precio unitario de los desarrollos horizontales, marinas transportadas, gastos generales y utilidades, partidas que tienen una incidencia mayor al 80% en el monto adjudicado en contratos de similar naturaleza.

**Tabla 6.7: Partidas de precios unitarios con mayor incidencia – rango de valores en la evaluación Alternativa 1.**

Partidas representativas	Min	Max	Promedio
Precio unitario desarrollos (DHZ) (UF/ml)	69,00	99,00	83,50
Precio unitario marina (UF Ton-Km)	0,070	0,080	0,075
Gastos generales (% respecto del (PU+Utilidad))	15%	28%	23%
Utilidades (%)	6%	10%	8%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

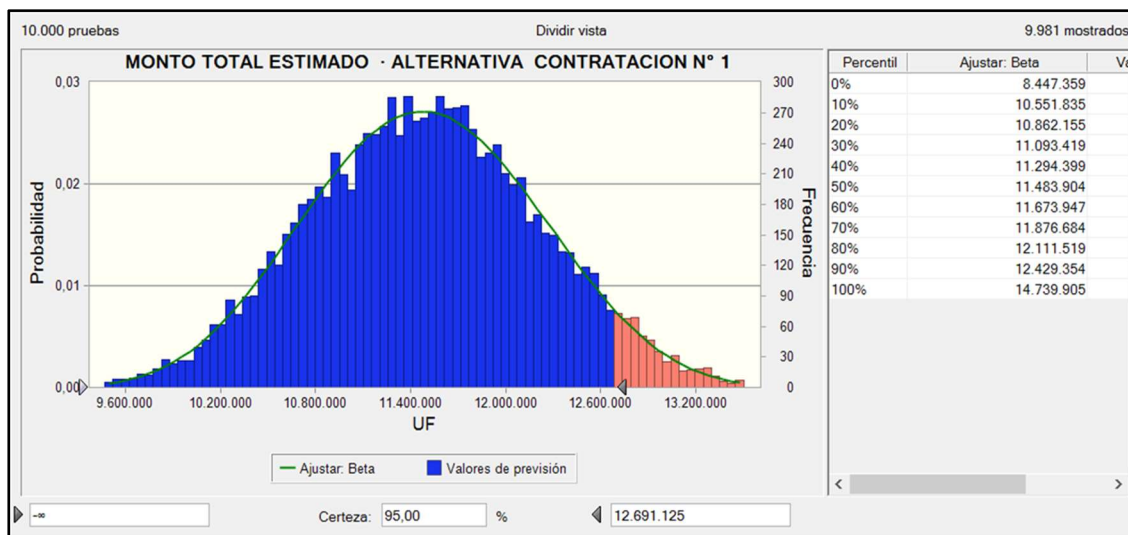
La Tabla 6.8 muestra el costo estimado de la Alternativa 1.

**Tabla 6.8: Costo estimado de la alternativa de contratación n°1.**

Alternativa de contratación n° 1	Unidad	Monto mínimo	Monto máximo	Monto promedio
Desarrollos horizontales	m	6.693.000	9.603.000	8.099.500
Marinas	Ton-km	476.881	545.006	510.944
Total gastos generales (52 meses) para ambas empresas adjudicadas	SA	1.140.011	3.125.586	2.138.834
Gastos generales adicionales	SA	No se considera atrasos		
Utilidades	SA	430.193	1.014.801	688.835
Monto total estimado	UF	8.740.085	14.288.393	11.438.113

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Considerando que el monto esperado determinístico para la Alternativa 1 es UF 11.438.113, la Figura 6.6 muestra la estimación del monto probabilístico, con un nivel de confianza del 95% para la alternativa n°1 es UF 12.691.125, asignando a cada uno de los parámetros una distribución triangular (cálculo con software crystal ball).



**Figura 6.6: Estimación del monto probabilístico alternativa de contratación n°1.**

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 6.1.5. CONSIDERACIONES PARA LA ALTERNATIVA 2

### 6.1.5.1. Ramp Up Alternativa 2

Considerando que en esta alternativa se adjudica el 100% del alcance a una sola empresa, se ha supuesto que aquella empresa seleccionada, debe lograr un performance similar al obtenido por la empresa referente en el PMChS inversional.

Por lo anteriormente indicado, se ha formulado la Alternativa 2, considerado como escenario, conseguir el Ramp Up en cinco meses, tomando como base el desempeño del Referente en este tipo de obras.

### 6.1.5.2. Horas Efectivas Alternativa 2

Se ha supuesto que para los primeros cinco meses de ejecución del contrato (Ramp Up promedio de las obras), lograr 7 horas efectivas promedio turno (performance del 87,5% respecto de las 8 horas efectivas turno, ofertadas por el Referente en el Proyecto inversional).

### 6.1.5.3. Tasa Mensual en Ramp Up Alternativa 2

Para las 7 horas efectivas promedio turno durante los primeros 5 meses, se espera una tasa mensual de 1.500 metros para desarrollos horizontales, tasa mensual superior en un 6,7% respecto del Referente para ese rango de horas efectivas promedio turno.

### 6.1.5.4. Tasa Mensual en Régimen de Producción Alternativa 2

Para fase en régimen, donde la empresa alcanzará entre (7-8) horas efectivas promedio turno, se asume que se logrará en promedio los 1.950 metros/mes, tasa mensual superior en un 22 % respecto del referente para ese rango de horas efectivas promedio turno.

En la Tabla 6.9 se muestran los metros a ejecutar para el período 2021-2025.

**Tabla 6.9: Metros a ejecutar desde el año 2021 hasta el año 2025.**

Cantidad de contratos: adjudicar un contrato con un plazo de ejecución de 52 meses						
Alternativa 2: único proceso de licitación mina norte y sur	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Total
Condiciones de ejecución / contrato único						
(Ramp Up: 5 meses) (régimen: 43 meses) (metros promedio en Ramp Up: 1.500 m/mes) disparos/día (14) (Metros promedio en régimen: 1.950 m/mes) disparos/día (18)	21.150	23.400	23.400	23.400	5.650	97.000
Marinas (ton-km)	1.485.424	1.643.447	1.643.447	1.643.447	396.815	6.812.581

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 6.1.6. ESTIMACIÓN DE COSTOS ALTERNATIVA 2

La Tabla 6.10 muestra los metros en riesgo en el plazo de ejecución, según las consideraciones del párrafo anterior, en el cual se está exigiendo un incremento del 7% en nivel de producción en la etapa del Ramp Up y un 22% de incremento en el régimen de producción.

Los costos representativos en este escenario son el precio unitario de los desarrollos horizontales, marinas transportadas, gastos generales, utilidades y las compensaciones considerando el mayor poder de negociación del único adjudicado para ejecutar las obras (Tabla 6.11).

