



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

MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE LICITACIÓN EN LA GERENCIA DE OBRAS MINA  
DE LA DIVISIÓN EL TENIENTE, CODELCO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

JOSE IGNACIO RIFFO CÁRDENAS

PROFESOR GUÍA:

JUAN DÍAZ FONTALBA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

HANS GÖPFERT HIELBIG

SEBASTIÁN CARMONA CALDERA

SANTIAGO DE CHILE

2019



RESUMEN DE LA MEMORIA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil  
de Minas

POR: José Ignacio Riffo Cárdenas

FECHA: January 9, 2019

PROFESOR GUÍA: Juan Díaz Fontalba

## **MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE LICITACIÓN EN LA GERENCIA DE OBRAS MINA DE LA DIVISIÓN EL TENIENTE, CODELCO**

Dada la gran cantidad de fuerza laboral y logística que se requiere para la preparación minera, muchas compañías mineras externalizan estas labores. Tal cual sucede en la División El Teniente.

El presente trabajo se desarrolla en la Gerencia de Obras Mina de la División El Teniente, Codelco. Tiene como objetivo principal disminuir en al menos 10 % los retrasos esperados que se presentan en el proceso de licitación por obras de preparación minera en la mina El Teniente. Para cumplir con este objetivo, se utilizan elementos de las metodologías Lean y Six Sigma. Los pasos metodológicos consisten en primero modelar el proceso, luego diagnosticarlo, entonces generar soluciones para abordar las causas encontradas durante el diagnóstico, para finalmente validar las soluciones. Cabe señalar que este trabajo no aborda las fases de implementación y evaluación de las soluciones, ya que el alcance temporal de estas fases escapa del plazo considerado para realizar esta trabajo.

Tras generar las soluciones, se selecciona la herramienta de seguimiento y control del proceso de licitación, pues con esta, se disminuye en un 19 % los retrasos esperados, de acuerdo a una encuesta realizada a los involucrados en este proceso. Así, se cumple el objetivo principal de este trabajo.

Cabe señalar que esta memoria presenta una metodología para el mejoramiento de procesos de licitación, contribuyendo a la escasa evidencia acerca de metodologías para mejorar éstos.

## ABSTRACT

Because of the big amount of labor force and logistics involved in mining preparation, many mining companies outsource these tasks. This happens in División El Teniente.

This work is developed in Gerencia de Obras Mina of División El Teniente, Codelco. Its main objective is to diminish in at least 10 % delays on the bidding process for mining preparation in El Teniente mine. To achieve this objective, elements of Lean and Six Sigma methodologies are used. The methodological steps start by model the process, diagnose it, then create solutions to address the causes found during the diagnosis, to finally validate the solutions. It should be noted that this work doesn't approach the implementation and evaluation of the solution, because the time frame of these phases escapes from the time considered to carry out this work.

After generate the solutions, the tool for monitoring and controlling the bidding process is selected, because this diminishes in 19 % the expected delays, according to a survey made to those involved in the bidding process. Thus, the main objective of this work is fulfilled.

A point that should be highlighted is that this work is a satisfactory evidence to the implementation of methods to improve the bidding processes, which adds to the limited evidence of the implementation of these methodologies in this type of process. So, it can motivate the use of this methodology in similar processes, to make them more efficient.

It should be highlited that this work shows a methodology to improve bidding processes, contributing to the scarce methodologies evidences to improve these.

*Dedicado a quienes me impulsan  
a seguir mis sueños...*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia, agradecer a mis padres por su amor incondicional e inculcarme valores como la perseverancia, la responsabilidad, la honestidad, la sencillez y el compromiso.

A mis abuelos por acogerme durante mis primeros años de vida y su cariño infinito.

Así como a mis tíos Alejandro y Albina por haberme hecho parte de su hogar durante el desarrollo de mi memoria.

A Codelco, en particular a mi profesor guía Juan Freddy y al gerente de la Gerencia de Obras Minas de la División El Teniente, por confiar en mi y darme la oportunidad de realizar mi última práctica y mi memoria en la gerencia. Así como al resto de los miembros de mi comisión, por encaminarme durante el desarrollo de este trabajo de memoria, fueron muy valiosos sus consejos.

A mi hermana Francisca y a mis amigos Gabriel y Jorge, porque sin sus risas y anécdotas se me hubiese hecho más arduo el camino universitario.

Y finalmente, a Julio, por el cariño otorgado durante el desarrollo de mi memoria y por brindarme toda la fuerza necesaria para continuar durante estos últimos años de mi proceso universitario.

Gracias a todos ellos por hacerme la persona que soy y sin quienes podría haber logrado esto.

# Tabla de contenido

Capítulos	Página
<b>1 INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1 EL PROBLEMA A ABORDAR . . . . .	2
1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA MEMORIA . . . . .	4
1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA . . . . .	6
<b>2 ANTECEDENTES</b>	<b>8</b>
2.1 LA INDUSTRIA DEL COBRE . . . . .	8
2.2 CODELCO . . . . .	9
2.3 DIVISIÓN EL TENIENTE . . . . .	11
2.4 GERENCIA DE OBRAS MINA . . . . .	14
2.5 LICITACIONES . . . . .	16
<b>3 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>21</b>
3.1 MARCO TEÓRICO ACERCA DE MEJORAMIENTO DE PROCESOS . . . . .	21
3.1.1 Six Sigma . . . . .	21
3.1.2 Teoría de restricciones . . . . .	23
3.1.3 Metodología Lean . . . . .	25
3.1.4 Comparación entre metodologías de solución de problemas . . . . .	27
3.1.5 Estado del arte . . . . .	30
3.2 HERRAMIENTAS A UTILIZAR . . . . .	35
3.2.1 Hoshin . . . . .	35

3.2.2	Reporte A3 . . . . .	35
3.2.3	Mejora continua . . . . .	37
3.2.4	Value Stream Mapping (VSM) . . . . .	38
3.2.5	Control visual . . . . .	38
3.2.6	Obeya Room . . . . .	38
3.2.7	Business Process Management (BPM) . . . . .	39
3.2.8	IDEF0 . . . . .	43
3.2.9	Promodel . . . . .	45
3.2.10	Determinación del tamaño muestral para poblaciones pequeñas y de tamaño conocido . . . . .	47
3.3	MARCO TEÓRICO ACERCA DE PREPARACIÓN MINERA . . . . .	48
3.3.1	Desarrollos horizontales . . . . .	48
3.3.2	Desarrollos verticales . . . . .	53
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>56</b>
4.1	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL . . . . .	56
4.2	DISEÑO DE SOLUCIONES . . . . .	59
4.3	VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES . . . . .	60
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>61</b>
5.1	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL . . . . .	61
5.1.1	Modelamiento del proceso de licitación . . . . .	61
5.1.2	Evaluación de la situación actual . . . . .	71
5.2	DISEÑO DE SOLUCIONES . . . . .	93
5.2.1	Creación de mapa del proceso de licitación con sus respectivos responsables	93
5.2.2	Indicador de avance del proceso de licitación . . . . .	93
5.2.3	Lista de entregables durante la elaboración de las bases técnicas . . . . .	97
5.2.4	Base de cuadrillas . . . . .	99
5.2.5	Página web . . . . .	104

5.3	VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES . . . . .	107
5.3.1	Cálculo del beneficio esperado . . . . .	107
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>114</b>
	<b>GLOSARIO</b>	<b>118</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>126</b>
	<b>Anexos A: Encuesta</b>	<b>128</b>
	Encuesta completa . . . . .	128
	Características de encuestados . . . . .	135
	<b>Anexos B: Estándar de cotizaciones</b>	<b>136</b>
	Base de cuadrillas para Dacita . . . . .	136
	Base de cuadrillas para Reservas Norte . . . . .	143
	Base de cuadrillas para Diablo Regimiento . . . . .	149
	Base de cuadrillas para Esmeralda Sur . . . . .	156
	Base de cuadrillas para Panel 2 . . . . .	165

# Índice de figuras

2.1	Vista en planta de las unidades productivas subterráneas en El Teniente (División El Teniente GOBM, 2017) . . . . .	11
2.2	Relaciones dentro de la cadena de la preparación minera (División El Teniente GOBM, 2017) . . . . .	15
2.3	Estructura del conjunto de contratos que maneja la GOBM (elaboración propia) . . . . .	18
3.1	Tipos de eventos . . . . .	40
3.2	Actividad . . . . .	40
3.3	Flujo de secuencia . . . . .	41
3.4	Pool . . . . .	41
3.5	Lane . . . . .	42
3.6	Ejemplo de modelamiento mediante BPMN . . . . .	42
3.7	Ejemplo de modelamiento mediante IDEF0 . . . . .	43
3.8	Ciclo de desarrollo horizontal . . . . .	48
3.9	Secuencia de actividades en el ciclo de desarrollo horizontal . . . . .	52
3.10	Secuencia de actividades en el ciclo de desarrollo vertical . . . . .	53
5.1	Proceso de licitación y gestión del contrato (BPMN) . . . . .	62
5.2	Proceso de licitación y gestión del contrato (IDEF0) . . . . .	62
5.3	Elaboración del requerimiento (BPMN) . . . . .	64
5.4	Vista general del proceso de licitación (BPMN) . . . . .	66
5.5	Concurso de licitación (BPMN) . . . . .	67
5.6	Proceso de contratación (BPMN) . . . . .	69

5.7	Distribución de los retrasos en el proceso de licitación (elaboración propia)	71
5.8	Value Stream Mapping del proceso de licitación (elaboración propia)	73
5.9	Percepción general acerca del proceso de licitación (1)	78
5.10	Percepción general acerca del proceso de licitación (2)	78
5.11	Percepción general acerca del proceso de licitación (3)	78
5.12	Percepción general acerca del proceso de licitación (4)	79
5.13	Percepción general acerca del proceso de licitación (5)	79
5.14	Percepción general acerca del proceso de licitación (6)	79
5.15	Percepción de los analistas (1)	81
5.16	Percepción de los analistas (2)	81
5.17	Percepción de los analistas (3)	81
5.18	Percepción de los encargados de DAP (1)	83
5.19	Percepción de los encargados de DAP (2)	83
5.20	Percepción de los encargados de GOBM (1)	84
5.21	Percepción de los encargados de GOBM (2)	84
5.22	Percepción de los encargados de GOBM (3)	84
5.23	Percepción de los encargados de GOBM (4)	85
5.24	Percepción de los encargados de GOBM (5)	85
5.25	Modelo de simulación en Promodel	87
5.26	Resultados de simulación (1)	88
5.27	Resultados de simulación (2)	88
5.28	Resultados de simulación (3)	88
5.29	Resultados de simulación (4)	89
5.30	Resultados de simulación (5)	89
5.31	Resultados de simulación (6)	89
5.32	Resultados de simulación (7)	89
5.33	Resultados de simulación - Caso 1 encargado DAP adicional (1)	90
5.34	Resultados de simulación - Caso 1 encargado DAP adicional (2)	90

5.35	Indicadores obtenidos del chequeo de cumplimiento de actividades . . . . .	96
5.36	Estructura de las partidas (1) . . . . .	100
5.37	Estructura de las partidas (2) . . . . .	100
5.38	Estructura de las partidas (3) . . . . .	101
5.39	Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM . . . . .	104
5.40	Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM . . . . .	105
5.41	Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM . . . . .	105
5.42	Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM . . . . .	106
1	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 1) . . . . .	128
2	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 2) . . . . .	129
3	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 3) . . . . .	130
4	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 4) . . . . .	131
5	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 5) . . . . .	132
6	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 6) . . . . .	133
7	Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 7) . . . . .	134
8	Características de los encuestados (1) . . . . .	135
9	Características de los encuestados (2) . . . . .	135

# Índice de cuadros

3.1	Comparación entre metodologías de solución de problemas . . . . .	27
3.2	Cantidad de pernos Split Set dependiendo del tamaño de sección (Geovita, 2015) . . . . .	49
5.1	Retrasos por actividad . . . . .	71
5.2	Potencial de mejora en cada etapa del proceso de licitación . . . . .	86
5.3	Tiempos empleados en cada actividad . . . . .	94
5.4	Checklist de cumplimiento en actividades del proceso de licitación . . . . .	95
5.5	Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte . . . . .	101
5.6	Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte . . . . .	102
5.7	Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento de Reservas Norte . . . . .	102
5.8	Mejora esperada de implementar el mapa del proceso de licitación . . . . .	107
5.9	Mejora esperada de implementar lista de entregables . . . . .	108
5.10	Mejora esperada de implementar lista de indicador de avance en el proceso de licitación . . . . .	108
5.11	Mejora esperada de implementar lista de indicador de avance en el contrato . . . . .	108
5.12	Mejora esperada de implementar la base de cuadrillas . . . . .	109
5.13	Mejora esperada de implementar un sistema de documentación unificado . . . . .	109
5.14	Mejora esperada de implementar la plataforma web para seguimiento del proceso de licitación . . . . .	109
5.15	Mejora esperada de implementar la plataforma web para seguimiento del contrato . . . . .	110

1	Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Dacita . . . . .	136
2	Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Dacita . . . . .	136
3	Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Dacita . . . . .	137
4	Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción Dacita . . . . .	137
5	Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Dacita . . . . .	137
6	Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Dacita . . . . .	138
7	Materiales punto de extracción (3 marcos) en Dacita . . . . .	138
8	Mano de obra punto de extracción (3 marcos) en Dacita . . . . .	138
9	Maquinaria punto de extracción (3 marcos) en Dacita . . . . .	139
10	Materiales en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Dacita . . . . .	139
11	Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Dacita . . . . .	139
12	Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Dacita . . . . .	140
13	Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Dacita . . . . .	140
14	Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Dacita . . . . .	140
15	Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Dacita . . . . .	140
16	Materiales en blindaje de pique en Dacita . . . . .	141
17	Mano de obra blindaje de pique en Dacita . . . . .	141
18	Maquinaria blindaje de pique en Dacita . . . . .	141
19	Materiales carpeta de rodado en Dacita . . . . .	142
20	Mano de obra carpeta de rodado en Dacita . . . . .	142
21	Maquinaria de obra carpeta de rodado en Dacita . . . . .	142

22	Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte . . . . .	143
23	Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte . . . . .	143
24	Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento de Reservas Norte . . . . .	144
25	Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte . . . . .	144
26	Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte . . . . .	145
27	Materiales requeridos por metro de avance horizontal en nivel de Producción de Reservas Norte Zanja . . . . .	145
28	Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte Zanja . . . . .	145
29	Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte Zanja . . . . .	146
30	Materiales por punto de extracción (3 marcos) en Reservas Norte . . . . .	146
31	Mano de obra por punto de extracción (3 marcos) en Reservas Norte . . . . .	146
32	Maquinaria por punto de extracción (3 marcos) en Reservas Norte . . . . .	147
33	Materiales en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Reservas Norte . . . . .	147
34	Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Reservas Norte . . . . .	147
35	Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Reservas Norte . . . . .	147
36	Materiales para carpeta de rodado en Reservas Norte . . . . .	148
37	Mano de obra para carpeta de rodado en Reservas Norte . . . . .	148
38	Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Reservas Norte . . . . .	148
39	Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Diablo Regimiento . . . . .	149

40	Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Diablos Regimiento . . . . .	149
41	Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Diablos Regimiento . . . . .	150
42	Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Diablos Regimiento . . . . .	150
43	Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Diablos Regimiento . . . . .	150
44	Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Diablos Regimiento . . . . .	151
45	Materiales construcción punto de extracción en Diablos Regimiento . . . . .	151
46	Mano de obra construcción punto de extracción en Diablos Regimiento . . . . .	151
47	Maquinaria construcción de punto de extracción en Diablos Regimiento . . . . .	152
48	Materiales en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Diablos Regimiento . . . . .	152
49	Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Diablos Regimiento . . . . .	152
50	Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Diablos Regimiento . . . . .	153
51	Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Diablos Regimiento . . . . .	153
52	Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Diablos Regimiento . . . . .	153
53	Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Diablos Regimiento . . . . .	153
54	Materiales en blindaje de pique en Diablos Regimiento . . . . .	154
55	Mano de obra blindaje de pique en Diablos Regimiento . . . . .	154
56	Maquinaria blindaje de pique en Diablos Regimiento . . . . .	154
57	Materiales para carpeta de rodado en Diablos Regimiento . . . . .	155
58	Mano de obra para carpeta de rodado en Diablos Regimiento . . . . .	155
59	Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Diablos Regimiento . . . . .	155
60	Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Esmeralda Sur . . . . .	156