**Tabla 6.10: Metros en riesgo en el plazo de ejecución.**

Cantidad de contratos: adjudicar un contrato con un plazo de ejecución de 52 meses							
Alternativa 2: un proceso de licitación (mina norte y mina sur)	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Total	Meses en riesgo
<b>Condiciones de ejecución / contrato único</b> (Ramp Up: 5 meses) (régimen: 43 meses) (metros promedio en Ramp Up: 1.500 m/mes) disparos/día (14) (metros promedio en régimen: 1.950 m/mes) disparos/día (18)	21.150	23.400	23.400	23.400	5.650	97.000	-
<b>Metros en riesgo:</b> 7% total metros en Ramp Up 22% total metros en régimen	3.528	5.148	5.148	5.148	0	18.972	9,7

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla 6.11: Partidas de precios unitarios con mayor incidencia – rango de valores en la evaluación Alternativa 2.**

Partidas representativas	Mínimo	Máximo	Promedio
PRECIO UNITARIO dhz (UF/ml)	69,00	99,00	83,50
Precio unitario marina (UF Ton-Km)	0,070	0,080	0,075
Gastos generales (%) (PU+UTILIDAD)	15,0%	28,0%	23,0%
Utilidades (%) (Precio unitario)	6,0%	10,0%	8,0%
Compensaciones (%) (Monto total)	7,8%	15,4%	11,6%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La Tabla 6.12 muestra el costo estimado de la Alternativa 2.

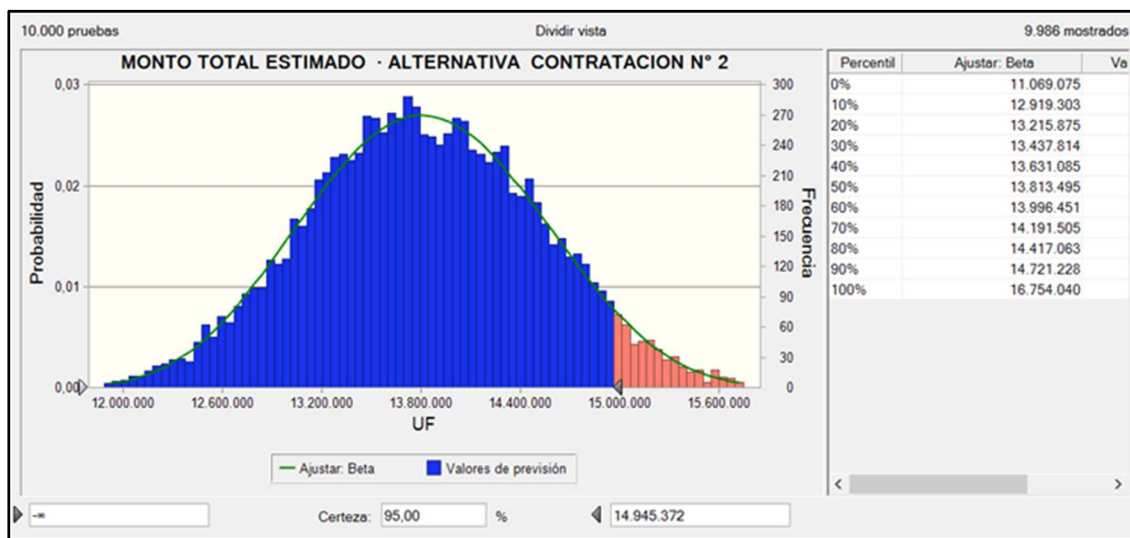
**Tabla 6.12: Costo estimado de la alternativa de contratación n°2.**

Alternativa de contratación n° 2	Monto mínimo	Monto máximo	Monto promedio
<b>Desarrollos horizontales</b>	6.693.000	9.603.000	8.099.500
<b>Marinas</b>	476.881	545.006	510.944
<b>* Total gastos generales (52 meses)</b>	2.137.200	2.947.257	2.542.228
<b>Utilidades</b>	430.193	1.014.801	688.835
<b>**Gastos generales adicionales</b>	399.871	551.434	475.652
<b>Compensaciones % (monto original)</b>	759.507	2.172.950	1.373.615
<b>Monto total estimado (uf)</b>	10.896.652	16.834.448	13.690.775
* Se considera el Rango de montos del Referente ya sea en el pmchs (UF/mes: 56.678) o en el PAN-NNM (UF/mes: 41.100)			
** Se consideran los 18.972 metros en riesgo equivalentes a 9,7 meses			

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

Considerando que el monto esperado determinístico para la Alternativa 2 es UF 13.690.775, la Figura 6.7 muestra la estimación del monto probabilístico, con un nivel de confianza del 95% para la alternativa n°2 es UF 14.945.372, asignando a cada uno de los parámetros una distribución triangular (cálculo con software crystal ball).

En conclusión, la alternativa de contratación n°1, resulta la más adecuada para la relación riesgos/costo, es decir un contratista para la Mina Norte y otro Contratista para la Mina Sur, tomando en consideración un volumen de obra atractivo para los contratistas y el plazo para el cumplimiento del Programa Maestro.



**Figura 6.7: Estimación del monto probabilístico alternativa de contratación n°2.**

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

## 6.2. MODELO DE CONTRATO EFICIENTE

El modelo de Contrato eficiente, en este caso, será aquel que disminuya barreras de entrada existentes para permitir la incorporación de nuevos actores y, además, será una herramienta que generará valor para las Partes, dejando de lado la mirada asociada al Contrato como una herramienta de sanción frente a un caso de incumplimiento.

Por lo anterior la estrategia contractual deberá tener en consideración los siguientes aspectos:

1. Adecuada relación riesgos/costos del alcance a contratar.
2. Asignación equitativa del riesgo.
3. Incentivos.

### 6.2.1. ASIGNACIÓN EQUITATIVA DEL RIESGO

Cuando se evaluó la relación de riesgos/costos sobre las alternativas de contratación planteadas en el estudio, se consideraron como riesgos más relevantes los siguientes:

1. Horas efectivas turno
2. Tasa mensual de desarrollos en Ramp Up
3. Tasa mensual de desarrollos en Régimen
4. Precios basados en el Benchmark

Es muy importante que la asignación del riesgo sea realizada en forma equitativa, lo que significa que hay riesgos propios del mandante, que no se deben transferir al contratista bajo ninguna de las modalidades de contratación, tales como, los efectos de las interferencias con producción, las condiciones geológicas imprevistas, de fallas de calidad del suelo, de la omisión o error de ingeniería, etcétera.

La asignación equitativa del riesgo, propuesta en esta sección, se ha categorizado en 3 grupos de riesgos. Cada grupo tiene un efecto directo sobre los riesgos más relevantes y son los siguientes:

**Grupo N ° 1 “Programación mensual de Obras”:** corresponde a los riesgos asumidos por Codelco cuando se hace responsable de la programación mensual de obras. Esto significa que hay riesgos en este grupo que no pueden ser traspasados al Contratista y deben ser asumidos por Codelco teniendo como foco el Contrato como una herramienta que genere valor para las Partes. En la Tabla 6.13 se muestra la propuesta de asignación del riesgo en el Contrato y su mitigación en caso de materializarse el riesgo.

**Tabla 6.13: Propuesta de asignación de los riesgos principales a la programación mensual de obras.**

Riesgos principales	Asignación del riesgo en el contrato		Mitigación del riesgo	
	Propuesta de asignación		Codelco	Contratista
	Codelco	Contratista		
Programación mensual de obras				
<b>Factor de productividad (PF)</b>	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo asumido 100% por contratista	Control pf	Incorporar polifuncionalidad para la mano de obra
<b>Disponibilidad de frentes</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación
<b>Ventilación principal</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación
<b>Capacidad de vaciado marinas</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación
<b>Suministro de hormigones</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación
<b>Suministro de energía</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación
<b>Suministro de agua industrial</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación
<b>Suministro de explosivos</b>	Riesgo asumido 100% por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensar el uso improductivo de los recursos	Asignar recursos improductivos a trabajos de detalle terminación

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

**Grupo N ° 2 “Aportes de Codelco”:** corresponde a los riesgos asumidos por Codelco cuando se hace responsable del apoyo logístico de la Obra.

En la Tabla 6.14 se muestra la propuesta de asignación del riesgo en el Contrato y su mitigación en caso de materializarse el riesgo.

**Tabla 6.14: Propuesta de asignación de los riesgos principales en la logística de obras.**

Riesgos principales	Asignación del riesgo en el contrato		Mitigación del riesgo	
	Propuesta de asignación		Codelco	Contratista
	Codelco	Contratista		
<b>Logística a las obras</b>				
<b>Disponibilidad de comedores</b>	Riesgo 100% asumido por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Restricción de la dotación del contratista y ajuste al programa mensual de obras	Desarrollos de la polifuncionalidad de la mano de obra
<b>Disponibilidad de casas de cambio</b>	Riesgo 100% asumido por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Restricción de la dotación del contratista y ajuste al programa mensual de obras	Desarrollos de la polifuncionalidad de la mano de obra
<b>Disponibilidad de campamento</b>	Riesgo 100% asumido por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Restricción de la dotación del contratista y ajuste al programa mensual de obras	Desarrollos de la polifuncionalidad de la mano de obra
<b>Acreditación de personas y equipos</b>	Riesgo 100% asumido por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Acreditaciones provisorias para personas y equipos acreditadas con anterioridad en proyectos de Codelco.	Implementación de planes de acción específicos
<b>Transporte de personal desde casa de cambio a las obras</b>	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo 100% asumido por contratista	Restricción de la dotación del contratista y ajuste al programa mensual de obras	Desarrollos de la polifuncionalidad de la mano de obra

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Grupo N ° 3 “Avance de las Obras”:** corresponde a los riesgos asumidos por el Contratista cuando se hace responsable del avance de la Obra.

En la Tabla 6.15 se muestra la propuesta de asignación del riesgo en el Contrato y su mitigación en caso de materializarse el riesgo.

**Tabla 6.15: Propuesta de asignación de los riesgos principales en el avance de las obras.**

Riesgos principales	Asignación del riesgo en el contrato		Mitigación del riesgo	
	Propuesta de asignación		Codelco	Contratista
	Codelco	Contratista		
<b>Avance de las obras</b>				
<b>Interferencias operativas</b> - Condición sísmica - Acceso al lugar de las obras - Interferencias con otros contratistas - Interferencias con operaciones de Codelco - Interrupción de servicios mina	Riesgo 100% asumido por Codelco	Riesgo no asumido por contratista	Compensación del costo directo y compensación de mayor plazo	Implementación de planes de acción específicos
<b>Tiempo efectivo</b> - No afectado por la logística	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo 100% asumido por contratista	Control PF y los rendimientos	Implementación de planes de acción específicos
<b>Tasa mensual de desarrollos (# disparos día)</b>	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo 100% asumido por contratista	Seguimiento KPI	Implementación de planes de acción específicos
<b>Efectividad del disparo</b>	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo 100% asumido por contratista	Seguimiento KPI	Implementación de planes de acción específicos
<b>Inicio de las obras</b>	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo 100% asumido por contratista	Seguimiento KPI	Implementación de planes de acción específicos



<b>Período de ramp up de las obras</b>	Riesgo no asumido por Codelco	Riesgo 100% asumido por contratista	Seguimiento KPI	Implementación de planes de acción específicos
--	-------------------------------	-------------------------------------	-----------------	--

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 6.2.2. INCENTIVOS PARA EL MODELO CONTRACTUAL BASADO EN LAS CLÁUSULAS CON MAYOR NEGOCIACIÓN ENTRE LAS PARTES

Previo al proceso de adjudicación del contrato, las Partes inician un proceso de negociación y posterior adjudicación del contrato. Las cláusulas con mayor relevancia que son negociadas en contratos mineros principales, su propuesta de nuevas condiciones y su incentivo, se muestra en la Tabla 6.16.

**Tabla 6.16: Cláusulas con mayor relevancia en la negociación de adjudicación de contratos mineros.**

<b>Cláusulas de mayor relevancia en el proceso de negociación</b>			
<b>Conceptos</b>	<b>Nuevas condiciones</b>	<b>Licitación anterior</b>	<b>Incentivo</b>
<b>Anticipo</b>	Para negociar con la empresa adjudicada: 10%, pagadero en cuotas iguales, descontado sobre estados de pago mensuales, con un plazo máximo de devolución, menor o igual al 75% de la obra programada. La devolución del anticipo será garantizada por una(s) boleta (s) de garantía.	No considera	Financiero
<b>Pago de obras adicionales "precios provisorios"</b>	Para negociar con la empresa adjudicada: mientras se acuerde por las partes un precio apropiado, el gerente de proyecto de Codelco para efectos de pago de las obras adicionales o extraordinarias, determinará un precio provisorio el que será ajustado, una vez que dicho precio haya sido acordado.	No considera	Financiero
<b>Forma de pago</b>	1. Precios unitarios sin retenciones 2. Gastos generales (50 % cuota fija mensual + 50% en función del avance físico del programa de obras)	1. Precios unitarios con retenciones 2. Gastos generales (100 % en función del avance físico del programa de obras).	Financiero
<b>Acreditaciones</b>	Acreditación que permita disminuir el proceso de realización de todos los cursos que habilitan al trabajador para desempeñar su cargo (de 45 días a 10 días).	No considera	Financiero
<b>Reajuste</b>	Reajuste mensual	Reajuste semestral	Financiero
<b>Boletas de garantía y retenciones</b>	1. Boleta de garantía por fiel cumplimiento del contrato (5% del precio total del contrato, garantía de calidad). 2. No incluye retenciones ni tampoco otras boletas de garantía.	1. Boleta fiel cumplimiento del contrato (5% del precio actualizado del contrato). 2. Boleta de calidad (3% del precio actualizado del contrato) 3. Boleta brechas laborales por incumplimientos. 4. Retenciones 3% del valor de las obras ejecutadas según bases de medida y pago.	Financiero
<b>Límite de responsabilidad</b>	10% del precio actualizado del contrato.	15% del precio actualizado del contrato.	Financiero
<b>Imprevistos</b>	Sin imprevistos	Incluye imprevistos en los gastos generales	Financiero
<b>Multas</b>	Retenciones (5% a los gastos generales) para incumplimientos e hitos del contrato.	Multas hasta un 10% del valor actualizado del contrato por incumplimiento a hitos intermedios e hito final.	Financiero

<b>Fuerza mayor</b>	Cuando ocurra un caso calificado como fuerza mayor el contratista tendrá derecho a: 1. Extensión de plazo 2. Pago de los costos sufridos.	Cuando ocurra un caso calificado como fuerza mayor cada parte deberá asumir sus propios riesgos y absorber los costos que de ello se deriven.	Financiero
<b>Precio unitario</b>	Precio unitario basado en should cost con foco en productividad.	Estimación del precio unitario con foco en riesgos e ineficiencias	Financiero

Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 6.2.3. PROPUESTA DE TARIFAS REFERENCIALES PARA DESARROLLOS MINEROS HORIZONTALES (TARIFA PARA EL METRO DE TÚNEL EJECUTADO) “SHOULD COST”

Para generar una propuesta de Should Cost para el metro de desarrollo horizontal en footprint se considera:

1. La Tabla 6.17 muestra que el 80% de incidencia sobre la cantidad total de obras a ejecutar en el footprint, corresponden a secciones menores a 25 m<sup>2</sup>.