61	Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Esmeralda Sur . . . . .	156
62	Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Esmeralda Sur . . . . .	157
63	Materiales por metro de avance horizontal en Accesos del Nivel de hundimiento Esmeralda Sur . . . . .	157
64	Mano de obra por metro de avance horizontal en Accesos del Nivel de Hundimiento de Esmeralda Sur . . . . .	158
65	Maquinaria por metro de avance horizontal en accesos de Nivel de Hundimiento de Esmeralda Sur . . . . .	158
66	Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Esmeralda Sur . . . . .	158
67	Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Esmeralda Sur . . . . .	159
68	Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Esmeralda Sur . . . . .	159
69	Materiales de chimenea D1.5m en Esmeralda Sur . . . . .	160
70	Mano de obra de chimenea D1.5m en Esmeralda Sur . . . . .	160
71	Maquinaria de chimenea D1.5m en Esmeralda Sur . . . . .	160
72	Materiales punto de extracción en Esmeralda Sur . . . . .	160
73	Mano de obra punto de extracción en Esmeralda Sur . . . . .	161
74	Maquinaria punto de extracción en Esmeralda Sur . . . . .	161
75	Materiales en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Esmeralda Sur . . . . .	161
76	Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Esmeralda Sur . . . . .	162
77	Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Esmeralda Sur . . . . .	162
78	Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Esmeralda Sur . . . . .	162
79	Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Esmeralda Sur . . . . .	162
80	Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Diablo Regimiento . . . . .	163

81	Materiales en blindaje de pique en Esmeralda Sur . . . . .	163
82	Mano de obra blindaje de pique en Esmeralda Sur . . . . .	163
83	Maquinaria blindaje de pique en Esmeralda Sur . . . . .	164
84	Materiales para carpeta de rodado en Esmeralda Sur . . . . .	164
85	Mano de obra para carpeta de rodado en Esmeralda Sur . . . . .	164
86	Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Esmeralda Sur . . . . .	164
87	Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Panel 2	165
88	Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Panel 2 . . . . .	165
89	Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Panel 2	166
90	Materiales requeridos por punto de extracción en Panel 2 . . . . .	166
91	Mano de obra requerida por punto de extracción en Panel 2 . . . . .	166
92	Maquinaria requerida por punto de extracción en Panel 2 . . . . .	167
93	Materiales en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Panel 2 . . . . .	167
94	Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Panel 2 . . . . .	167
95	Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm <sup>2</sup> en Panel 2 . . . . .	168
96	Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Panel 2 . . . . .	168
97	Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Panel 2 . . . . .	168
98	Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Panel 2 . . . . .	168
99	Materiales en blindaje de pique en Panel 2 . . . . .	169
100	Mano de obra blindaje de pique en Panel 2 . . . . .	169
101	Maquinaria blindaje de pique en Panel 2 . . . . .	169
102	Materiales para carpeta de rodado en Panel 2 . . . . .	170
103	Mano de obra para carpeta de rodado en Panel 2 . . . . .	170
104	Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Panel 2 . . . . .	170

# 1. INTRODUCCION

“La clase más peligrosa de desperdicio, es el desperdicio que no reconocemos”

(Shigeo Shingo)

Shigeo Shingo, líder en metodología Lean, lo señalaba, el desperdicio <sup>1</sup> más peligroso es el no reconocido. Este trabajo se centra en descubrir desperdicios existentes en el proceso de licitación que ejecuta la Gerencia de Obras Mina de la División El Teniente, Codelco, para luego disminuirlos.

Para introducir, se realiza una breve reseña acerca de la industria del cobre, la empresa y la gerencia. Luego, se identifican los desperdicios existentes en el proceso de licitación de la Gerencia de Obras Mina (GOBM) de la División El Teniente, estableciéndose las causas de estos desperdicios. Entonces, considerando estas causas, se proponen, diseñan y validan distintas alternativas de solución.

Finalmente, se elige un conjunto de éstas a desarrollar y se concluye acerca de las mejoras que entregan, realizándose recomendaciones para disminuir los desperdicios restantes en el proceso.

---

<sup>1</sup>Entiéndase desperdicio como todo aquello que no agrega valor al producto final

## 1.1. EL PROBLEMA A ABORDAR

Actualmente, la GOBM ha ido presentando retrasos de 3 meses, en promedio, en el proceso de licitación. Lo que junto al retraso de un mes en promedio que presenta la instalación de la empresa contratista en el lugar de trabajo, provoca que se desfase en 4 meses el inicio de un nuevo contrato.

Estos retrasos causan que se deban extender los contratos vigentes, lo que significa asignar directamente con la validación del MAF. Dada la política de transparencia que Codelco que debe seguir (al ser empresa de estatal), este tipo de contratación podría realizarse tan sólo en casos excepcionales, previamente autorizados, y con extensiones a los contratos por un máximo del 10 % del plazo original y con un tope justificado a instancia superior hasta el 40 %.

Actualmente, la principal consecuencia de este problema es una baja en la tasa de extracción del mineral. Esto porque, como el nuevo contrato entra en ejecución más tardíamente, el estado de régimen en la preparación de las obras mineras se acorta. Su ocurrencia se debe principalmente a que desarrollos adicionales ocurren a menor tasa de preparación, pues se extiende la etapa final del contrato. Así, la incorporación de nuevos sectores para la producción ocurre a un ritmo más lento.

Debido a esta baja en la tasa de incorporación de área, se produce una caída de 4 ktpd en promedio por cada mes de retraso en la ejecución del nuevo contrato. Estas toneladas provienen de los sectores en preparación, los cuales son de los más productivos actualmente, como es el caso de Esmeralda y Reservas Norte. Este hecho se ve agravado porque los sectores en preparación presentan una alta ley de cobre (en torno al 1,22 % en promedio) (Hernandez-Matias y col., 2006). Al valorizar esta pérdida, teniendo en consideración que lo que no fue extraído en un año, se extraerá el siguiente; se obtiene una pérdida de 1,23 millones de dólares<sup>2</sup>.

Aparte de este problema, al extender un contrato, aumenta el costo unitario en los gastos generales, debido al mayor poder de negociación de la empresa contratista durante este periodo adicional.

Esto, ya que, tal empresa es la única que puede ejecutar las obras durante el periodo de extensión.

---

<sup>2</sup>Para realizar esta valorización, se consideró un precio del cobre de 2,90 usd/lb, una recuperación promedio de 88 %, costo mina+chancado primario: 7,40 usd/ton, costo planta: 6,7 usd/ton y costo de fundición y refinación de 0,30 usd/lb. Estos valores fueron recogidos de la memoria anual 2017 de Codelco.

En cuanto a las limitaciones para mejorar el estado actual del proceso de licitación, se encuentran la falta de horas hombre para realizar este proceso de manera más eficiente y de sistemas de comunicación que agilicen el flujo de información entre los involucrados en el proceso de licitación.

Para hacer frente a este problema, primero se identifica cada una de las actividades que componen el proceso de licitación, identificando también a sus responsables. Luego, se realiza un mapa de creación de valor, para identificar qué actividades impactan más en la valoración del producto final y cuáles podrían ser prescindibles. Entonces, se identifican las desviaciones entre los plazos reales y los planificados en cada etapa, lo que permite identificar qué actividades presentan un mayor retraso. Luego, se encuestará a los involucrados en este proceso acerca de las tareas que presentan un mayor potencial e impacto de mejora sobre el proceso de licitación. También, en base a esta encuesta, se establecerá una hipótesis y alternativas de solución enfocadas a disminuir los retrasos.

Finalmente, se validarán los resultados de las soluciones generadas, mediante el cálculo de los beneficios estimados de implementar cada solución, utilizando como parámetros la probabilidad y el beneficio de cada solución, estimados en base a los resultados obtenidos en la encuesta realizada.

Cabe señalar que la validación de las soluciones se realizará utilizando estimaciones, porque para obtener el beneficio real de las soluciones sobre el proceso de licitación, se requeriría del orden de 1 a 2 años, desde su implementación, lo que se escapa del plazo contemplado para este trabajo.

## **1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA MEMORIA**

### **Motivación**

La motivación para realizar este trabajo de memoria es ampliar la escasa evidencia de la incorporación de Lean en procesos de licitación. Siendo su aporte al conocimiento, sobre todo, el plantear un método para iniciar un proceso de implementación de metodología Lean en procesos de licitación, proponiendo herramientas que pueden ser utilizadas tanto en un contexto minero, como en el de otras industrias. De esta modo, se podría agilizar la implementación de esta metodología en este tipo de contextos.

### **Objetivo principal**

Disminuir el retraso esperado en el proceso de licitación a cargo de la Gerencia de Obras Mina de la División El Teniente, en por lo menos un 10 %.

### **Objetivos secundarios**

- Identificar el proceso de licitación (actividades, flujo, responsables, insumos y productos).
- Diseñar soluciones para disminuir los retrasos en el proceso de licitación de la GOBM.
- Seleccionar un conjunto de soluciones a ser generadas.
- Validar el conjunto de soluciones escogidas.

### **Alcance de la memoria**

El alcance de esta memoria corresponde a mejorar el proceso de licitación tan sólo de obras mineras y civiles para las preparaciones mineras de la Gerencia de Obras Mina de la División El Teniente.

Las etapas de mejora desarrolladas en este trabajo son las de diseño y validación de soluciones.

## **Limitaciones**

Dado que el tiempo que demanda obtener los resultados de implementar las soluciones generadas dentro del proceso de licitación se escapa del plazo contemplado para este trabajo de memoria, se obtendrán los resultados que validarán las soluciones, tan solo vía cálculo de valor esperado. Además, no se incluirán las fases de implementación y evaluación de resultados de las soluciones.

### **1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA**

Este trabajo de memoria está compuesto por una introducción al tema, pasando por un marco conceptual acorde a la metodología empleada, se presenta esta metodología, luego sus resultados y análisis, para finalizar con las conclusiones y recomendaciones. Una descripción más detallada de cada una de estas etapas se presenta en los siguientes párrafos.

#### **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo 1, se ha descrito el problema y se señalan los objetivos, alcance y limitaciones de este trabajo..

#### **ANTECEDENTES**

En el capítulo 2, se describe el contexto general del área donde se realizó este trabajo de memoria. Este abarca tanto las características de la empresa, como del proceso a mejorar. Además, se describe el problema y se señalan los objetivos, alcance y limitaciones de este trabajo.

#### **CUERPO DE LA MEMORIA**

En el capítulo 3, se realiza una revisión crítica de material bibliográfico que resulta útil para desarrollar la metodología escogida para cumplir con los objetivos de este trabajo de memoria.

#### **METODOLOGÍA**

En el capítulo 4, se presenta de manera detallada la metodología seguida para cumplir con el objetivo de memoria, señalando cada una de las herramientas a utilizar para realizar cada tarea.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el capítulo 5, se presentan de manera detallada los distintos resultados, con sus respectivos análisis y discusiones.

## **CONCLUSIONES**

En el capítulo 6, en base a los análisis realizados, se concluye acerca del cumplimiento de los objetivos; tanto del principal, como de los secundarios.

## **RECOMENDACIONES**

Finalmente, en el capítulo 7, se realizan recomendaciones acerca de maneras para ampliar el alcance de este trabajo, la medición de los resultados en la práctica y otros modos para enfrentar este problema. El objetivo de estas recomendaciones, es ayudar en posibles estudios posteriores, y hacer que las soluciones desarrolladas en este trabajo de memoria presenten sustentabilidad temporal.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. LA INDUSTRIA DEL COBRE**

El cobre es un metal con el que es fácil trabajar, siendo un eficiente conductor eléctrico y térmico, resistente a la corrosión y además es abundante. Su industria es una de las mayores contribuidoras a la economía global, siendo éste el tercer metal más comercializado, tras el hierro y el aluminio (Kabwe y Yiming, 2015). Su demanda se sostiene fuertemente en la ejercida por China, donde se consume casi el 50 % de la demanda mundial del metal (Cantallopts, Diciembre 2017).

En Chile, la participación de la industria del cobre llega al 54 % de la canasta exportadora, alcanzando alrededor de 44.000 millones de dólares. En 2017, el aporte del cobre al fisco fue de 2.643 millones de dólares, cifra equivalente al 9 % del PIB chileno de ese año. Dentro de esta recaudación, el mayor aporte lo realizó la empresa estatal Codelco<sup>1</sup>, quien aportó 1.358 millones de dólares (aprox. 51 % de los aportes de la industria del cobre al fisco).(Codelco, 2017)(Valenzuela, 2017)(Minero, 2018). Por ello, lo que pase respecto al mercado del cobre, y sobre todo a Codelco, es fundamental en la economía nacional. Según cálculos de la Sociedad Nacional de Minería (Sonami), por cada centavo de dólar que pierde el precio de la libra de cobre, los ingresos a las arcas fiscales disminuyen en US\$60 millones, debido a los menores ingresos de Codelco y a la caída en los montos de los impuestos cobrados a las mineras privadas (Cochilco, 2018).

---

<sup>1</sup>Corporación Nacional del Cobre

## 2.2. CODELCO

Codelco, empresa chilena estatal, de giro minero e industrial, es la mayor empresa productora de cobre en el mundo. Los productos que comercializa son (Codelco, 2018):

- Cátodos de cobre grado A
- Concentrado de cobre
- Calcina de cobre
- Molibdeno
- Plata
- Barros anódicos
- Ácido sulfúrico
- Alambrón (producto semielaborado)

Para poder obtener estos productos, Codelco extrae mineral de minas. El cual luego procesa, refina y vende principalmente en el extranjero (Codelco, 2018).

Tanto la estrategia, como todas las labores dentro de la empresa, se alinean a su misión:

“Desplegar en forma responsable y con excelencia, toda nuestra capacidad de negocios mineros y relacionados en Chile y en el mundo, con el propósito de maximizar en el largo plazo nuestro valor económico y los respectivos aportes al Estado”.

Durante más de 20 años (1985-2006) Codelco mantuvo sus costos directos en el primer cuartil de la industria del cobre, es decir, el más competitivo a nivel mundial. Sin embargo, el boom en el precio del cobre que tomó fuerza en 2007, llevó a un alza en los costos, con lo que los costos directos de la compañía alcanzaron el tercer cuartil de la industria. Así, el super ciclo del cobre dejó como herencia costos de producción que mermaron su competitividad. Además, durante el periodo 2000-2017, la compañía retuvo utilidades equivalentes al 12 % de la utilidad neta, una cifra muy por debajo del promedio de la industria nacional, la cual es de 40 %. La estrechez financiera de la compañía obligó a que se endeudara para pagar las inversiones más urgentes. Un último factor que empeoró el desempeño de la corporación fue que la compañía se ubicó entre las empresas de menor productividad respecto de las operaciones en la minería del cobre de Chile y del extranjero (Codelco, 2018).

Dado este mal desempeño, Codelco decidió tomar medidas para cumplir con su meta de aumentar la productividad en un 20 % y alcanzar el primer cuartil de costos al año 2020. Estas medidas consideran transformar la cultura de la empresa, orientándose hacia la excelencia operacional, aplicando la mejora continua en todos sus procesos. Los ejes estratégicos definidos por la empresa para cumplir con esta meta son (Codelco, 2018):

- Excelencia operacional lean management C+
- Desarrollo de un mantenimiento proactivo
- Servicios de terceros de alta competitividad
- Gestión de adquisiciones low cost
- Sinergias y buenas prácticas
- Gestión de activos
- Innovación y tecnología aplicada
- Capital de trabajo

## 2.3. DIVISIÓN EL TENIENTE

En Codelco, cada mina se administra desde su propia División<sup>2</sup>. Una de ellas es El Teniente (DET).

Las principales operaciones del complejo industrial de la DET son la mina (El Teniente), el concentrador (Colón) y la fundición (Caletones).

El Teniente es la mina subterránea de cobre más grande del planeta. La cual, actualmente, se divide en distintas unidades productivas de las cuales se extrae el mineral.