**Tabla 6.17: Incidencia en costos de los distintos tipos de secciones sobre la cantidad de obras a ejecutar en el footprint de la mina subterránea.**

Seccion	Metros	% Incidencia metros	% Incidencia en costos
Menor o igual a 16 m2	15.069	24,18%	30,30%
Entre 16 m2 y 24 m2	37.692	60,48%	51,80%
Entre 24 m2 y 30 m2	3.342	5,36%	5,10%
Entre 30 m2 y 40 m2	3.835	6,15%	6,60%
Mayor o igual a 40 m2	2.384	3,83%	6,20%
<b>Total</b>	<b>62.322</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Codelco, basado de Oferta Económica Contrato CC-10 PMChS, 2016.

2. La Tabla 6.18 muestra que este modelo de contrato tiene como principal partida de costo los desarrollos horizontales, gastos generales y utilidades, el cual fue un 78% sobre el monto total de la oferta adjudicada.

**Tabla 6.18: Incidencia sobre el monto total de la oferta del Contratista Referente.**

Item	Unidad	Cantidad	Costo total	% Incidencia (total ofertado)
<b>Desarrollo horizontal</b>	M	62.322	146.642.119.134	46,3%
<b>Desarrollo vertical</b>	M	6.812	24.862.623.935	7,9%
<b>Desquinche</b>	m <sup>3</sup>	26.598	1.572.217.949	0,5%
<b>Fortificación</b>	Un	-	905.049.063	0,3%
<b>Fortificación intersección</b>	Un	-	3.899.883.736	1,2%
<b>Gastos generales</b>	Gl	1	69.333.758.754	21,9%
<b>Marinas</b>	T-km	9.075.000	18.646.620.708	5,9%
<b>Otros</b>	N/A	10.275	13.084.333.980	4,1%
<b>Puntos extracción (PEX)</b>	Un	120	2.557.432.375	0,8%
<b>Puntos vaciado (PVAC)</b>	Un	78	2.310.253.549	0,7%
<b>Tiros</b>	Un	915	1.141.020.753	0,4%
<b>Utilidades</b>	Gl	1	31.661.701.420	10,0%
<b>Monto total ofertado</b>			<b>316.617.015.356</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Codelco, basado de Oferta Económica Contrato CC-10 PMChS, 2016.

3. La Tabla 6.19 muestra el costo directo por sección según Benchmark, para el desarrollo horizontal.

**Tabla 6.19: Costo directo por sección según Benchmark.**

Mina	División	Sección	Costo directo (UF/m)
Mina Central	Teniente	< 17m2	54
Mina Norte	Teniente	< 16m2	61
Mina Sur	Teniente	< 25m2	77
R. Norte	Teniente	< 22m2	64
Andesita	Teniente	< 21m2	73
Diamante	Teniente	< 21m2	74
Andes Norte	Teniente	< 22 m2	84
PMChS	Chuquicamata	< 25 m2	88

**Fuente:** Elaboración propia, basado de Licitaciones en División El Teniente y Proyecto Chuquicamata del año 2014 – 2019, 2019.

La Tabla 6.20 muestra el Should Cost del costo directo para un metro de desarrollo horizontal en un rango de tiempo efectivo promedio turno, donde se destaca el escenario de máxima productividad, logrado por el Referente, (8:30).

**Tabla 6.20: Should cost para desarrollos horizontales en secciones menores a 25 m<sup>2</sup>**

Tiempo efectivo	Unidad	8:30
Costo mano de obra	UF/m	26
Costo de los equipos	UF/m	17
Costo de los materiales	UF/m	21
Total costo directo	UF/m	64

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

El cálculo de análisis de costo directo descrito en la Tabla 6.20 se incluye en Anexo 1.

En relación con los costos indirectos, el should cost está construido sobre la base de 2 palancas:

1. Disminución de requerimientos administrativos por parte de Codelco y en consecuencia disminución de personal indirecto no manual del Contratista.
2. Kpi: hombre-mes por equipo principal (Kpi entre 0,6 y 1).

En la Tabla 6.21 se muestra la disminución del personal administrativo al disminuir los requerimientos administrativos por parte de Codelco.

**Tabla 6.21: Disminución del personal administrativo al disminuir los requerimientos administrativos de Codelco.**

Especialidad	Ofertado CC-81 (Hombre-mes)	Optimización (Hombre - mes)
PyC	6	2
Productividad	5	1
Topografía	19	14
Otros Of. Técnica	10	12
SSO	13	12
Sustentabilidad	1	1
RRL	9	7
Calidad	6	6
Admin. y Bodega	30	32
<b>Total Personal Administrativo</b>	<b>99</b>	<b>87</b>
<b># Entregables</b>	<b>37</b>	<b>22</b>

**Fuente:** Codelco, basado de Taller de Renegociación Contrato Minero Principal CC-81 PAN - NNM, 2020.

En la Tabla 6.22 se muestra el porcentaje de disminución del personal indirecto asociado a los servicios de mantención al comparar según benchmark.

En síntesis, la Tabla 6.23 muestra la estructura de costo óptima (todo incluido) asociado al metro de desarrollo horizontal y la Tabla 6.24, la estructura de costo del Referente.

La Figura 6.8 compara la estructura de costos en contratos de naturaleza similar que ha ofertado el Referente en el Proyecto Andes Norte y Chuquicamata Subterránea y lo compara con la estructura de costos óptima.

**Tabla 6.22: Oferta adjudicada PMChS 2016 v/s óptimo para la dotación de gastos generales.**

Item	Unidad	Óptimo	Oferta adjudicada PMChS
<b>Dotación para los gastos generales</b>			
Dotación personal administrativo	Hombre-mes	87	158
Dotación personal (mantención y otros)	Hombre-mes	107	226
<b>Dotación total</b>	Hombre-mes	<b>194</b>	<b>384</b>
<b>Costo promedio mensual</b>	\$ / hombre-mes	<b>\$3.005.232</b>	<b>\$3.377.808</b>

**Fuente:** Codelco, dotación óptima de Gastos Generales basado de Taller de Renegociación Contrato Minero Principal CC-81 PAN - NNM, 2020.

**Tabla 6.23: Estructura de costo óptima para los desarrollos horizontales en footprint.**

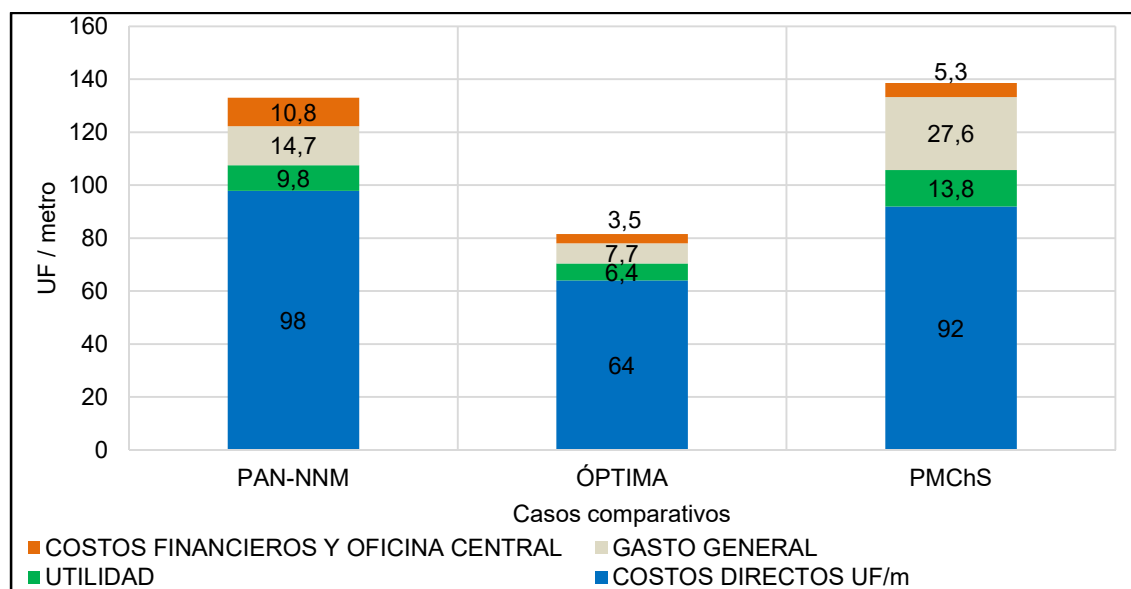
Estructura de costo óptima	Should Cost	Should Cost (UF/ml)
Costo directo unitario desarrollos horizontales	100%	64
Utilidades (% sobre el precio unitario total)	10%	6,4
Dotación gastos generales (% sobre precio unitario total )	12%	7,7
Costos financieros y oficina central (% sobre precio unitario total +utilidad)	5%	3,5
<b>All in (metro desarrollos horizontales)</b>		<b>81,6</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

**Tabla 6.24: Estructura de costo del Referente v/s Estructura de Costo óptima.**

Partidas	PAN-NNM	PMCHS	Menor Costo del Referente	Should Cost
Mano de Obra	31	40	31	26
Equipos	25	21	21	17
Materiales	43	31	31	21
<b>Total Costo Directo</b>	<b>99</b>	<b>92</b>	<b>83</b>	<b>64</b>
Gasto General de la Obra	14,7	27,6	14,7	7,7
Gastos Financieros y Oficina Central	10,8	5,3	5,3	3,5
<b>Total Costo Indirecto</b>	<b>25,5</b>	<b>32,9</b>	<b>20</b>	<b>11,2</b>
Utilidad	9,8	13,8	9,8	6,4
<b>PRECIO UNITARIO (All In)</b>	<b>134,3</b>	<b>138,7</b>	<b>112,8</b>	<b>81,6</b>
<b>% Disminución c/r a PMChS</b>			-19%	-41%

Fuente: Elaboración propia, 2020.



**Figura 6.8: Estructura de costos en desarrollos mineros horizontales del Referente en distintos proyectos v/s la estructura óptima de costos.**

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se destaca que los costos directos del PAN-NNM son mayores a los del PMChS, explicado fundamentalmente por el costo de materiales descrito en la Tabla 6.24, producto del mayor nivel de profundización de la mina subterránea de la División El Teniente.

## 6.2.4. ESTRATEGIA DE NEGOCIACIÓN PROPUESTA

En definitiva, con los resultados del benchmark se formula una estrategia de negociación para este modelo de contratos en base a los siguientes aspectos:

**Indicadores Contractuales relevantes:** la Tabla 6.25 considera lo establecido como las principales condiciones de ejecución de los contratos.

**Tabla 6.25: Principales para la negociación del contrato.**

Kpi principales	Unidad	Óptimo
Periodo en Ramp Up	Mes	7
Periodo en régimen	Mes	41
Metros mes (Ramp Up)	m/mes	>432
Disparo/ jumbo/día (Ramp Up)	Disparos/día	> 1
Metros mes (régimen)	m/mes	> 1080
Disparos/jumbo/día (régimen)	Disparos/día	> 2,5

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Asignación equitativa de los riesgos más relevantes:** se considera la asignación equitativa de riesgos según lo indicado en las Tablas 6.13, 6.14 y 6.15.
- **Incentivos contractuales adecuados:** se considera los incentivos propuestos para el modelo contractual según lo indicado en Tabla 6.16.
- **Tarifas referenciales:** se considera la estructura de costo óptima para los desarrollos horizontales según Tabla 6.26.

**Tabla 6.26: Estructura de costos óptima de desarrollos mineros horizontales.**

Estructura de costos	Unidad	Óptima
Costos directos	Uf/m	<b>64</b>
Costo mano de obra	Uf/m	26
Costo materiales	Uf/m	21
Costo equipos	Uf/m	17
Utilidad (% sobre costo directo)	%	10%
Utilidad	Uf/m	<b>6,4</b>
Gasto general (% sobre el CD)	%	12%
Gasto general	Uf/m	<b>7,7</b>
Costos financieros y oficina central (% CD+Utilidad)	%	5%
Costos financieros y oficina central	Uf/m	<b>3,5</b>
Total (all in)	Uf/m	<b>81,6</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 7. CONCLUSIÓN

En relación con el análisis al Plan y Modelo de Contratos Principales para la continuidad del Proyecto o Ramp Up, se tienen las siguientes conclusiones:

La estrategia contractual recomendada es licitar simultáneamente 2 contratos que se hagan cargo de la ejecución de obras hacia el norte de los macrobloques centrales (contrato n°1) y de la ejecución de obras hacia el sur de los macrobloques centrales (contrato n°2).

Esta división del volumen de obra se avaluó considerando tener dos contratos independientes para ejecutar obras, considerando escenarios conservadores, es decir, de menor riesgo para las empresas contratistas, ya que el volumen de obra a ejecutar es un 50% menor.

Las ventajas en cuanto a costos que presenta esta alternativa son una menor probabilidad de atrasos en el plazo de ejecución de las obras, ya que esta estrategia seleccionada permitirá la posibilidad de reducir alcances en aquel contrato que presente una baja productividad y una menor probabilidad de reclamos respecto de la alternativa de concentrar todas las obras en un solo contrato.

Adicionalmente, esta alternativa de contratación permitirá disminuir las barreras de entrada a potenciales empresas que deseen participar y hará que los procesos de licitación incorporen una mayor competitividad, permitiendo la participación de un mayor número de empresas y evitando la dependencia respecto de una única empresa que ejecute los desarrollos mineros que se requieren en el Ramp Up.

Con relación al Benchmark realizado, este comparó dos contratos de similar naturaleza (construcción de desarrollos mineros en footprint), en dos Proyectos mineros subterráneos distintos, como lo es el Proyecto Mina Chuquicamata Subterránea y el Proyecto Andes Norte de la División El Teniente, con la particularidad que, en ambos Proyectos, estos contratos fueron adjudicados mediante un proceso de licitación a una misma empresa, el primero de ellos adjudicado el año 2016 y, posteriormente, el año 2019.