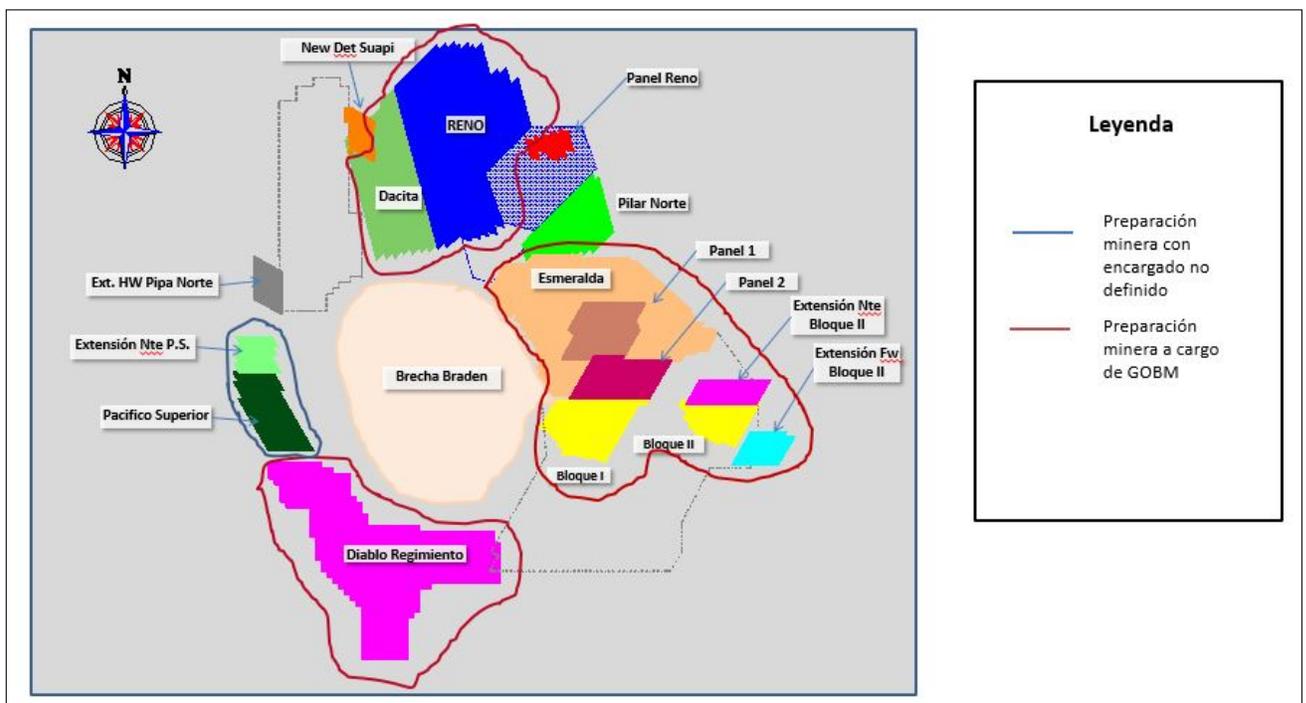


Figura 2.1: Vista en planta de las unidades productivas subterráneas en El Teniente (División El Teniente GOBM, 2017)

<sup>2</sup>Complejo industrial y administrativo de Codelco

En la figura 2.1 se presentan las distintas unidades productivas subterráneas de la División El Teniente, correspondientes a:

- Dacita
- Reno
- Panel Reno
- Pilar Norte
- Esmeralda
- Diablo Regimiento
- Pacífico Superior
- Pipa Norte

Algunas de estas unidades se subdividen en sectores, como por ejemplo sucede en el caso de Esmeralda. Esta última está compuesta por los sectores Panel 1, Panel 2, Bloque 1 y Bloque 2.

Además, desde 2012, la mina posee una operación en superficie, denominada Rajo Sur (Codelco, 2016).

La explotación minera en las unidades subterráneas es por el método de Panel Caving con hundimiento convencional e hidrofracturamiento.

La División el Teniente (DET) cuenta con distintas gerencias que velan por el cumplimiento de cada una de las distintas áreas funcionales del negocio, estas son: Gerencia General, Gerencia de Operaciones, Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo, Gerencia de Desarrollo, Gerencia de Proyectos, Gerencia de Recursos Humanos, Gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional, Gerencia de Administración y la Gerencia de Sustentabilidad y Asuntos Externos. Además de contar con una área de Auditoría Divisional y otra de Consejería Jurídica (Codelco, 2015b).

La Gerencia de Operaciones, posee a su vez a otras gerencias como lo son la Gerencia de Minas, Gerencia de Plantas, Gerencia de Fundición, Gerencia de Desarrollo Rajo, Gerencia de Abastecimiento y la Gerencia de Obras Mina (Codelco, 2015b).

## 2.4. GERENCIA DE OBRAS MINA

La Gerencia de Obras Mina (GOBM) tiene como misión cumplir con la preparación minera<sup>3</sup> de manera segura, eficiente y oportuna.

La GOBM se encarga de realizar desarrollos y construcciones de obras civiles, ingeniería de construcción, control, programación y planificación de la preparación minera. Actualmente, presenta una dotación de 14 personas, , 2500 trabajadores de empresas contratistas y 100 personas que prestan sus servicios.(Barrios y Johnny, 2017)

Las obras de preparación minera a cargo de la GOBM se dejan en manos de empresas contratistas que ejecutan las obras por medio un contrato de preparación minera y/o de servicios de apoyo a la operación. La adjudicación de este contrato se realiza cuando la oferta de la empresa contratista ha ganado el concurso de licitación publicado por la Dirección de Abastecimiento de Proyectos(DAP).

El trabajo de la GOBM consiste en realizar la preparación minera en base a la planificación anual y mensual de incorporación de nuevos sectores dentro de la mina. Tanto este plan como sus planos asociados son desarrollados por la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollos (GRMD).

A través de este plan, la gerencia conoce los volúmenes de obras mensuales que se requieren para cumplir con la meta operativa, ajustando el presupuesto anual que solicitan a la DAP.

Los sectores ya preparados, se le entregan a la Gerencia de Minas, quien se encarga la extracción y transporte del mineral a planta, para su posterior procesamiento, refinación y venta.(Rubio, 2009).

---

<sup>3</sup>Proceso descrito en la sección Glosario

El resumen de las relaciones en la cadena de la preparación minera, se presentan en la figura 2.2.



Figura 2.2: Relaciones dentro de la cadena de la preparación minera (División El Teniente GOBM, 2017)

Como se puede apreciar en la figura 2.2, además de las relaciones señaladas con el proveedor y el cliente, existen apoyos a las labores de las GOBM. Estos se dividen en apoyos internos y externos.

Una descripción del apoyo por medio de empresas contratistas (apoyo externo) es:

- **Planificación y control:** Área que apoya en el seguimiento del avance de las obras en los contratos vigentes y planifica tanto el gasto del presupuesto, como la cantidad de recursos asignados por periodo. Además, realiza estimativos de términos de contratos en ejecución.
- **Inspección técnica de obras:** Área que apoya en lo referente a inspeccionar en terreno la ejecución de obras de preparación minera, controlando su avance y el cumplimiento de los estándares de seguridad estipulados a nivel corporativo por Codelco.
- **Ingeniería y licitaciones:** Área que apoya en lo referente al proceso de licitación mismo. Ingeniería se encarga de la preparación de las bases técnicas. Mientras que, Licitaciones se encarga de velar por el proceso de licitación, tanto en su administración, como en su control y preparación de los documentos necesarios para realizar el concurso de licitación.

## 2.5. LICITACIONES

Proceso en que empresas se adjudican contratos para proveer servicios. Durante éste, se invita a empresas a presentar sus ofertas, bajo alguna de estas modalidades (Codelco, 2015a):

- **Licitación pública:** Se genera una amplia convocatoria de oferentes, sin restricciones a éstos, invitándoseles mediante medios de comunicación masiva.
- **Licitación privada:** Se convoca en forma privada a través de la emisión de invitaciones intransferibles a un número determinado de oferentes.
- **Asignación directa:** Proceso en que la adjudicación de la contratación de un servicio se negocia por razones fundadas y conforme a los lineamientos establecidos para ello, directamente con un determinado contratista, no único en el rubro respectivo, sin que medie un proceso de competencia entre proponentes que ofrecen servicios similares.
- **Asignación a proveedor único:** Para tratar la contratación de un servicio como Asignación a proveedor único, dicha condición debe ser previamente calificada y validada por el Gerente de Abastecimiento, quien determinará las formalidades de dicha calificación y validación.
- **Contratos de trabajo menor:** Contratos de bajo monto, que se rigen distintamente, bajo los procedimientos estándares simplificados dispuestos por la Gerencia de Abastecimiento.
- **Proyectos de desarrollo, expansión o inversión de envergadura:** Se destaca este tipo de proyectos, ya que, para Codelco, las contrataciones de servicios asociados a éstos se tratan de manera excepcional. Estos proyectos de envergadura, ya sea por sus características técnicas, económicas o como por su relevancia para la Corporación, ameritan un trato especial. De este modo, el Gerente de Abastecimiento podrá definir procedimientos de una organización pertinente para gestionar adecuadamente la contratación de servicios de dicho proyecto.

El nivel facultado podrá recomendar una u otra modalidad de salida a mercado.(Codelco, 2015a). La aprobación de salida al mercado mediante concurso de licitación deberá ser previamente autorizado por la autoridad pertinente de acuerdo al Manual de Alcance de Facultades (MAF), manejado corporativamente por Codelco. Esta autorización vendrá dada por autoridades de diferentes jerarquías, dependiendo de la envergadura del proyecto. Proyectos de menor envergadura podrán ser autorizadas por autoridades de menor jerarquía pertenecientes a la misma División, mientras que proyectos de mayor envergadura tendrán que ser autorizadas a nivel corporativo, pudiendo llegar eventualmente al Gerente General y al Directorio de Codelco.

### **Tipo de licitaciones de la GOBM**

Las licitaciones que oferta la GOBM se dividen en dos categorías principales: Obras y Servicios, y las de Órdenes de Compra.

### **Licitaciones por Obras y Servicios**

Las licitaciones por Obras y Servicios las oferta la GOBM, con el fin de ejecutar propiamente tal las obras de preparación minera, así como para conseguir los servicios necesarios durante la ejecución de estas obras de preparación.

Las licitaciones que pertenecen a esta categoría son:

- Obras de preparación minera y construcción
- Obras eléctricas, instrumentación y control
- Servicios a la operación
- Ingeniería
- Inspección de obras
- Planificación y control

## Licitaciones para Órdenes de Compra

En la mayoría de las obras de preparación, la GOBM aporta los materiales de mayor envergadura<sup>4</sup> necesarios para su realización a los contratistas a cargo de éstas, como por ejemplo el diésel. Tan sólo excepcionalmente, son los contratistas quienes compran estos materiales.

Para ello, la GOBM sale a licitar la compra de gran parte de estos insumos; entre estos están:

- Aceros
- Estructuras de hormigón
- Ventiladores
- Buzones
- Martillos
- Equipos para salas eléctricas

La GOBM maneja alrededor de 12 - 15 contratos por año, acabándose 3 en un año e ingresando 3 nuevos. La estructura de este conjunto de contratos se muestra en la figura 2.3.

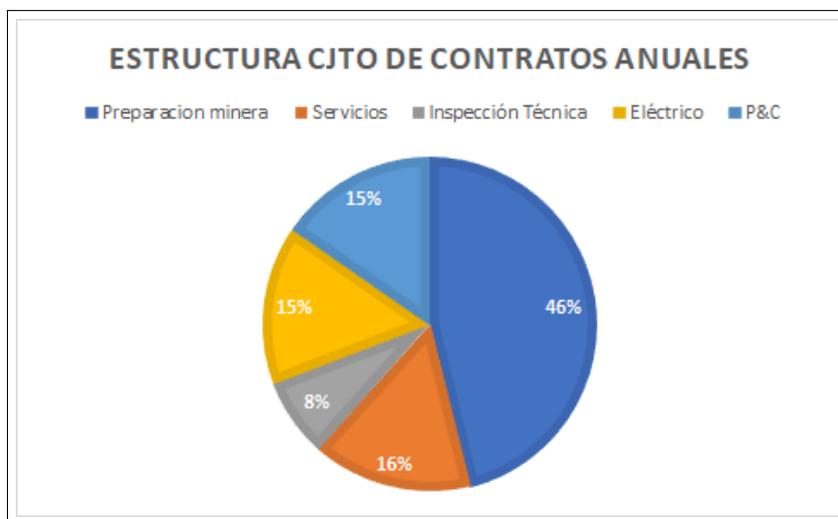


Figura 2.3: Estructura del conjunto de contratos que maneja la GOBM (elaboración propia)

<sup>4</sup>De mayor envergadura, ya sea por su precio o cantidad

Dado que se adjudican 3 contratos al año y el porcentaje la preparación minera y servicios abarcan casi el 67 % de estos, se deduce que se adjudican alrededor de 2 contratos por obras de preparación minera y OOCC.

## **Legislación pertinente a la preparación minera**

La normativa bajo la cual se rige Codelco en cuanto a la externalización de servicios corresponde principalmente a la ley de subcontratación (Ley 20.123). Los principales puntos de esta ley corresponden a definir qué se entenderá por subcontratación, las características de esta y las obligaciones de la empresa.

Dentro de la legislación por la que se rige la contratación de servicios externos por Codelco también se encuentran la Constitución, el Código del trabajo, el Código de minería, la Ley de impuestos a la renta y el Reglamento de seguridad minera. A modo de resumen, cabe señalar que, la relevancia de cada uno en minería es que la Constitución señala los alcances de la propiedad minera y del derecho a la vida, el Código del trabajo las condiciones laborales mínimas para trabajar, el Código de minería a las concesiones y derechos de los concesionarios, la Ley de impuestos a la renta señala la tributación a la que deben acogerse las empresas mineras, mientras que el Reglamento de seguridad minera establece los estándares mínimos de operación que aseguran que se mantenga un cierto margen de seguridad considerado apropiado por el estado chileno, para ejecutar cada etapa de un proyecto minero.

No se entrará en mayor detalle en esta legislación, ya que se desvía del foco del presente trabajo.

## **3. MARCO CONCEPTUAL**

Este trabajo abarca tanto el mejoramiento de procesos, como aspectos mineros que son incorporados en las soluciones generadas. Así, el marco conceptual se divide en estos dos grandes apartados, los cuales se presentan en los siguientes párrafos.

### **3.1. MARCO TEÓRICO ACERCA DE MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

El proceso de licitación de la GOBM se encuentra bien delimitado en cuanto a actividades y responsables de cada una de ellas. De esta manera, se puede trazar el proceso, lo que facilita la implementación de metodologías para el mejoramiento de procesos. Entre las utilizadas más frecuentemente de ellas están la metodología Six Sigma, la Teoría de restricciones (TOC) y Lean.

#### **3.1.1. Six Sigma**

##### **Six Sigma<sup>1</sup>**

Establece que enfocándose en la reducción de la variabilidad, se mejorarán los procesos y resolverán los procesos de negocio. Comienza utilizando un conjunto de herramientas estadísticas para entender la variabilidad en un proceso, con lo que en la gestión se puede comenzar a predecir el resultado esperado en el proceso estudiado. Si el resultado no es satisfactorio, se pueden utilizar otras herramientas para entender aun más los elementos que impactan sobre el proceso a mejorar.

---

<sup>1</sup>Toda esta parte destinada a Six Sigma se basó en (Nave, 2002)

A través una rígida y estructurada metodología de investigación, los elementos del proceso son entendidos de mejor manera. La premisa es que el resultado del proceso entero será mejorado reduciendo la variabilidad de múltiples elementos.

Six Sigma involucra cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC).

1. Definir: Se define el proceso. Se identifica a sus clientes y cuáles son sus problemas. Se identifican las características importantes para el cliente en conjunto con los procesos que le sustentan éstas. Entonces, se relacionan los resultados con los elementos del proceso.
2. Medir: Los atributos claves se categorizan, se verifican las mediciones en los sistemas y se recolectan los datos.
3. Analizar: Una vez que los datos han sido recolectados, son analizados. Lo que se intenta es convertir los datos sin procesar en información sobre el proceso. Esta información incluye incorporar los fundamentos y las causas más importantes de los defectos o problemas.
4. Mejorar: Consiste en mejorar los procesos. Se desarrollan soluciones a los problemas y se realizan cambios a los procesos. Los resultados de los cambios se ven en las mediciones. En esta etapa se puede juzgar si los cambios son beneficiosos o si otros cambios son necesarios.
5. Controlar: Si el proceso está ocurriendo a un nivel deseado y predecible, está controlado. Esto sustenta el Six Sigma. Se monitorea para asegurarse de que no ocurran cambios inesperados.

Enfocarse en la reducción de la variabilidad, produce efectos secundarios como son la mejora en la calidad y la disminución en el tiempo de ciclo del proceso global.

### 3.1.2. Teoría de restricciones

#### Teoría de restricciones<sup>2</sup>

Se enfoca en la mejora del sistema. Un sistema es definido como una serie de procesos interdependientes. Una analogía para un sistema es una cadena: un grupo de interdependientes enlaces trabajando juntos hacia el objetivo final. Una restricción corresponde a un enlace débil en el sistema.

El desempeño de la cadena entera es limitado por la fortaleza que presenta su enlace más débil. En procesos productivos, TOC se concentra en el proceso que relantece el flujo a través del sistema.

TOC consiste de cinco pasos: indentificar la restricción, explotar la restricción, subordinar los demás procesos a la restricción, elevar la restricción y repetir el ciclo. El detalle de cada uno es:

1. Identificar: La restricción es identificada mediante varios métodos. La cantidad de trabajo esperando en cola a ser procesado justo antes de un proceso es un indicador clásico.
2. Explotar: Una vez que la restricción es identificada, el proceso limitante es mejorado o apoyado para que logre su máxima capacidad, sin mayores gastos en modificaciones.
3. Subordinar: Cuando el proceso limitante está trabajando a su máxima capacidad, la velocidad de los procesos subordinados está restringida por la del proceso limitante, con lo que algunos procesos sacrifican productividad a cambio de beneficiar el sistema por completo. Los procesos subordinados se encuentran comunmente previos al proceso limitante. Los procesos posteriores a éste no son de gran relevancia, ya que probablemente ellos ya estén produciendo bajo su capacidad, debido a que deben esperar al proceso limitante.
4. Elevar: Si el resultado del sistema no es satisfactorio, se requieren mejoras adicionales. La compañía podría contemplar mayores modificaciones a las restricciones. Los cambios pueden involucrar mejoras en el capital, reorganización u otros mayores gastos de dinero o tiempo. Resumiendo, elevar es tomar cualquier acción con el objetivo de eliminar la restricción.