El Benchmark concluye, la existencia de un margen de ahorro potencial de un 30% promedio, en el precio unitario de desarrollos horizontales en footprint para el Plan de continuidad del Proyecto y en consecuencia se propone una estrategia de negociación previa a la adjudicación de los contratos.

Con relación a la estrategia de negociación propuesta debe considerar los siguientes aspectos:

- Estructura de costo óptima para negociar con empresas especialistas mineras.
- Indicadores (kpi) contractuales relevantes (tiempo efectivo, duración del ramp up y rendimientos).
- Asignación equitativa de los riesgos.

- Incentivos contractuales con foco en la disminución del riesgo financiero de las empresas contratistas.

Dichos aspectos representan los elementos que buscan aproximarse a un modelo de contrato más eficiente que aquel modelo de contrato con el cual se asignó la construcción de los primeros macrobloques centrales del PMChS.

En definitiva, el desarrollo de la tesis define una estrategia contractual que consiste en lo siguiente:

1. Adjudicar dos contratos principales de minería, el primero a cargo de desarrollar la minería hacia el norte de los macrobloques (MB's) centrales ya construidos y el otro a cargo de desarrollar la minería hacia el sur de los MB's centrales.
2. Proponer una estrategia de negociación para este modelo de contratos principales de minería que compare distintas ofertas con la estructura de costos óptima, la estructura de costo del Referente en el PAN-NNM y la estructura del Referente en el PMChS de los macrobloques centrales.
3. Proponer un modelo de contrato eficiente con foco en la colaboración, lo cual significa, asignación de los riesgos de manera equitativa e incentivos contractuales adecuados para las Partes, obteniendo un beneficio mutuo.

Se sugiere que la estrategia contractual formulada, sea implementada mediante dos procesos de licitación simultáneos, utilizando el método de contrato tradicional, es decir, primero elaborando los diseños, para posteriormente iniciar la etapa de Licitación y Adjudicación de los contratos de construcción, reservándose Codelco, el derecho de adjudicar cada contrato a diferentes empresas, y así evitar la concentración de las obras en un solo contratista, minimizando potenciales prácticas de baja adherencia contractual durante el proceso de administración del contrato.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Duffie, Tim. (2005) Strategic Sourcing: Building a foundation for success-understanding the difference between sourcing and strategic sourcing and its impact.
2. Michael Miszczak (2014) Strategic Sourcing: A Paradigm Shift in Supply Chain Management.
3. Collins Ameyaw (2009) "Comparative Performance Evaluation Of The Traditional Design-Bid-Build (Dbb) And Design-Build (Db) Procurement Methods In Ghana".
4. Muhammed Maddi, Paul Davis And John Geraghty, "Review Of Contracts Management Strategy In The Libyan Petroleum Sector".
5. Zuñiga Cristobal. (2016) "Productividad en la minería chilena y análisis de sus principales factores explicativos a nivel de firma" Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile.
6. Pmbook Guide Edition 6
7. Plan De Ejecución Del Proyecto PMChS (PEP) Rev.3
8. Surahyo A. (2018), "Selection Of An Appropriate Contract Strategy.
9. Edwin H.W. Chan, Ann T.W. Yu (2005), "Contract Strategy For Design Management In The Design And Build System".
10. Estrategia De Ejecución Del Proyecto PMChS (2019)
11. Arturo Prado Puga (2014), "El Contrato General De Construcción, Y En Especial La Modalidad EPC y sus Principales Características".
12. Plan De Ejecución Del Proyecto An-PNNM (Pep) Rev.0
13. Walker (1997), Analysed Construction Time Performance By Looking At Traditional V/S Non Tradicional Procurement Methods.
14. Evaluación de riesgo de licitaciones Proyecto Nuevo Nivel Mina, "Evaluación de riesgos técnicos y económicos CC-081, CC-084; CC-085 y CC-086".
15. Informe de Riesgos Licitación CC-010-PMChS-LIC-004-2014, Contrato "Desarrollo Subniveles Superiores en Macrobloques Y De Barrio industrial Norte".

## ANEXOS

### ANEXO A: CÁLCULO DEL SHOULD COST / COSTO DIRECTO

Tabla A.1: Costo HH mano de obra para 1 metro de desarrollo.

Personal	Tiempo efectivo 8:30	
	HH	PU \$ Hm
Jefe de nivel	4,91	\$ 16.392
Maestro de primera	1,58	\$ 8.799
Minero de primera	16,79	\$ 9.582
Maestro de segunda	4,73	\$ 7.749
Minero de segunda	14,04	\$ 8.533
Operador jumbo	8,34	\$ 14.447
Operador roboshot	1,48	\$ 11.530
Operador cargador frente	4,27	\$ 11.044
Operador motoniveladora	0,79	\$ 10.950
Chofer minibus	1,48	\$ 9.582
Chofer camioneta	0,79	\$ 9.582
Operador manipulador	8,39	\$ 10.072
Operador equipo acuñador	1,48	\$ 10.072
Operador equipo retroexcavadora	1,53	\$ 10.072
<b>Total costo MO [\$/m]</b>		<b>\$ 741.511</b>
<b>Costo HH MO [\$/hh]</b>		<b>\$ 10.505</b>
<b>Total costo MO [UF/m]</b>		<b>26</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla A.2: Costo HH equipo y maquinaria para 1 metro de desarrollo.**

Equipos	Tiempo efectivo 8:30	
	HH	PU \$ Hm
Equipo roboshot	0,42	\$ 47.709
Lechadora	3,37	\$ 1.613
Manipulador 3 ton	1,00	\$ 23.803
Camión servicio minibus	0,30	\$ 10.841
Camioneta servicios	0,30	\$ 14.935
Camión pluma 10	1,50	\$ 9.282
Compresor eléctrico	2,50	\$ 2.416
Cargador LHD 10 yd	1,02	\$ 86.904
Jumbo de fortificación	1,01	\$ 124.450
Jumbo de avance	0,85	\$ 146.458
Ventilador axial	6,00	\$ 3.744
Bomba sumergible	8,40	\$ 260
Motoniveladora 120	0,29	\$ 29.499
Retroexcavadora	0,77	\$ 11.250
Acuñador mecánico	0,57	\$ 42.569
Cargador de Anfo	5,00	\$ 553
<b>Total costo equipos [\$ /m]</b>		
		\$ 484.679
<b>Costo HH equipo [\$ /HH]</b>		
		\$ 14.556
<b>Total costo equipos [UF/m]</b>		
		17

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla A.3: Costo directo de desarrollos horizontales en secciones menores a 25 m<sup>2</sup>.**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU \$</b>	<b>Total \$</b>
Grace rapid-p	Kg	3,24	\$ 1.900	\$ 6.156
Grace rapid 295	Kg	63,81	\$ 281	\$ 17.930
Shotcrete h-30	M3	0,89	\$ 120.000	\$ 106.746
Cemento	Kg	162,00	\$ 175	\$ 28.350
Malla inchalam 7509	M2	5,69	\$ 2.829	\$ 16.097
Malla mfi 3500	M2	15,85	\$ 1.900	\$ 30.113
Perno de roca d=25	Un	10,40	\$ 8.133	\$ 84.543
Split/set 1,80 ml	Un	5,18	\$ 3.840	\$ 19.878
Planchuela 200*200	Un	14,85	\$ 2.357	\$ 35.001
Tuerca helicoidal	Un	14,85	\$ 771	\$ 11.449
Materiales electricos	Gl	1,00	\$ 158.319	\$ 158.319
Caneria 4" Victaulic	MI	1,00	\$ 4.500	\$ 4.500
Fitting 4"	Gl	1,00	\$ 3.400	\$ 3.400
Tubo hdpe 110 mm	MI	2,00	\$ 2.950	\$ 5.900
Ducto vent, impele	MI	1,00	\$ 6.900	\$ 6.900
Materiales varios	Gl	135,12	\$ 250	\$ 33.779
Herramientas menores	Gl	135,12	\$ 250	\$ 33.779
<b>Total materiales \$/m</b>				<b>\$ 602.840</b>
<b>Total materiales UF/m</b>				<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## ANEXO B: ENTREGABLES MÍNIMOS REQUERIDOS