---

<sup>2</sup>Toda esta parte destinada a Teoría de restricciones se basó en (Nave, 2002)

5. Repetir: Una vez que la primera restricción ya no se presente, otra parte del sistema se convierte en la limitante. Entonces es necesario realizar otro ciclo del proceso de mejora.

Del mismo modo que al aplicar la metodología Six Sigma, TOC presenta efectos secundarios como lo son la reducción en la variabilidad dentro del proceso y la mejora en la calidad del producto.

### 3.1.3. Metodología Lean

Existen muchas definiciones para referirse a esta metodología. En esta memoria, se entenderá Lean, de la manera más comunmente aceptada en la industria y que es pertinente al trabajo de memoria.

Lean es una filosofía de trabajo basada en las personas, que define la forma de trabajo enfocándose en identificar y eliminar desperdicios. En Lean se mira a lo que no se debería estar haciendo porque no agrega valor al cliente y se tiende a eliminarlo. En Lean se busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica.(Matías y col., 2013).

Lean nació a partir del sistema de producción de Toyota (TPS) implementado en esa empresa después de la segunda guerra mundial. Este sistema se basaba en entregar solo lo justo y necesario en el momento que el cliente lo solicitaba, manteniendo así un bajo nivel de inventario. Esta filosofía de trabajo se dio a conocer internacionalmente gracias al libro "La máquina que cambió el mundo" de Womack, Jones y Ross (1996).

En este libro, los autores señalan un modelo para la filosofía Lean. El cual se basa en 5 principios:

Valor: Es definido únicamente por el cliente y solo posee significado al ser expresado en términos de un producto o servicio que satisface las necesidades del cliente a un cierto precio y plazo.

La cadena de valor: Es el conjunto de las acciones requeridas para generar el producto o servicio.

Flujo: Es lo que queda por alcanzar cuando el valor ha sido definido y los desperdicios más obvios, eliminados.

Pull: Es el concepto de que el cliente tira el producto, más que la compañía empuje la producción.

Perfección: Idea que envuelve a todo en la cadena de valor para perfeccionar la creación de valor.

Cabe especificar los conceptos de valor añadido y desperdicio. Una actividad presenta valor añadido cuando su objetivo es transformar las materias primas a un estado superior, de manera que algún cliente esté dispuesto a pagar por su realización. (Matías y col., 2013). Mientras que desperdicio o despilfarro es lo que no agrega valor al producto o que no es esencial para fabricarlo. Cabe

señalar que, existen actividades que no generan valor, pero que son necesarias para un sistema o proceso.(Matías y col., 2013).

### 3.1.4. Comparación entre metodologías de solución de problemas

La comparación entre de estas tres metodologías se presenta en el cuadro 3.1.

Metodología	Six Sigma	Pensamiento Lean	Teoría de restricciones
Teoría	Reducir la variabilidad	Remover el desperdicio	Manejar las restricciones
Foco	En los problemas	En el flujo	Restricciones al sistema
Supuestos	Un problema existe. Productos del sistema mejoran al remover la variabilidad en los procesos.	Remoción de desperdicios mejora el proceso. Muchos cambios pequeños son mejores que un análisis global del sistema.	Interdependencia de procesos. Mantiene el sistemas existente.
Guía para la aplicación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir</li> <li>2. Medir</li> <li>3. Analizar</li> <li>4. Mejorar</li> <li>5. Controlar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar valor</li> <li>2. Identificar cadena de valor</li> <li>3. Identificar el flujo</li> <li>4. Tirar la producción</li> <li>5. Perfeccionar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar las restricciones</li> <li>2. Explotar las restricciones</li> <li>3. Subordinar los procesos</li> <li>4. Elevar las restricciones</li> <li>5. Repetir el ciclo</li> </ol>
Efecto primario	Productos del sistema uniformes	Tiempo de flujo reducido	Mayor flujo
Efectos secundarios	Menos desperdicios. Rápido Flujo. Menor inventario.	Menor variabilidad. Productos uniformes. Menor inventario.	Menos inventario/Desperdicio. Menor costo de flujo.
Crítica.	Interacción en el sistema no es considerada. Procesos mejorados independientemente.	Análisis estadístico en el sistema no es evaluado.	Mínima consideración del trabajador. Análisis de datos no es evaluado.

Cuadro 3.1

*Comparación entre metodologías de solución de problemas*

En cuanto a la elección de alguno de estos métodos, el autor en (Nave, 2002), señala:

Primero identifica la teoría de fondo. ¿Cuál es el énfasis de la metodología?

Para Six Sigma: Reducción de la variación, para Lean la reducción de desperdicios, mientras que para TOC es la reducción de restricciones.

Luego, identifica las relaciones entre el énfasis de la metodología y el efecto directo sobre el desempeño de los procesos. Esta es una relación de si/entonces:

- Para Six Sigma: Si se enfoca en reducir la variación, entonces se tendrá resultados más uniformes.
- Para Lean: Si se enfoca en la eliminación de desperdicios, entonces el tiempo de ciclo disminuirá.
- Para TOC: Si se enfoca en las restricciones, entonces el volumen de salida por unidad de tiempo será mayor.

Entonces, se identifican los efectos secundarios de cada una de estas metodologías, utilizando la teoría si/entonces, pero esta vez desde los efectos primarios hacia los efectos secundarios.

- Para Six Sigma: Si se enfoca en reducir la variación y generar resultados más uniformes, se producen menos desperdicios, menor tiempo de ciclo y menor inventario.
- Para Lean: Si se enfoca en la eliminación de desperdicios y en la disminución tiempo de ciclo, se produce menos variación, productos más uniformes y menor inventario.
- Para TOC: Si se enfoca en las restricciones y en el aumento del volumen de producto, se generará menor inventario.

Cada metodología de mejora parece estar conduciendo hacia herramientas y conceptos en común. Sin embargo, diferentes metodologías comienzan el viaje desde diferentes perspectivas. Al nivel de los efectos secundarios del modelo, los resultados de cada metodología comienzan a parecer similar al efecto primario o foco de otra metodología. Así, extendiendo la metodología a sus efectos primarios, secundarios y terciarios, se puede concluir que cada método llega a resultados similares.

De esta manera, la selección de algún método depende sobre todo de la cultura de la organización.

Si la organización valora los estudios analíticos, y la relación entre datos, gráficos y análisis, Six Sigma es la alternativa ideal.

Si la organización valora el cambio visual y resultados instantáneos, entonces Lean podría ser la mejor alternativa.

Si la organización valora el acercamiento a un sistema donde la participación total no es deseada y sí se valora la separación entre trabajador y gerencia, entonces TOC podría ser un buen comienzo.

### **Elección de la metodología para la memoria**

La metodología a utilizar durante este trabajo mezclará aspectos tanto de Lean como de Six Sigma.

Se utiliza la metodología Six Sigma, dado que se basa más en datos que en la experiencia. Recursos con los que precisamente se cuenta. Además que resulta mucho más cómoda en este caso, la organización del trabajo que contempla esta metodología.

Mientras que la metodología Lean se utiliza en el diagnóstico del proceso, ya que, al estar Codelco alineado corporativamente a una política Lean C+, la GOBM está más familiarizada con esta metodología.

### 3.1.5. Estado del arte

#### **Lean Mining<sup>3</sup>**

En la década pasada se realizaron investigaciones acerca de los principios Lean aplicables a la minería. Los estudios han aplicado con éxito, herramientas de Lean o principios tanto en un nivel básico como en detalle, mostrando la flexibilidad que esta metodología le provee a esta industria.

Se ha demostrado que hay diferencias entre la industria manufacturera y la minera, sin embargo, estas diferencias no impiden la aplicación de la metodología Lean en la industria minera. De hecho, los principios Lean y su propuesta de valor no se limitan a alguna industria en particular.

Dentro de las conclusiones más relevantes de los estudios en lo referente a la aplicabilidad y posibilidad de implementar la filosofía lean en minería, se destacan:

- Los principios que promueve la filosofía lean poseen un gran potencial para ser satisfactoriamente aplicados a la industria minera. De hecho, pueden usarse para eliminar desperdicios e incrementar la confiabilidad de la operación (Wijaya y col., 2009).
- Lean parece ser muy aplicable a la minería al igual que a otros sistemas productivos. De hecho, existen enfoques (valor, mapeo del flujo de valor, estandarización, calidad desde la fuente, mantenimiento productivo total, trabajadores multifuncional y mejoramiento continuo) que pueden implementarse de manera directa (JON y col., 2000).
- Es posible implementar una nueva forma de gestión en la industria minera a través del uso de conceptos de producción Lean. Es decir, es compatible la producción Lean con los conceptos y técnicas de la industria minera (Flamarion Klippel y col., 2008).

Así, basándose en la literatura, se concluye que, la metodología lean puede aplicarse en la industria minera.

---

<sup>3</sup>Toda lo concerniente a Lean Mining fue obtenido de (Castillo Ruedlinger y col., 2013).

Los principales desafíos para la implementación de Lean en minería, son los siguientes:

- Los principios Lean que se pueden aplicar a la industria minera son altamente interdependientes. Las implementaciones Lean nunca son fáciles. Éstas toman un tiempo considerable, requieren de fuertes habilidades de liderazgo por la alta dirección, agentes de cambio y alta inversión destinada a entrenamiento del personal (JON y col., 2000).
- Existe un aspecto cultural altamente arraigado en la industria, por lo que no es fácil implementar este tipo de cambios en las empresas. Hay muchas personas que se sienten controladas cuando se realizan diagnósticos y evaluaciones. Sin embargo, una forma efectiva de romper las barreras culturales es dándoles a conocer las posibles mejoras. De este modo, se permite beneficiar a ellos mismos con los nuevos métodos de trabajos(Freire y Alarcón, 2002).
- Los principios lean presentan gran potencial de aplicación en la minería, sin embargo, deben considerarse muchos aspectos en su implementación, los que generan grandes desafíos para la administración. La aplicación de metodologías no comprende solamente la aplicación de herramientas, sino que, implica un cambio cultural en la empresa. Por lo que es un proceso lento, en el que se debe llevar un correcto seguimiento y control (Wijaya y col., 2009).

## **Principales resultados directos de aplicaciones de Lean en minería**

Algunos estudios han dado a conocer mejoras cuantificables y directas en el desempeño y resultados de los proyectos, siendo algunos de los resultados más relevantes, los siguientes:

- En proyectos en los que se implementó la metodología lean, identificando las actividades que agregan valor y las que no, se logró disminuir en un 32,9 % los costos de producción y aumentarse en un 43,6 % la productividad (Flamarion Klippel y col., 2008).
- Al aplicar la filosofía lean para aumentar la productividad en un mina de carbón, se aumentó en un 13 % la disponibilidad de las instalaciones y se aumentó en 26 % la eficiencia de la mano de obra. Otorgando un aumento del 17 % en la producción (Ade y Deshpande, 2012).

Así, a partir de la evidencia, se verifica que la implementación de Lean entrega beneficios concretos en la minería. Sin embargo, parte de estos beneficios se han logrado luego de implementaciones de metodologías aisladas y no por una transformación Lean integral. Por lo tanto, se estima mucho potencial de mejora en cuanto a las implementaciones de Lean en la industria minera.

## **Principales resultados indirectos de aplicaciones de Lean en minería**

Existen estudios en que se ha aplicado la metodología lean en proyectos de la industria minera. En estos se ha llegado a conclusiones entre las que destacan:

- La filosofía lean entrega herramientas de gestión que permiten mejorar y volver a aprender más rápidamente la forma en que se ejecutan las operaciones, siendo un aprendizaje más estructurado y sostenible. Así, se permite a toda la organización aportar al mejoramiento del negocio y asegurar el mejoramiento continuo (Dunstan y col., 2006).
- Se ha demostrado que al incluir metodologías lean en el desarrollo minero se logra aumentar la satisfacción del cliente y la calidad de vida del trabajador(Flamarion Klippel y col., 2008).
- La filosofía lean es una de las únicas vías para reducir las pérdidas y mejorar la efectividad de los recursos. Además, con la aplicación e implementación de Lean, es posible que la minería produzca a altos niveles de calidad con bajos niveles de costos (Ade y Deshpande, 2012).
- El uso de metodologías lean ha empoderado a los trabajadores para resolver problemas en el lugar de trabajo lo que promueve un fuerte sentido de pertenencia (Dunstan y col., 2006).

En base a esta evidencia, se concluye que la filosofía lean no solo demuestra tener alta capacidad de aplicación a la industria minera, sino que también ha demostrado que genera un impacto en la organización, la satisfacción del cliente y el modo en que los trabajadores desarrollan el trabajo.

## **Aplicación de filosofía Lean en la preparación minera de la GOBM**

Johny, H, trató durante su trabajo de tesis, la aplicación de la filosofía Lean para mejorar el proceso de los desarrollos horizontales en Esmeralda. (Barrios y Johnny, 2017). Al ser una tesis que se realizó en la GOBM, se considera antecedente relevante para este trabajo.

Entre los puntos útiles para este trabajo de memoria, se señala:

- El Mapa de creación de valor resultó ser útil para detectar pérdidas productivas en desarrollos horizontales, pues permitió determinar los rendimientos en las actividades de los desarrollos horizontales. Al ver estos rendimientos, se pudo identificar las tareas con menores rendimientos (menores al 70 %). Estas son ventilación (120,2 min), extracción de marina (155 min), acuñadura (94,9 min) y perforación del diagrama de tronadura (204,2 min).
- En base a su experiencia, tanto la elaboración del diagnóstico del estado actual, como la propuesta de mejoramiento, requieren de un experto que se encargue enteramente de la tarea.

## **3.2. HERRAMIENTAS A UTILIZAR**

Ya elegida la metodología a seguir, se describirán las herramientas a utilizar durante este trabajo.

### **3.2.1. Hoshin**

En Lean la eliminación sistemática de desperdicios se hace eliminando todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido y que recibe el nombre de Hoshin (brújula)<sup>4</sup>:

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de los procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada.
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor, para volver a iniciar el ciclo de mejora.

### **3.2.2. Reporte A3**

Herramienta de resolución de problemas. Su modo de uso consiste en una secuencia actividades representadas gráficamente mediante un esquema de cajas arregladas de manera secuencial. El orden de cada una de las actividades tratadas en cada caja es (Shook, 2009):

1. Establecer el contexto de negocio y la importancia de un problema en específico
2. Describir el estado actual del problema
3. Identificar el estado deseado
4. Analizar la situación para establecer causalidades
5. Proponer medidas de mejora
6. Generar un plan de acción para lograrlo
7. Hacer seguimiento del plan de acción

---

<sup>4</sup>Toda esta parte destinada a Hoshin se basó en (Matías y col., 2013)

Existe una variante de esta herramienta, la cual se utilizará en este trabajo, que incorpora un último paso: (8) Estandarizar y compartir las mejores prácticas. Además de este nuevo punto, se modifican los puntos 4 y 5. Siendo los nuevos: (4) Identificación de las posibles causas directas del problema, (5) Identificar las causas raíces de las causas directas. (D. GOBM, 2018).

### 3.2.3. Mejora continua

La mejora continua se resume en "siempre hay un método mejor". Sus bases son la lucha contra el desperdicio y el trabajo en equipo bajo el espíritu Kaizen (Matías y col., 2013). Los puntos claves de Kaizen son<sup>5</sup>:

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60 % desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 por qué y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar
10. La mejora es infinita

En este proceso de mejora continua, llega un momento en que los incrementos derivados de la introducción de mejoras son pocos significativos. Entonces debe producirse un inversión.

Para lograr la mejora continua se actúa sobre la variabilidad (pérdidas) y la inflexibilidad, consiguiendo mejoras en los costos, tiempos y calidad.

---

<sup>5</sup>Toda esta parte destinada a la mejora continua se basó en (Matías y col., 2013)

### **3.2.4. Value Stream Mapping (VSM)**

Creación de un mapa con los principales materiales y flujo de información en la conversión de materia prima a producto finalizado o creación de un servicio por el que el cliente está dispuesto a pagar (Martín y Osterling, 2014). Lo característico de este tipo de mapa es que permite identificar tiempos empleados tanto en las actividades que generan valor, como en las que no lo generan, pudiendo enfocarse en eliminar desperdicios innecesarios para generar el producto final. Además, se identifican canales de comunicación con clientes y proveedores, así como flujos push y pull.

### **3.2.5. Control visual**

Técnicas de control y comunicación visual cuyo objetivo es facilitar el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora, haciendo hincapié en anomalías y desperdicios.

### **3.2.6. Obeya Room**

Herramienta de control visual que sirve para ver gráficamente la situación de un proyecto, mediante el uso de paneles, gráficos y esquemas que visibilizan desviaciones en KPI's. La idea es que esta información sea constantemente actualizada para tener los datos vigentes y facilitar la supervisión para el cumplimiento de los estándares (Toledano de Diego y col., 2009).

## **Herramientas para modelamiento del proceso**

### **3.2.7. Business Process Management (BPM)**

Es una filosofía cuyo objetivo es mejorar la eficiencia a través de la gestión de los procesos de negocios, que se deben modelar, automatizar, integrar, monitorear y optimizar de forma continua.

Una solución BPM es un software o un conjunto de herramientas tecnológicas y servicios para realizar el diseño, modelamiento y monitoreo (control y seguimiento) de tareas en un proceso.

Así, BPM permite realizar lo siguiente:

- Agilizar la toma de decisiones.
- Incrementar la eficiencia, tanto estratégica, como operativa.
- Disminuir los costos.
- Mejorar el servicio al cliente: de mayor calidad, colaboración, coordinación y comunicación.
- Mayor competencia.
- Disminuir los tiempos de ciclo.

## **Business Process Management Notation (BPMN)**

Se define como la notación para el modelamiento de los procesos de negocio (Business Process Modelling Notation). Se trata de un set de elementos y reglas que permiten diagramar los modelos de procesos. Es una notación gráfica que plasma la lógica de las tareas, mensajes, actores y toda aquella información necesaria para que un proceso sea entendido, analizado, simulado y finalmente implementado. Cabe destacar que este tipo de modelamiento se centra en los actores, más que en las actividades. A continuación se presentan las principales componentes de este modelamiento:

### Eventos

Se modelan utilizando círculos.

Representa algo que ocurre o puede ocurrir durante el curso de un proceso. Tienen una causa e impacto sobre el proceso.

Existen tres tipos de eventos:

-  Eventos de inicio
-  Eventos intermedios
-  Eventos de fin

Figura 3.1: Tipos de eventos

### Actividades

Se modelan utilizando rectángulos con bordes redondeados.

Representan el trabajo realizado dentro de una organización. No representan estados o eventos.

Su visualización gráfica es la siguiente:



Figura 3.2: Actividad

### Flujo de secuencia

Se modelan utilizando flechas.

Se utilizan para representar el control y la secuencia de los objetos de flujo, donde se encuentran las actividades, las compuertas y los eventos.

Su visualización gráfica es la siguiente:



Figura 3.3: Flujo de secuencia

### Pool

Se modelan utilizando rectángulos que contienen a un único proceso.

Los flujos de secuencia no pueden cruzar de un pool a otro, ya que cada uno contiene un proceso independiente.

Su visualización gráfica es la siguiente:

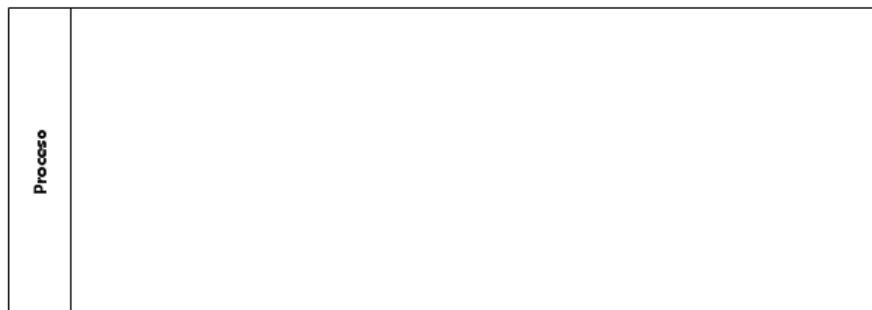


Figura 3.4: Pool

## Lane

Se modelan utilizando rectángulos que dividen a un pool.

Define un área funcional, equipo de personas o roles que realizan las actividades contenidas dentro del Lane. Un área funcional puede ser responsable de muchas actividades.

Su visualización gráfica es la siguiente:



Figura 3.5: Lane

Así, incorporando los elementos anteriormente señalados, un ejemplo simple de BPMN sería:

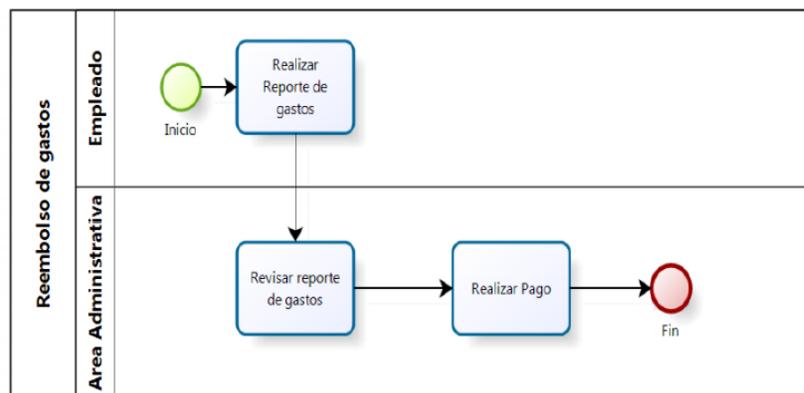


Figura 3.6: Ejemplo de modelamiento mediante BPMN

### 3.2.8. IDEF0

Método diseñado para modelar las decisiones, acciones, y actividades de un sistema. Como herramienta de comunicación, IDEF0 señala los actores involucrados en cada actividad y decisión. Mientras que como herramienta de análisis, ayuda a identificar qué acciones se realizan, qué se necesita para realizarlas, lo que se está haciendo correctamente y lo que no. A diferencia del modelamiento por BPMN, este tipo de modelamiento se centra en las actividades.

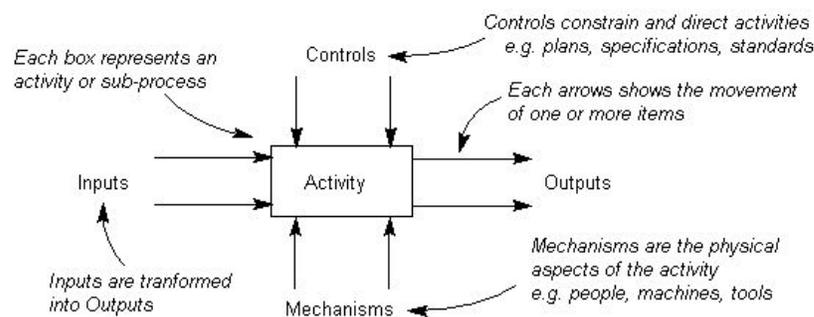


Figura 3.7: Ejemplo de modelamiento mediante IDEF0

En la figura 3.7 se presentan los principales elementos de este modelamiento, los cuales son:

- **Actividad:** Se representan mediante rectángulos. Señalan cada una de las actividades o subprocesos desarrollados durante algún proceso.
- **Entradas :** Se representan por flechas horizontales que apuntan hacia una actividad. Corresponde a los recursos para iniciar la actividad a la que entra. Ejemplos son: insumos, ordenes, etc.
- **Salidas :** Se representan por flechas horizontales que apuntan desde una actividad. Corresponde al producto o resultado de la actividad que sale. Ejemplos son: productos, reportes, etc.
- **Controles:** Se representan por flechas verticales que apuntan hacia abajo a una actividad. Corresponden a restricciones que regulan una actividad. Ejemplos son: procedimientos, presupuestos, etc.

- Mecanismos: Se representan por flechas verticales que apuntan hacia arriba a una actividad.  
Es lo que permite realizar una actividad. Ejemplos son: equipos, personal asignado, etc.

### **3.2.9. Promodel**

Promodel es una herramienta de simulación para modelar todo tipo de sistemas. Los elementos de modelamiento de esta herramienta usados en este trabajo son:

#### **Entidades**

Las entidades son los elementos que son procesados en el sistema y fluyen entre una u otra location. Para su flujo pueden requerir del uso de recursos. Además, estos elementos pueden juntarse para formar una sola entidad, o bien, una entidad puede descomponerse en dos o más entidades.

#### **Locations**

Corresponden a lugares fijos en el sistemas donde ocurre el procesamiento de las entidades. El ruteo a través del sistema ocurre entre una location y otra. En el modelo a realizar cada location se representa mediante una imagen.

#### **Procesos**

Corresponde a las actividades que se ejecutan en una location, tomando la entidad y llevándola a un estado de mayor avance, conducente a obtener el producto final. El proceso puede consistir en una espera de tiempo fijo o variable o depender de sentencias lógicas, tales como esperar la llegada de otra entidad, que cierta variable tome algún valor, se desocupe un recurso, entre otros. En el modelamiento del proceso es donde se realiza la programación en el sistema.

#### **Redes**

Definen los posibles caminos entre locations que pueden tomar las entidades mientras se movilizan a través del sistema. Se pueden asociar recursos a los distintos segmentos de la red, los cuales serían necesarios para que la entidad se movilice a través de éste.

## **Recursos**

Un recurso puede ser una persona, herramienta, vehículo u otro objeto que podría ser usado para:

- Transportar entidades en la red.
- Realizar un procesamiento a una entidad dentro de una location.
- Realizar mantenimiento a una location u otro recurso.

## **Llegadas**

Elemento mediante el cual se modela la entrada de entidades al sistema. Estas pueden ocurrir de acuerdo a sentencias determinísticas, condicionales o estocásticas.

### 3.2.10. Determinación del tamaño muestral para poblaciones pequeñas y de tamaño conocido

Dado que se utilizarán encuestas para diagnosticar el estado del sistema y validar las soluciones desarrolladas, se hace necesario conocer el tamaño muestral requerido para que los resultados obtenidos cuenten con el nivel de confianza y margen de error que se establezcan. Dado que la población de involucrados en el proceso de licitación es de sólo 14 personas, se usa la fórmula para determinar el tamaño muestral para poblaciones pequeñas y de tamaño conocido, señalada en (Morales, 2012).

El autor señala que, cuando se conoce el tamaño de la población, la muestra necesaria es más pequeña y su tamaño se determina mediante la fórmula:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{z^2 * p * q + (N - 1) * e^2}$$

Donde:

n = Tamaño muestral

N = Tamaño de la población

e = Magnitud del error muestral

z = Valor z correspondiente al nivel de confianza de acuerdo a una Normal estándar

p = Probabilidad de éxito de acuerdo a Bernoulli(p)

q = 1-p

### 3.3. MARCO TEÓRICO ACERCA DE PREPARACIÓN MINERA

#### 3.3.1. Desarrollos horizontales

Las excavaciones horizontales se realizan al ejecutar distintas tareas de manera secuencial y cíclica, en lo que se denomina el ciclo de desarrollo horizontal.



Figura 3.8: Ciclo de desarrollo horizontal

En la figura 3.8, se presentan cada una de las actividades que forman parte del ciclo de desarrollo horizontal. Los aspectos generales de cada una de estas actividades son:

#### **Ventilación**

Consiste en ventilar el área de trabajo, con el fin de contar con una composición del aire adecuada para la salud de los trabajadores. Para realizar esta ventilación se utiliza principalmente ventiladores y mangas de ventilación. Tanto para extraer el aire viciado, como para inyectar aire fresco.

#### **Retiro de marina**

Consiste en extraer el material que se ha desprendido del macizo rocoso. Se debe iniciar por evaluar las condiciones de seguridad en el área de trabajo, para posteriormente extraer este material. En El Teniente, se extrae principalmente mediante el uso de equipos Scoops de  $7yd^3$ .

## Acuñadura

Esta actividad se realiza para eliminar las rocas sueltas producto de la tronadura. Para ejecutar esta labor, se ilumina el sector con pantallas y se ocupa un equipo elevador con jaula techada y acuñadores metálicos manuales. Después de la acuñadura se procede a demarcar la ubicación de las perforaciones donde se instalarán los pernos de refuerzos tipo helicoidal y Split set.

Sección	3.6x3.6	4x4	4x5	5x5	5x6	6x6	6x7	7x7	7x8
Nº	8	10	12	16	19	23	26	31	35

Cuadro 3.2  
*Cantidad de pernos Split Set dependiendo del tamaño de sección (Geovita, 2015)*

La tabla 3.2 muestra la cantidad mínima de Split Set dependiendo del tamaño de la sección de la galería. Cabe señalar que la instalación de estos se inicia desde un metro sobre el nivel del piso.

## Perforación de fortificación

Esta perforación se realiza para instalar pernos de fortificación en la dirección de avance de los desarrollos horizontales. Con la instalación de este sistema de refuerzo se busca controlar el riesgo de caída de roca frente al área de trabajo. El diámetro del perno utilizado es de 33 mm, con una longitud que depende del sector en que se trabaje.

Esta perforación se realiza utilizando jumbos de 1 brazo, apropiados para realizar esta fortificación.

## **Lechado de pernos**

Consiste en la fijación de los pernos de fortificación.

En primer lugar, se confina y verifica las condiciones de seguridad del sector de trabajo, iluminando el área para realizar el control visual y así saber si es necesario acuñar, debido a la presencia de roca suelta. También, se puede necesitar drenar si la frente está con agua por causa de la perforación.

Para realizar esta actividad se utiliza equipo de levante con jaula provista de techo protector (con malla de seguridad) y la máquina lechadora, la cual inyecta lechada en la dirección de avance, hacia la frente avance, y desde el techo hacia las paredes.

## **Instalación de malla**

Consiste en la instalación de malla para reforzar las condiciones de seguridad en el sector de trabajo.

Se inicia confinando el área de trabajo, acuñando si es necesario. Para esta actividad se utiliza un equipo de levante con jaula techada y una malla (Inchalam 100-06 en el caso de la preparación minera en El Teniente).

La malla se extiende sobre el techo de la jaula de protección y se monta desde el eje de la galería, fijándola a los pernos con planchuelas y tuercas. La instalación se realiza desde el techo bajando por las paredes laterales. Después de haber extendido completamente la malla, se tensionan de forma definitiva las tuercas de los pernos.

## **Hilteo**

Esta actividad consiste en la instalación de tacos de concreto entre la malla y las paredes de la excavación, asegurando que el espesor del shotcrete lanzado sea uniforme en todos los sectores, instalando simultáneamente la malla de retención con pernos de refuerzo. Para esta actividad se utiliza equipo de levante con jaula techada.

Terminada esa actividad, se retiran todos los materiales e ingresa la máquina LHD a limpiar la zapatera (ingresa las veces que sean necesarias para dejar limpio).

## **Proyección de shotcrete**

Corresponde a la aplicación de hormigón sobre las paredes del macizo rocoso con el fin de confinarlo, de tal manera de evitar caída de pedazos de éste al sector de trabajo.

El operador del mixer transporta shotcrete desde la planta de concreto hacia la obra, con el tambor mezclador en movimiento y es obligación del jefe de nivel de minería asignar a una persona para apoyar operaciones de retroceso.

Una vez posicionado el equipo mixer en la tolva del equipo impulsor, el operador debe verificar el sellado del tambor mezclador con la tapa posterior, moviéndola, verificando que ella no se encuentre suelta, para posteriormente abrirla paulatinamente y vaciar su contenido. Trasvasijar al roboshot el aditivo de aceleración, tomando las medidas para controlar posibles derrames, se descarga el shotcrete a la tolva del equipo impulsor.

## **Perforación de frente**

Consiste en realizar los tiros de avance para posteriormente cargar la frente y detonar el explosivo, pudiendo así abrir nueva área operativa.

Para ello, primero se confina, y luego, se instala el jumbo de 2 brazos en la frente de avance. Se requiere la presencia del electricista de turno y/o operador del jumbo, de tal manera que, se haga responsable de controlar la habilitación eléctrica para el Jumbo, tanto en el tendido del cable, como en el procedimiento de conexión y puesta en servicio.

Una vez en la frente, el Jumbo se posiciona utilizando gatas estabilizadoras. Antes de iniciar la perforación, se instala una bomba de drenaje.

Se inicia la perforación del diagrama de disparo comenzando por la zapatera (brazo 1) y la rainura (brazo 2). La longitud del brazo es de 14 ft. y la longitud de perforación es de 3,8 m.

## Carguío de frente y tronadura

Consiste en la instalación de explosivos y su posterior detonación, para arrancar la roca del macizo.

Esta actividad se realiza en base al diagrama de disparo correspondiente a la sección de la galería.

El supervisor solicita la cantidad de explosivo a la bodega de almacenamiento. Su retiro se realiza en una camioneta debidamente acondicionada para el transporte de explosivos y autorizada por Sernageomin.

Antes de cargar los tiros, se inyecta aire a presión en todas la perforaciones para eliminar el agua y los residuos sólidos que puedan impedir una carga de explosivo adecuada en las perforaciones.

Para el carguío de la frente se utiliza un equipo de levante que presente jaula con techo protector.