**Tabla B.1: Frecuencia de los entregables mínimos requeridos.**

<b>Entregables</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Control de proyectos</b>	
Control diario de obras	Diaria
Informe semanal	Semanal
Plan trisemanal de obras	Semanal
Actualización programa de obras	Mensual
Estimación de cantidades a término (forecast/pom)	Mensual
<b>Productividad</b>	
Moderación Pod	Diaria
Preparación Obeya	Semanal
Moderación Obeya	Semanal
Informe de productividad	Semanal
Informe mensual	Mensual
<b>Relaciones laborales</b>	
Informe de dotación	Diaria
Auditoría laboral (incluye subcontratos)	Mensual
Informe de sindicatos	Mensual
Informe personal finiquitado	Mensual
<b>Calidad</b>	
Control sobre trazabilidad de trabajos especialidades (protocolos)	Diaria
Seguimiento identificación y control de materiales y equipos suministrados por la EE.CC.	Mensual
Informe mensual de calidad	Mensual
Seguimiento y reportabilidad cumplimiento pie	Mensual
<b>Seguridad y salud ocupacional</b>	
Informe de terreno relacionado a los riesgos críticos de la actividad declarada en la Pod para el turno en desarrollo	Por turno
Informe estadístico de seguridad semanal para el cliente Vp (dirección de Syso)	Semanal
Informe mensual de prevención y salud ocupacional	Mensual
Informe estadístico de seguridad mensual e-200 del Sernageomin	Mensual
Estándares corporativos (Ecf y Est)	Mensual
Herramientas de gestión preventivas	Mensual
Informes de cierre de desviaciones y hallazgos detectados en las caminatas de liderazgo visibles o de involucramiento o gerenciales.	Cuando corresponda
<b>Nota: el área de sustentabilidad se mantiene sin variaciones</b>	

**Fuente:** Elaboración propia, basado de Renegociación del Contrato Minero Principal CC-81 PAN-NNM, 2019.

## ANEXO C: ESTRUCTURA DE COSTOS DESARROLLOS MINEROS HORIZONTALES

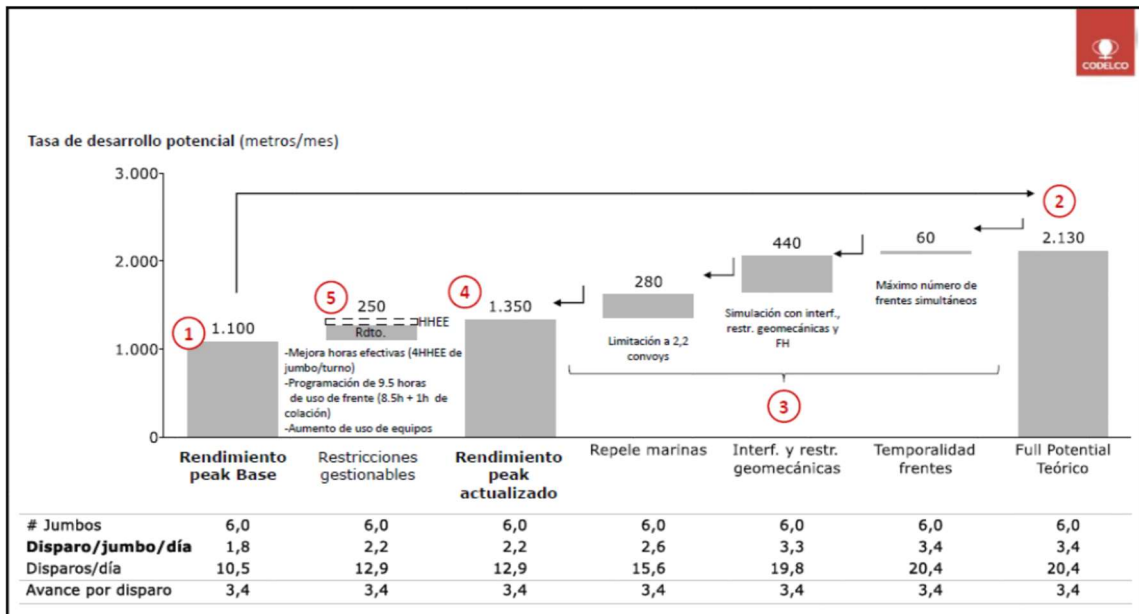
**Tabla C.1: Comparación de estructura de costos de desarrollos mineros horizontales en contratos de similar naturaleza.**

<b>Estructura de costos</b>	<b>Unidad</b>	<b>PAN-NNM</b>	<b>Óptima</b>	<b>PMChS</b>
<b>Costos directos</b>	UF/m	98	64	92
<b>Costo mano de obra</b>	UF/m	31	26	40
<b>Costo materiales</b>	UF/m	43	21	31
<b>Costo equipos</b>	UF/m	25	17	21
<b>Utilidad (% sobre costo directo)</b>	%	10%	10%	15%
<b>Utilidad</b>	UF/m	9,8	6,4	13,8
<b>Gasto general (% sobre el cd)</b>	%	15%	12%	30%
<b>Gasto general</b>	UF/m	14,7	7,7	27,6
<b>Costos financieros y oficina central (% cd+utilidad)</b>	%	10%	5%	5%
<b>Costos financieros y oficina central</b>	UF/m	10,8	3,5	5,3
<b>Total (all in)</b>	UF/m	133,0	81,6	138,5

**Fuente:** Elaboración propia, 2020.

## ANEXO D: PRINCIPALES PALANCAS PARA LLEGAR A LA ESTIMACIÓN MÁXIMO POTENCIAL EN DESARROLLOS HORIZONTALES

De acuerdo con la Figura D.1 que corresponde a un estudio de productividad realizado por la Vicepresidencia de Proyectos en el desarrollo de los macrobloques centrales del Proyecto Chuquicamata Subterránea, identificó que las principales palancas para llegar al máximo potencial de los recursos son aumentar las horas efectivas, horas programadas de frente y el rendimiento de los equipos.



**Figura D.1: Principales palancas para lograr el máximo potencial de los recursos.**  
Fuente: Codelco, 2019.

## ANEXO E: ESQUEMA DE MACROBLOQUES

La Figura E.1 representa la estrategia implementada para la ejecución de los desarrollos horizontales para cada macrobloque, los cuales incluyen 15 km de extensión con un promedio de duración de 16 meses.