## Resumen del ciclo de desarrollos horizontales

En la figura 3.9, se resume la secuencia de actividades en el ciclo de desarrollos horizontales.



Figura 3.9: Secuencia de actividades en el ciclo de desarrollo horizontal

Cabe señalar que, las actividades destacadas en verde corresponden a tareas que están directamente involucradas con el proceso de minado en excavaciones horizontales. Mientras que, las restantes son las correspondientes al traslado de equipos y protocolos de recepción e instalación de sistemas de refuerzo y retención, siendo estas tareas de responsabilidad del inspector técnico de obras (ITO).

### 3.3.2. Desarrollos verticales

Los desarrollos verticales contemplan más que todo, la construcción de sistemas de traspaso que conecten al nivel de producción con el nivel de transporte, de manera que el mineral que se extraiga durante la producción, pueda ser recibido por buzones que luego descarguen a camiones que transportan el mineral hacia la planta de procesamiento.

Estos desarrollos verticales contemplan un plazo de 313 días en promedio, involucrando 2 niveles (producción y transporte). Para realizarse necesitan cumplir con las 14 etapas que componen su ciclo:

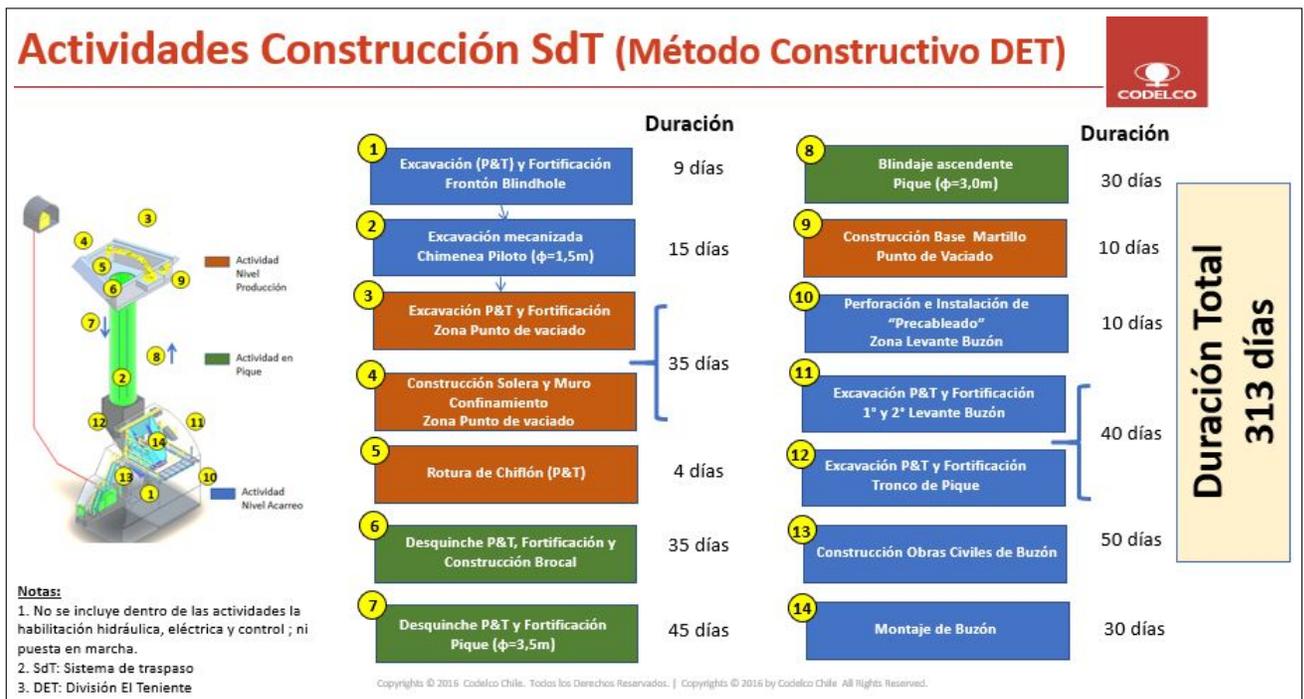


Figura 3.10: Secuencia de actividades en el ciclo de desarrollo vertical

En la figura 3.10 se presentan enumeradas secuencialmente las actividades que componen el ciclo de desarrollo vertical. En la leyenda, se presenta la asociación entre actividad y el nivel en que se ejecuta.

A continuación, se presenta una descripción general de las actividades más relevantes de este proceso:

### **Excavación y fortificación del punto de vaciado**

Considera la perforación y tronadura del sector de la calle donde estará ubicado el punto de vaciado del LHD, para generar el espacio que requiere el martillo picador en la operación de reducción del sobre-tamaño y la altura necesaria para el balde de la pala, al momento de vaciar el material.

### **Construcción del brocal**

Considera la instalación de enfierradura, planchas de blindaje del brocal y de muro perimetral, hormigonado y posterior instalación de parrilla.

Previamente, se realiza desquinche del brocal.

### **Desquinche y fortificación del pique**

Considera el ensanche en forma descendente, de la excavación piloto (cara libre) de 1,5 a 3 m, vía perforación y tronadura, entre los niveles de producción y acarreo o transporte. Por otra parte el blindaje de pique considera las obras de instalación de planchas M-01 (aprox. 18 anillos de 1m de altura), en todo el pique y su posterior hormigonado.

### **Excavación y fortificación 1º y 2º levante Buzón**

La etapa de excavación de un levante de buzón considera todos los trabajos de minería que se deben realizar para ser entregado a la cuadrilla de obras civiles. Es decir, se debe comenzar con las primeras excavaciones para poder instalar el equipo de perforación vertical que realizara la chimenea piloto de 1,5 m de diámetro.

### **Construcción de obras civiles del buzón**

Una vez terminada la excavación de levante de buzón, se inician las tareas de construcción y montaje. Para la construcción de las bases de hormigón del buzón se dispone de un equipo de levante telescópico a tiempo completo, el cual se usa para todos los trabajos previos de OO.CC. y de montaje de estructuras, y una bomba de hormigón para poder elevar los hormigones hasta la altura en que van los pedestales de soporte de las estructuras.

### **Montaje del buzón**

Considera el montaje secuencial de los componentes estructurales del buzón, este proceso incluye el blindaje del tronco de pique y hormigonado, montaje de plataforma de mantención y operación, y estructura del buzón.

## **4. METODOLOGÍA**

El enfoque metodológico consta de 3 etapas, o equivalentemente, a las etapas de definir, medir, analizar y parte de mejorar; de la metodología Six Sigma. Estas etapas son:

1. Estudio de la situación actual
2. Diseño de soluciones
3. Validación de las soluciones

Los detalles de cada una de estas actividades se señalan en los siguientes párrafos.

### **4.1. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En esta parte, el propósito es identificar cada uno de los aspectos que influyen sobre el proceso de licitación manejado por la GOBM. Estos aspectos corresponden a:

- Procedimientos
- Tareas
- Flujo
- Insumos
- Entregables
- Responsables
- Control

Esta tarea se realiza, siguiendo los siguientes pasos:

### **1. Entendimiento de los procedimientos:**

Durante esta actividad, se revisan los manuales de procedimientos internos a nivel corporativo. De manera que, se pueda establecer un marco regulatorio que delimite el espacio de acción del trabajo.

Así también, los procedimientos permiten identificar cada uno de los protocolos, responsables y control bajo los que se debe regir cada solución generada para mejorar el proceso de licitación.

### **2. Modelar el proceso de licitación:**

Durante esta actividad se identifican las tareas que componen el proceso de licitación, relacionando cada tarea con sus respectivos responsables.

Para ello, se realizan entrevistas al jefe de proyecto y a su ingeniero de apoyo, quienes son los que manejan el proceso de licitación realizado por la GOBM.

Este modelamiento se realiza mediante el uso de las herramientas BPMN e IDEF0. Ya que estas herramientas aparte de mostrar de manera visual las actividades que forman parte del proceso, permiten identificar flujos, decisiones, responsables, controles, insumos y entregables.

### **3. Evaluación de la situación actual:**

Durante esta actividad, se revisa el estado de la situación actual. Para ello se identifican los retrasos que presenta cada actividad que forma parte del proceso de licitación. En base a estos tiempos, se realiza un mapa de creación de valor, de tal manera de poder identificar desperdicios en el proceso y evaluar el estado de la situación actual.

Además, se realizan simulaciones en Promodel, las que permiten identificar falencias en el sistema, tales como cuellos de botella y órdenes en espera. Además, mediante estas simulaciones se identifican actividades que de ser mejoradas, generarían un mayor beneficio sobre el proceso.

Además, se realiza una encuesta a todos los involucrados en el proceso de licitación de obras de preparación minera, de manera de conocer la percepción general sobre el sistema y así poder inferir posibles causas de los problemas, utilizando el método de los 5 por qué, que señala la Mejora Continua. Esto, en conjunto con un diagrama de Ishikawa permite establecer las posibles causas de los retrasos en el sistema.

La encuesta se crea mediante un formulario online. El acceso a la encuesta es mediante algún correo, lo que en conjunto con el registro de ip del equipo electrónico, no permite acceder dos o más veces desde un mismo dispositivo o correo. Esto resulta muy útil, para que la encuesta goce de un mayor grado de transparencia.

La encuesta se compone de tres partes. En la primera se realiza una serie de preguntas para evaluar la percepción de los involucrados acerca del proceso de licitación. En la segunda parte, se identifican las etapas que son percibidas como de mayor posibilidad de mejora según los involucrados. Finalmente, se les consulta sobre el beneficio que se obtendría al implementar las herramientas propuestas, con su respectiva probabilidad de ocurrencia.

La última parte de esta encuesta resulta sumamente útil para poder simular el proceso de licitación y validar que se cumpla el objetivo de este trabajo de memoria, correspondiente a disminuir en un 10 % los retrasos esperados.

Cabe señalar que, la encuesta se realizará a toda la población de involucrados en el proceso de licitación, definiéndose un tamaño muestral mínimo de 12, ya que esa cantidad permitiría obtener resultados con sobre un 90 % de confianza y un margen de error del 10 %. Además, se considera un desconocimiento total de tendencias en las respuestas a cada pregunta ( $p = q = 0.5$ ).

## 4.2. DISEÑO DE SOLUCIONES

En esta parte, primero se proponen soluciones para disminuir los retrasos en el proceso de licitación y se genera un prototipo de éstas.

Los detalles de las tareas realizadas en esta etapa de diseño de soluciones, son:

### **Propuesta de soluciones**

En esta actividad, se les consulta a distintos actores involucrados en el proceso de licitación acerca de las dificultades que han experimentado durante este proceso, de tal manera de poder tener una guía de qué herramientas podrían ser útiles para mejorar este proceso.

### **Construcción del prototipo**

Ya con una guía de ruta, se genera un prototipo de las herramientas a implementar para mejorar el proceso de licitación. Este prototipo, más que todo, consiste presentar las herramientas a implementar, de manera preliminar, de tal manera que se muestre con claridad su objetivo y modo de uso. La finalidad de este prototipo es presentárselos a los involucrados en el proceso de licitación, para que éstos mediante la encuesta, valoren el beneficio de implementar cada una de las herramientas propuestas.

### **4.3. VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES**

En esta etapa se escoge un conjunto de soluciones que cumpla con el objetivo de memoria, si no es el caso se vuelve a iterar el diseño de soluciones. Para la elección de este conjunto, se determina la disminución en los retrasos esperados que provocaría el conjunto propuesto, de acuerdo a la cuantificación de esta mejora y su probabilidad de ocurrencia, brindada por los encuestados en la encuesta señalada en la sección de estudio de la situación actual.

#### **Cálculo del beneficio esperado**

Ya con el beneficio estimado de implementarse cada herramienta propuesta y su probabilidad de ocurrencia, al sacar la esperanza de las esperanzas condicionales, se obtiene la esperanza del beneficio esperado, lo que permite determinar si el conjunto de soluciones escogidas cumple o no con el objetivo principal de esta memoria.

#### **Generación de herramientas seleccionadas**

Finalmente, se crea el conjunto de herramientas escogidas, tal que se cumple el objetivo de disminuir en por lo menos un 10 % los retrasos esperados en el proceso de licitación. Para su creación se utiliza Excel, Bizagi y lenguaje HTML, PHP y CSS.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En esta sección se presenta cada uno de los resultados obtenidos durante este trabajo, realizándose análisis donde sea pertinente. Los resultados se presentan de manera secuencial de acuerdo a la metodología señalada en la sección previa.

### **5.1. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

#### **5.1.1. Modelamiento del proceso de licitación**

Al entender el marco regulatorio del proceso de licitación, se pudo determinar cómo proceder en los distintos modos de licitación. Esto ya fue presentado a grandes rasgos en el contexto.

Bajo este marco, en base a entrevistas a los actores más involucrados, se modeló este proceso. El detalle de cada etapa, se presentará secuencialmente con sus diagrama BPMN y/o IDEF0.

## Proceso de licitación y gestión del contrato (vista general)

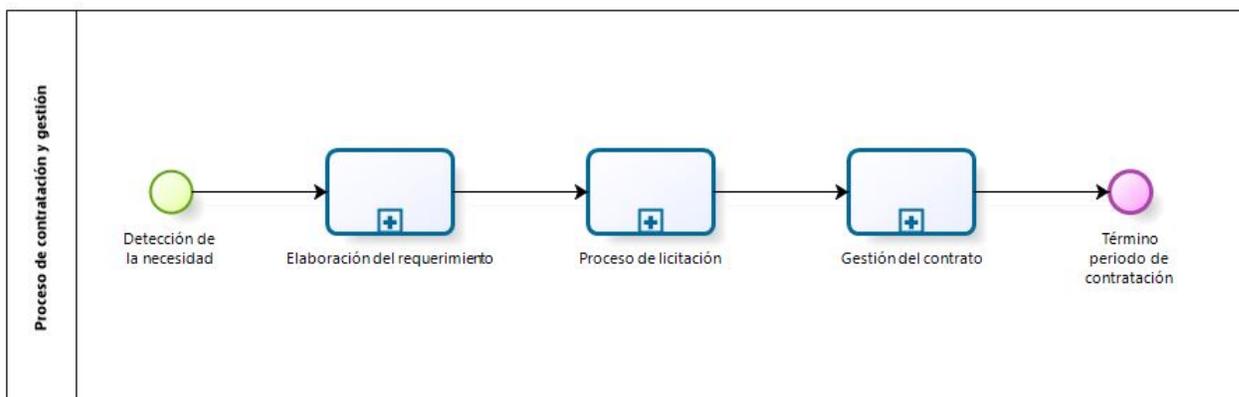


Figura 5.1: Proceso de licitación y gestión del contrato (BPMN)

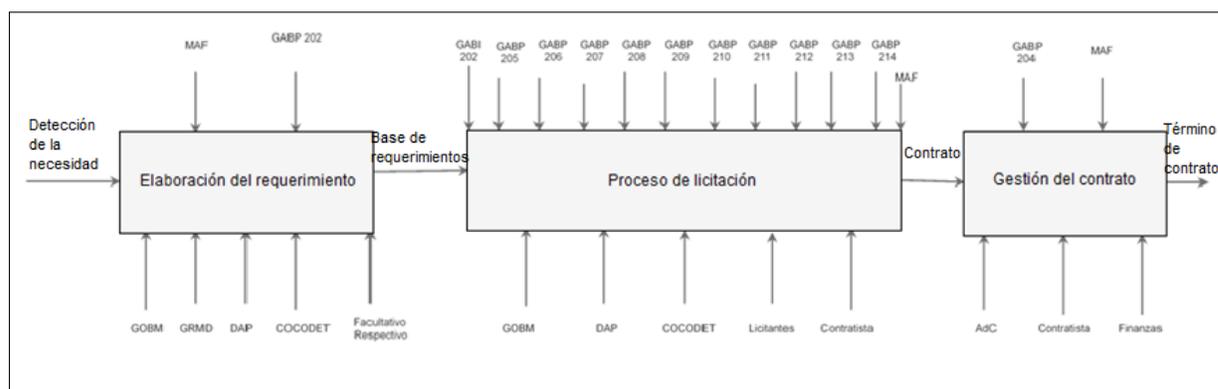


Figura 5.2: Proceso de licitación y gestión del contrato (IDEF0)