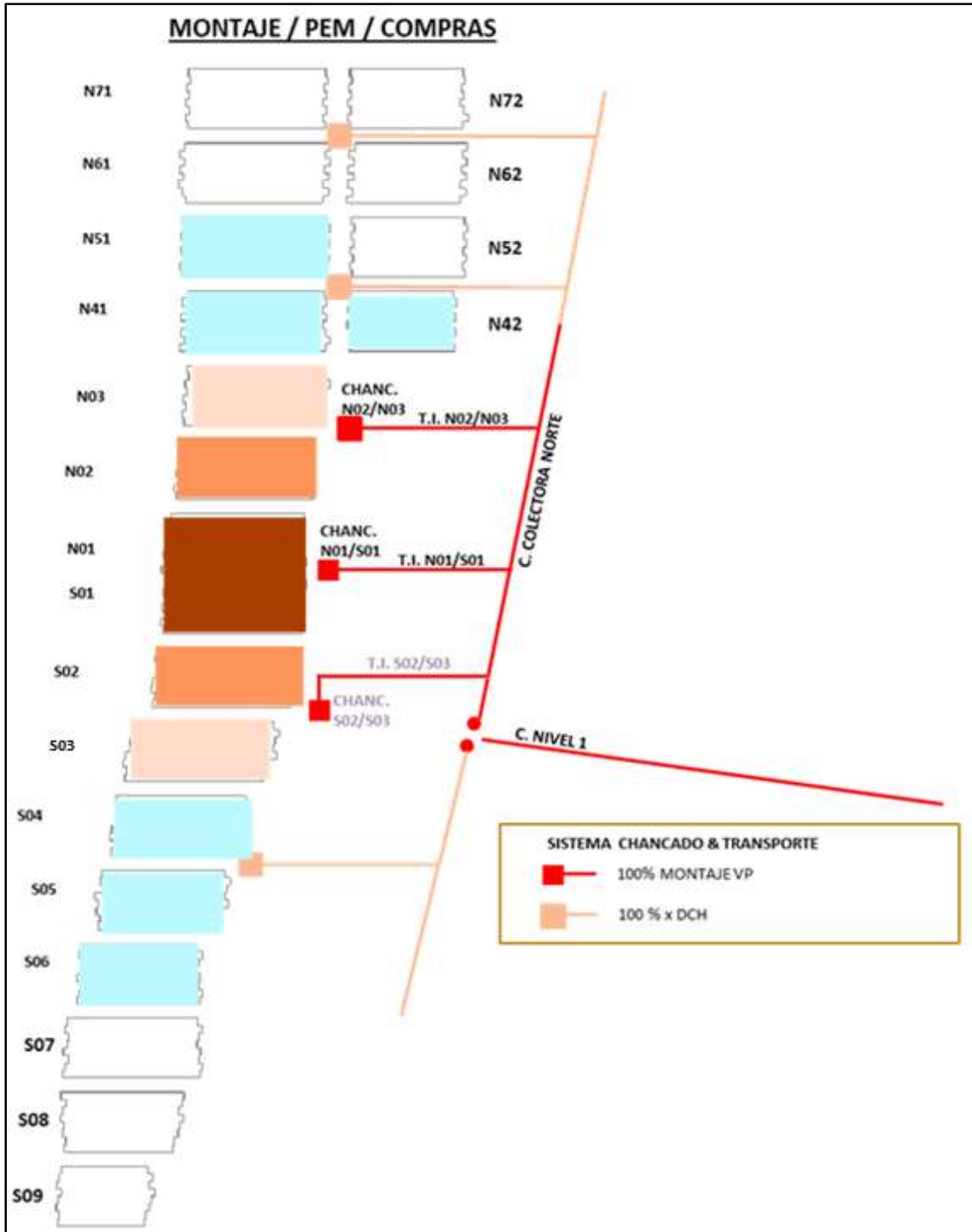
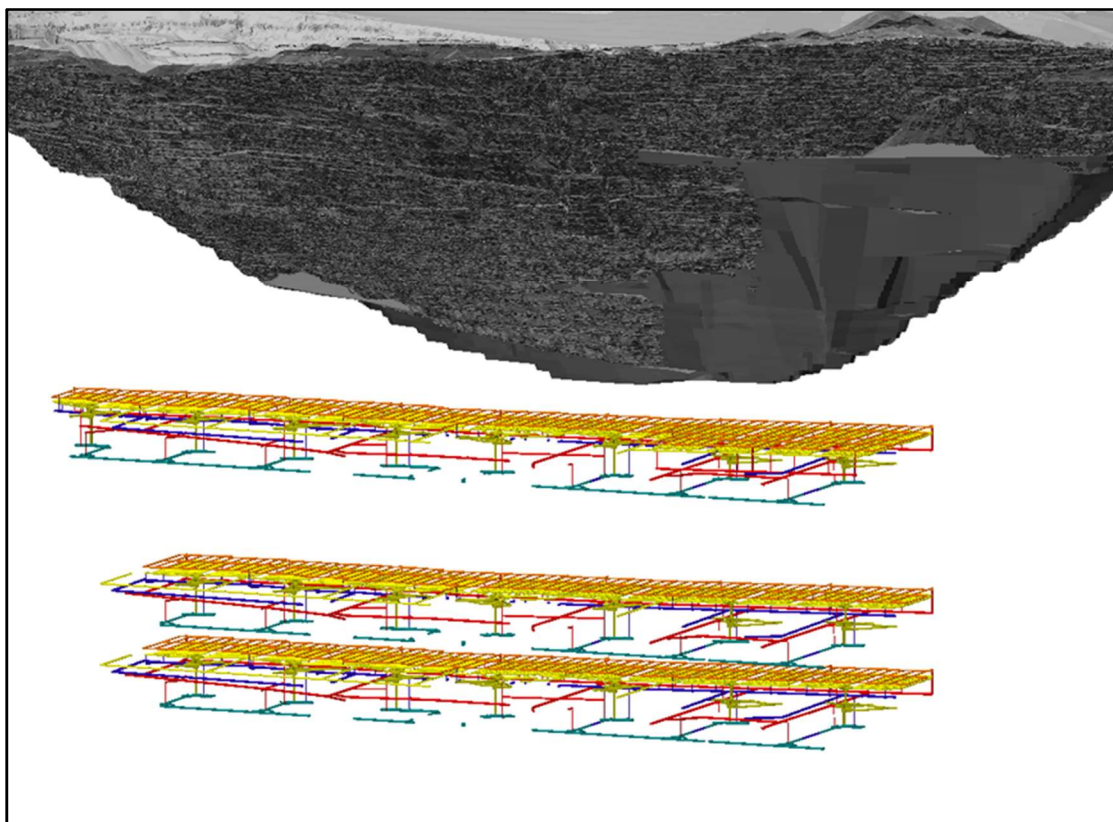


Figura E.1: Esquema de macrobloques.

Fuente: Codelco, 2019.



## ANEXO F: CONFIGURACIÓN DE LA MINA SUBTERRÁNEA EN TRES NIVELES



**Figura F.1: Configuración mina en tres niveles.**

Fuente: Codelco, 2016

**Tabla F.1: Cantidad de macrobloques por nivel.**

Nivel	Cota	Nº MB's	Superficie Total (m <sup>2</sup> )
1	1841	20	689.136
2	1409	19	681.520
3	1193	14	499.363

Fuente: Codelco, 2016.