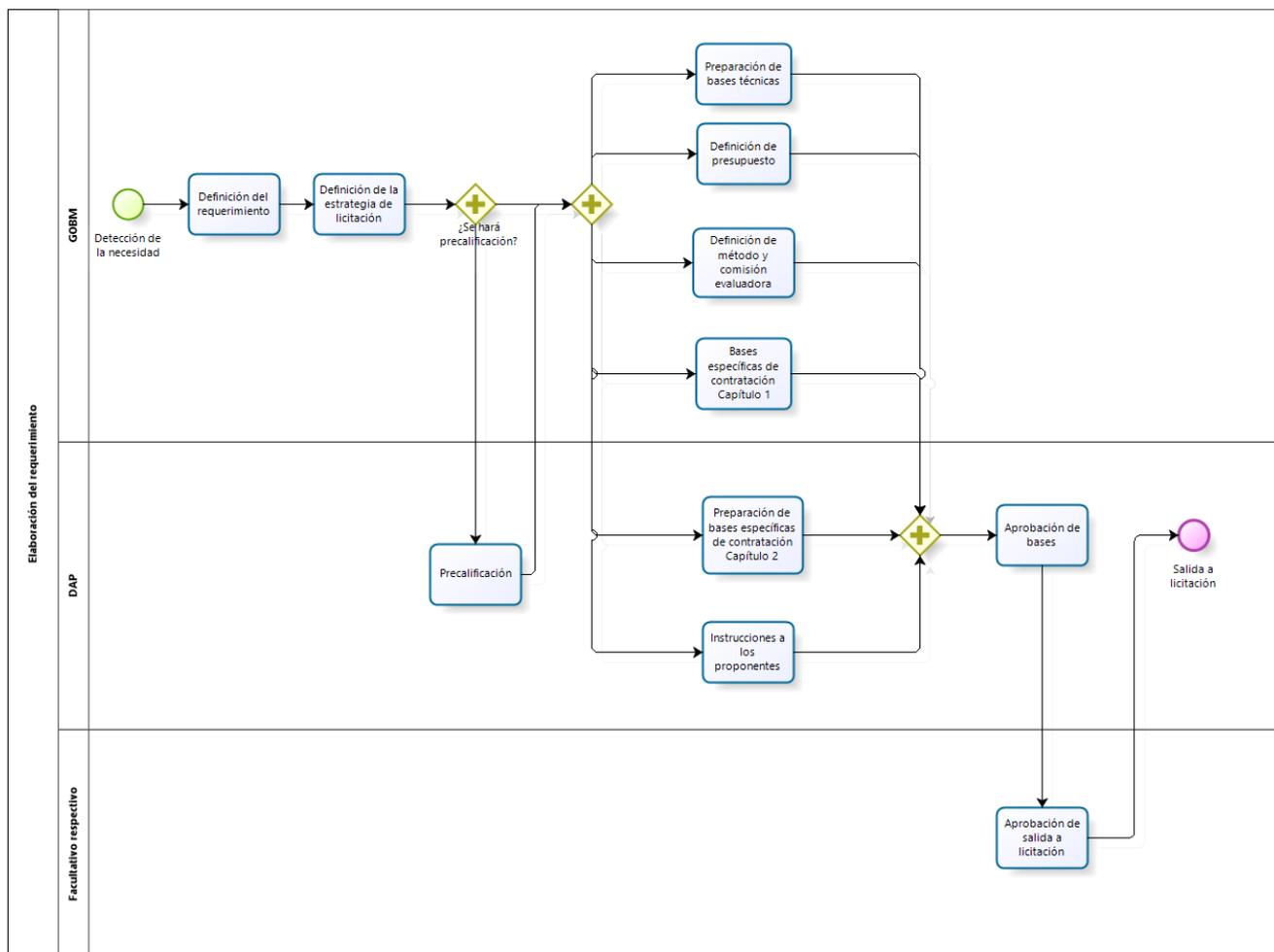
En las figuras 5.1 y 5.2, se aprecia que el proceso de licitación es parte de un macro proceso que incorpora la elaboración de los requerimientos (etapa varias veces incorporada como parte del proceso de licitación), el proceso de licitación propiamente tal y el proceso de gestión del contrato.

En este trabajo de memoria, se incorporará la elaboración de los requerimientos dentro del proceso de licitación. Esto, pues ambas corresponden a etapas previas a la ejecución de un nuevo contrato, cuyo fin es lograr que un nuevo contrato se adjudique y, posteriormente, se ejecute. Otro argumento para esta incorporación es que, en la GOBM, la elaboración de requerimientos se considera parte del proceso de licitación, correspondiendo a la elaboración de las bases técnicas. De este modo, se expande el campo de acción de mejoras.

Como se puede apreciar en la figura 5.2, existe una gran cantidad de documentación referente a procedimientos internos que regulan este macro proceso y sobre todo el proceso de licitación. Estos documentos corresponden a procedimientos que definen el modo en que se deben justificar los requerimientos a la Dirección de Abastecimiento, el protocolo para salir a mercado bajo cada modalidad, las autoridades pertinentes para dar permiso a una adjudicación de contrato, el método de evaluación de desempeño de las empresas contratistas, entre otros.

Este macro proceso, comienza al detectar que existe alguna necesidad, generalmente asociada a la incorporación de nuevos sectores, de acuerdo a los planes de incorporación de área anual que envía la GRMD a la GOBM. Aunque, hay otras ocasiones en que las necesidades corresponden a servicios de apoyo, para que la preparación funcione de manera eficiente. Luego, el macro proceso pasa por una etapa de elaboración del requerimiento, de licitación y de gestión del contrato, terminando con el término de un contrato, debido a que ha finalizado su plazo, con lo que nuevamente surge la necesidad de licitar y comienza el ciclo nuevamente.

## Elaboración del requerimiento



Powered by  
**bizagi**  
Modeler

Figura 5.3: Elaboración del requerimiento (BPMN)

En esta ocasión, no se presentó el diagrama IDEF0, debido a que al relacionar los procedimientos a sus actividades, no hubiera quedado muy claro el mapa. Por ello, tan solo se señalará qué procedimientos actúan en cada actividad mostrada en el diagrama BPMN de la figura 5.3.

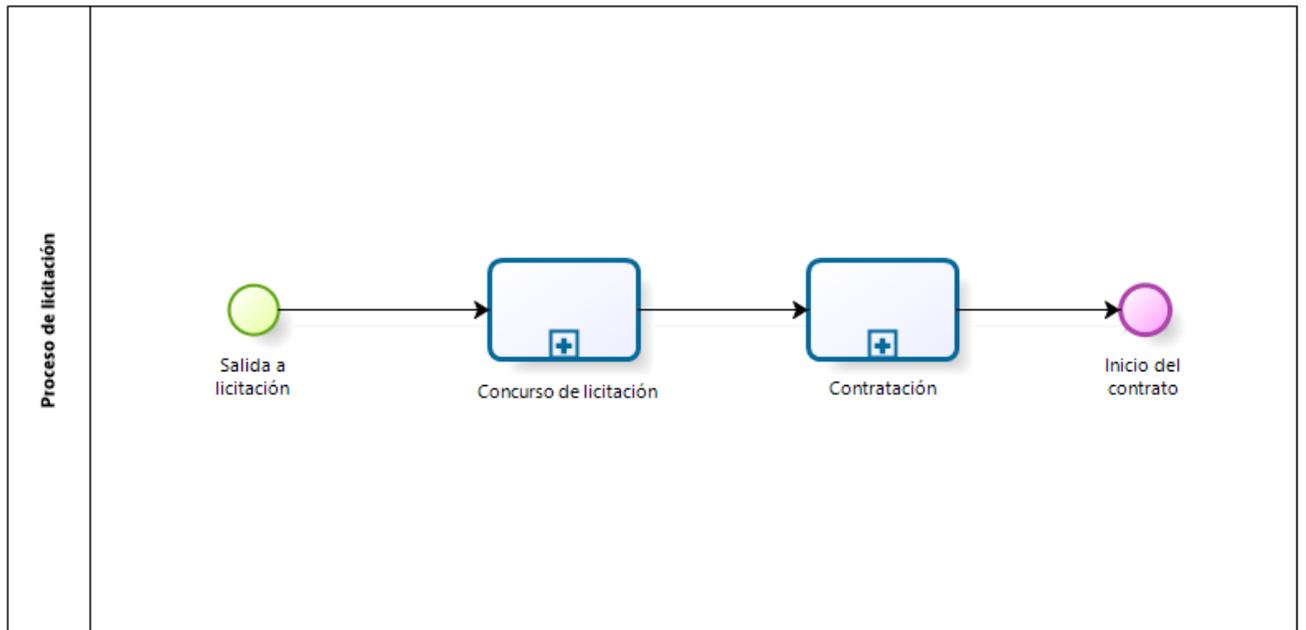
La actividad definición del requerimiento, también correspondiente a la etapa de preparación de la licitación, se rige bajo el procedimiento GABP 202 - Detección de la necesidad y emisión del requerimiento.

Ya que la actividad preparación de las bases específicas de contratación capítulo 1, define el método de evaluación de las empresas contratistas, debe regirse bajo el procedimiento GABP 204 - Evaluación de desempeño del contratista.

En esta etapa, primero se define la estrategia de licitación. En esta actividad, se establece el modo en el que se va a licitar, ya sea uniendo los requerimientos de dos sectores de una mina en un solo contrato, entre otros.

Entonces, se procede a elaborar los requerimientos. Esta elaboración se realiza mediante la confección de las bases técnicas, que luego se le envían a la DAP quien decide la aprobación de estos requerimientos, y si los aprueba elabora las bases económicas e instructivos a los proponentes. Ya con esta documentación lista se sale a licitar.

## Proceso de licitación (vista general)



Powered by  
**bizagi**  
Modeler

Figura 5.4: Vista general del proceso de licitación (BPMN)

Como se puede apreciar en la imagen 5.4, el proceso de licitación se inicia una vez que ya están establecidos los documentos que componen la licitación, una vez que estos documentos han sido aprobados y se ha dado el visto bueno para comenzar a licitar, comienza el proceso de licitación propiamente tal.

El proceso de licitación propiamente tal, se puede resumir en 2 etapas: concurso de licitación y contratación. Finalizando con el inicio de un nuevo contrato, asegurándose así la continuidad de la preparación minera.

## Concurso de licitación

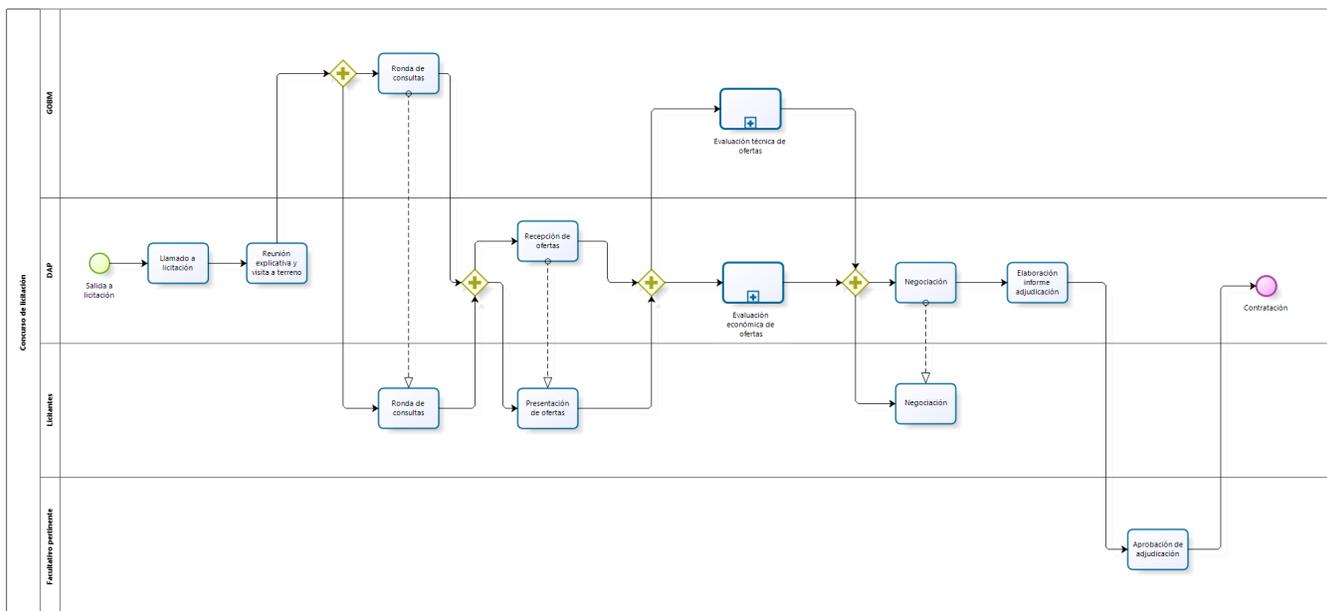


Figura 5.5: Concurso de licitación (BPMN)

Habiendo sido aprobada la salida a licitación por el facultativo pertinente (con su respectiva documentación ya creada), se realiza el llamado a licitación a través de los distintos medios de comunicación a disposición de Codelco. El medio oficial por el que siempre se publicita el proceso de licitación para obras de preparación minera de la DET, es su página web corporativa.

Una vez que las empresas han enviado su solicitud para participar en este concurso de licitación, se les contacta para citarlos a una reunión explicativa y visita en terreno, actividades cuyo fin es de que las empresas licitantes conozcan con mayor claridad el servicio solicitado por Codelco, así como el contexto bajo el cual se ejecutará la prestación del servicio.

Luego, se les da plazo a las empresas licitantes para que contacten a Codelco para realizar las consultas que le queden pendientes acerca del servicio a prestar y/o condiciones del contrato.

Una vez finalizado el plazo de las rondas de consultas, se empieza a recepcionar las ofertas de las empresas, actividad que también posee un plazo estipulado.

Recibidas todas las ofertas que han cumplido con los requisitos y estándares definidos por la DAP, se realiza evaluaciones de las ofertas emitidas por cada empresa licitante. Este evaluación está compuesta por dos tipos de evaluaciones que se realizan de manera simultánea, la evaluación técnica y la evaluación económica de ofertas.

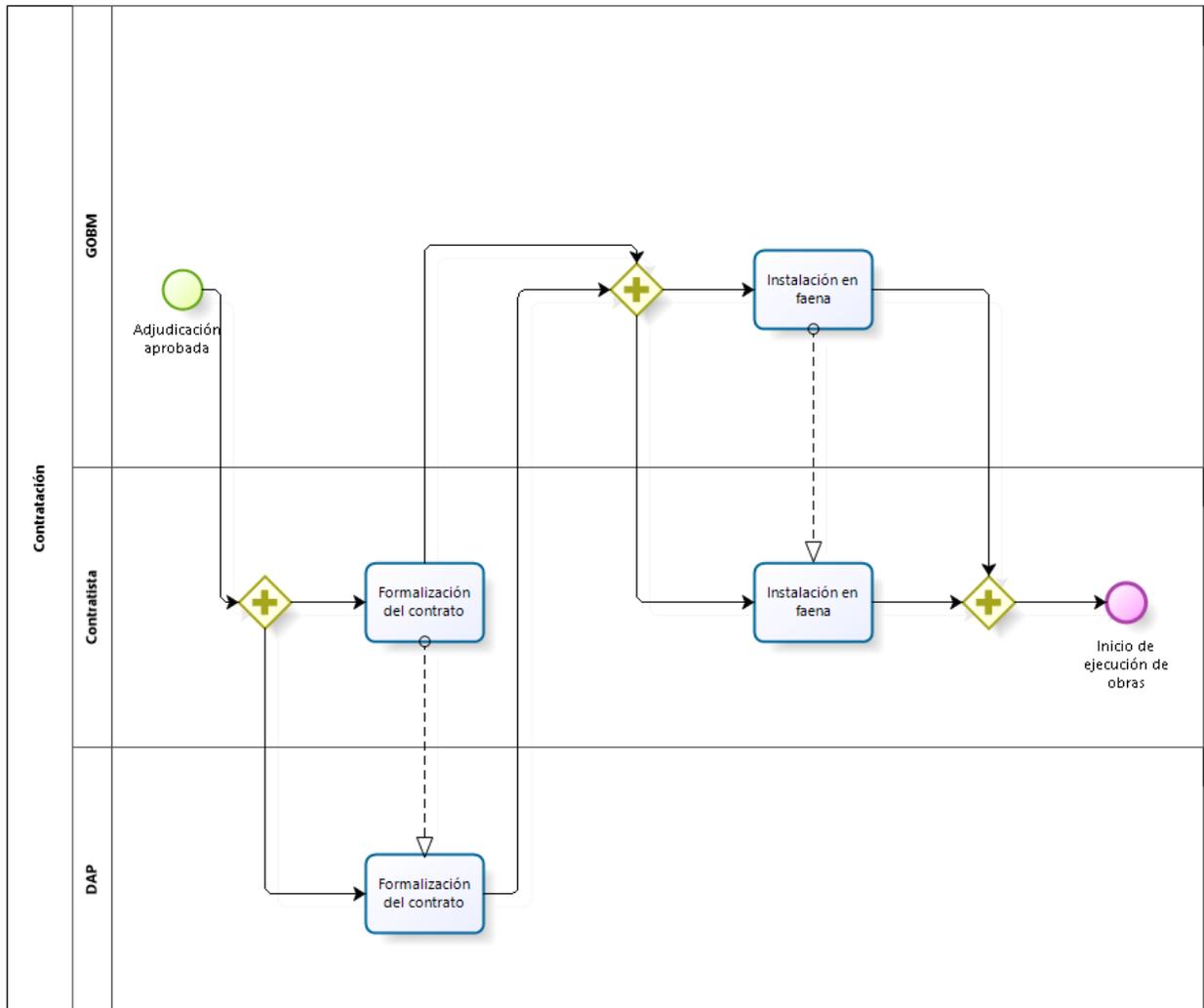
La evaluación técnica de ofertas es realizada por personal de la GOBM y de la empresa contratista de apoyo a la GOBM en el proceso de licitación. Durante esta etapa se contempla la evaluación de una serie de aspectos, los cuales serán presentados de manera más detallada más adelante en este trabajo.

Mientras que, la evaluación económica de ofertas es realizada por personal de la DAP y de la empresa contratista de apoyo a la DAP en el proceso de licitación para la preparación minera. Durante esta etapa se evalúa tanto la conveniencia económica de cada contrato, como el grado de transparencia de las empresas y de este proceso. Además, se evalúa la consistencia de los precios estipulados por la empresa contratista en la parte económica de su oferta.

Una vez evaluadas las ofertas, entre la GOBM y la DAP deciden una terna de empresas que avanzarían a la etapa de negociación. Durante esta última, la DAP se reúne con las empresas de la terna y les propone posibles contratos en que se vea favorecida la situación de Codelco, respecto a la oferta original hecha por las empresa, allí las empresas plantean también su posición y se llega a acuerdos acerca de los posibles contratos.

Al comparar cada oferta mejorada, entre DAP y GOBM deciden a qué se empresa adjudicará el contrato. Una vez tomada esta decisión, en DAP se procede a elaborar el informe de adjudicación, el cual luego se le enviará a las autoridades facultadas para aprobar esta adjudicación, a quienes entonces se les presenta los antecedentes que respaldan la conveniencia de adjudicar el contrato elegido. Si ellos aprueban la adjudicación, se procede a contratar a la nueva empresa contratista; si no, se realiza una nueva etapa de negociación con las empresas licitantes y/o se realiza un nuevo proceso de licitación.

## Proceso de contratación



Powered by  
bizagi  
Modeler

Figura 5.6: Proceso de contratación (BPMN)

Finalizado el concurso de licitación, se inicia el proceso de contratación. Este proceso comienza con la formalización del contrato, en donde DAP y la nueva empresa contratista se reúnen, establecen sus condiciones y se firma el contrato entre ambas partes.

Formalizado el contrato, se continúa con la instalación en faena de la empresa contratista, proceso durante el cual se contempla el habilitar las oficina en el interior mina, los servicios eléctricos, de

ventilación, entre otros, de tal manera que una vez que se comience la ejecución del contrato, las condiciones operacionales estén aptas para que se ejecuten las obras.

Finalmente, con la empresa ya instalada, se procede a la ejecución del contrato, iniciándose las obras.

### 5.1.2. Evaluación de la situación actual

Una vez modelado el proceso, se procede a realizar un análisis cuantitativo de él. Los datos obtenidos acerca de los días de retrasos promedio en cada actividad del proceso de licitación y la proporción que representan los retrasos de cada actividad con respecto al retraso total se presentan en el cuadro 5.1.

Actividad	Días de retraso	Porcentaje con respecto al retraso total
Recepción 1º ronda de consultas	2	2 %
Respuesta a 1º ronda de consultas	26	28 %
Recepción 2º ronda de consultas	8	9 %
Respuesta a 2º ronda de consultas	18	19 %
Recepción ofertas técnicas y económicas	18	19 %
Entrega informe técnico final a DAP	22	23 %
Total	94	100 %

Cuadro 5.1  
*Retrasos por actividad*

En la figura 5.7, se presenta la visualización gráfica de los datos del cuadro 5.1.

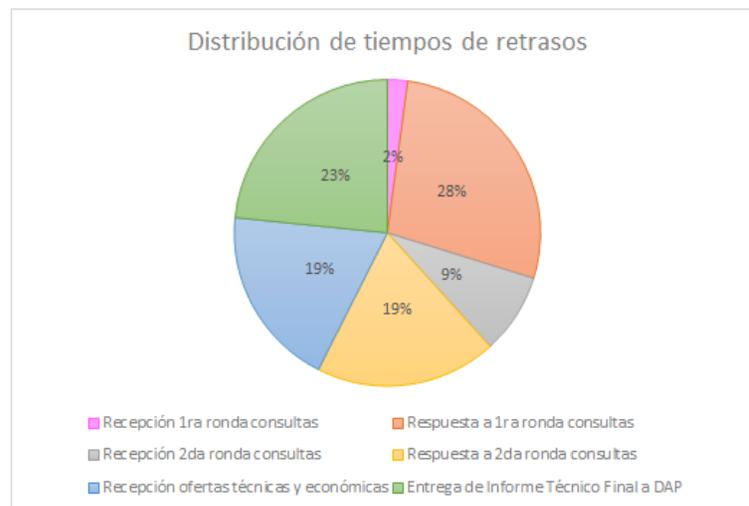


Figura 5.7: Distribución de los retrasos en el proceso de licitación (elaboración propia)

Al observar los datos de la figura 5.7, se tiene que los mayores retrasos se presentan en las etapas de respuesta a la 1ra ronda de consultas y en la de la entrega del informe final a DAP. Con un porcentaje considerable también para las etapas de respuestas a la 2<sup>o</sup> ronda de consultas y de recepción de las ofertas.

Los retrasos que se presentan en la 1ra ronda de respuestas, se deben principalmente a que se realizan muchas observaciones a la oferta durante la 1ra ronda de consultas, de lo que se podría inferir que existe una falta de prolijidad durante la preparación de las bases, así como también una falta de claridad tanto del proceso como de las bases.

En cuanto a los retrasos referentes a la entrega del informe técnico final a DAP, vienen dados principalmente por los retrasos en la recepción de aclaraciones de sus ofertas de algunas empresas y a demoras en la evaluación técnica. De esto, se infiere que, hay empresas que envían sus ofertas no muy claras y de que o bien no existe la capacidad actual para hacer una evaluación más rápida o bien, no existe interés en realizarla más rápidamente.

En lo referente a los retrasos que se presentan durante la respuesta a la 2da ronda de consultas, ésto ocurre por altos retrasos en respuestas pendientes a consultas durante esta ronda de consultas, de lo que se infiere que o bien se dilata esta respuesta por falta de tiempo o interés, o bien debido a la falta de competencias para resolver esas dudas, por lo que se deben consultar a otros actores, lo que requiere un mayor plazo.

Finalmente, los retrasos durante la recepción de las ofertas técnicas y económicas, se infiere que ocurren debido a plazos poco rígidos durante la recepción de estas ofertas.

Durante el desarrollo de este trabajo, se irá comprobando la veracidad de varias de estas hipótesis, llegando a realizarse un diagnóstico mucho más preciso de la situación actual, pudiendo plantear acciones eficaces para disminuir los retrasos que se presentan durante este proceso.

Una vez establecidos en qué actividades se presentan los mayores retrasos, siguiendo los principios de Lean, se procedió a analizar qué actividades generan valor y cuáles no, de manera que se enfoquen los esfuerzos en disminuir estos desperdicios. Para ello se procedió a modelar el proceso mediante VSM. El resultado se presenta en la figura 5.8 .

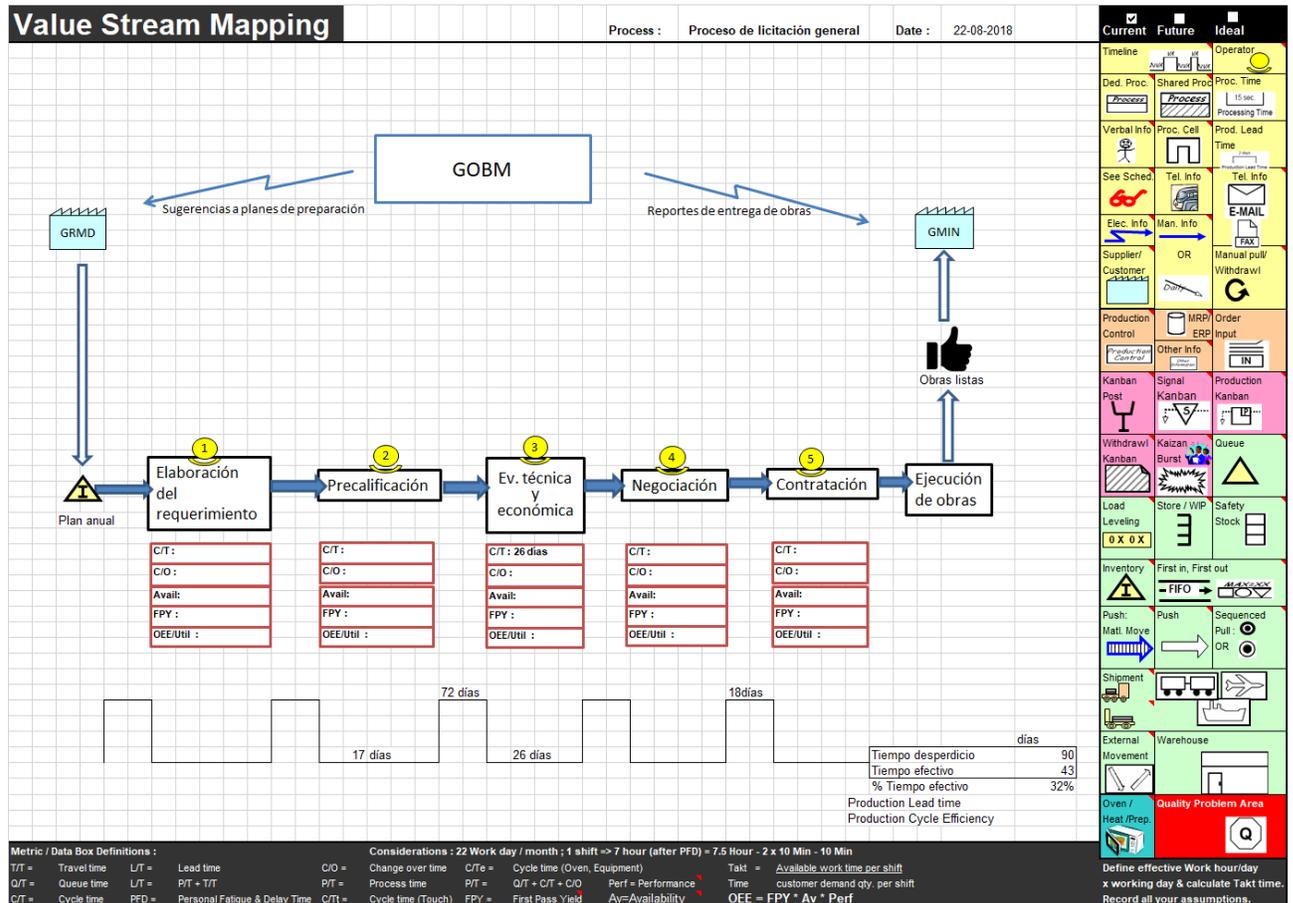


Figura 5.8: Value Stream Mapping del proceso de licitación (elaboración propia)

Para realizar el mapa de la figura 5.8, se consideró como tiempo que genera valor a aquello que aumenta el valor del producto del proceso de licitación, es decir a actividades que demuestren un avance concreto en este proceso.

Las actividades que se consideraron como generadoras de valor correspondieron a la elaboración de las bases técnicas, a la precalificación, a la evaluación técnica y económica, a la negociación, a la contratación y a la ejecución de obras.

En este sentido, tanto la recepción de las ofertas, como las rondas de consultas y respuestas, son consideradas actividades que no generan valor al proceso de licitación, por lo que el óptimo en un caso completamente ideal, sería en principio disminuir el tiempo utilizado en estas actividades a cero.

Sin embargo, ya que para que las empresas contratistas generen mejores ofertas, en teoría, se requeriría un trabajo técnico y análisis de cotizaciones en el mercado más exhaustivas, no convendría limitar tanto el plazo en esta recepción. De este modo, no es tan sencillo como plantear un tiempo de recepción de ofertas muy bajo, sino que debe haber un trade-off entre disminuir los retrasos en el proceso de licitación y escoger una mejor oferta. Es precisamente esta disyuntiva la que se presenta en la DET, donde la GOBM aboga por comenzar antes la preparación para cumplir con el plan anual entregado por la GRMD y con la política de responsabilidad y probidad bajo la cual se rige Codelco. Mientras que, la DAP aboga por mantener una competencia justa, en que se seleccione a la mejor oferta.

En el costado inferior derecho de la figura 5.8, se puede observar que, el tiempo empleado en actividades que generan valor corresponde a un 32 %, mientras que hay un 68 % de actividades que no generan valor. Cabe señalar que, siguiendo el argumento del párrafo anterior, existen actividades que si bien no generan valor, debe destinarse tiempo a ellas, ya que corresponden a actividades necesarias para generar el producto final.

De acuerdo a la figura 5.8, donde se genera el mayor desperdicio es entre las etapas de precalificación y de evaluación técnica y económica, lo que corresponde al tiempo durante el cual las empresas licitantes preparan sus ofertas. El segundo mayor tiempo que no genera valor, se daría entre la negociación y contratación, tiempo correspondiente al utilizado en solicitar la aprobación de adjudicación de un contrato por las autoridades respectivas.

Entre ambas actividades que no generan valor, en la que se sugiere enfocarse es en la primera, ya sea poniendo plazos más estrictos o bien clarificando más el proceso. Ya que en la otra actividad solo se podría mejorar la planificación, de tal manera de coordinarla con los tiempos de las autoridades, tomando este último como condición de borde.

Cabe señalar que existen actividades que dependen tan sólo de la GOBM, mientras que existen otras que debe realizarlas en conjunto con otros agentes, o bien esperar la respuesta de otro agente. Por ello, es clave identificar qué grados de injerencia posee la GOBM en cada una de las distintas actividades que componen este proceso de licitación.

Las actividades en las que la GOBM presenta injerencia corresponden a las de elaboración de las bases técnicas, evaluación técnica de las ofertas y la ronda de consultas. Cabe señalar que, en la ronda de consultas su injerencia es baja, ya que la mayoría de esta dinámica consulta-respuesta se da entre los licitantes y la DAP.

De esta manera, evaluando el grado de injerencia de la GOBM y el grado de retrasos que posee cada actividad, se opta por enfocarse en la evaluación técnica de las ofertas y en la elaboración de las bases técnicas.

## **Realización de encuesta**

Para realizar una correcta evaluación acerca del estado actual del proceso de licitación, se les envió una encuesta todos los involucrados en este proceso. De esta manera, se podría generar información basada en estadísticas que representaran la percepción global del proceso a partir de la de cada uno de los involucrados en éste.

En esta encuesta también se les consultó acerca de las etapas que tienen potencial de mejoras, de manera de enfocar los esfuerzos en actividades que presenten mayor espacio de mejora, sin obviar el impacto que la mejora de cada actividad produce sobre la disminución en el retraso global.

Finalmente, en la encuesta también se les presenta cada una de las herramientas propuestas (que se describirán más adelante en este documento), y se les consulta acerca del beneficio que se obtendría al aplicar cada una de estas herramientas y la probabilidad de que verdaderamente ocurra este beneficio. Estos serán los parámetros de entrada para calcular el valor esperado de la disminución en los retrasos de cada mejora propuesta, pudiendo en base a estos seleccionar un conjunto de herramientas a implementar, tal que se cumpla el objetivo principal de este trabajo de memoria.

La encuesta fue realizada a los 14 involucrados en el proceso de licitación, actores cuyo cargo es de ingeniería, administrador de contrato, jefe de proyecto, ayudante al proceso de licitación, autoridad GOBM o autoridad DAP. Este personal es parte de Codelco o de una empresa contratista que le brinda sus servicios de apoyo a Codelco.

Debido a las dificultades previsibles para conseguir las encuestas respondidas, debido a los distintos lugares físicos en que se encuentran los actores y su carga de trabajo, se determinó la cantidad de encuestas contestadas necesarias para que los resultados tuvieran un 90 % de confianza con un margen de error del 10 %. Así, los parámetros ingresados para determinar el tamaño muestral

necesario, considerando una distribución normal de la población, fueron:

$$\begin{aligned}z_{0,9} &= 1,65 \\p &= 0,5 \\ \epsilon &= 10 \% \\ N_0 &= 14\end{aligned}\tag{5.1}$$

Mientras que, el número de encuestas necesario para cumplir con las condiciones establecidas es:

$$\begin{aligned}N &= \frac{N_0 * z_{0,9}^2 * p * (1 - p)}{(N_0 - 1) * \epsilon^2 + z_{0,9}^2 * p * (1 - p)} \\ \Rightarrow N &= \frac{14 * 1,65^2 * 0,5 * 0,5}{13 * 0,1^2 + 1,65^2 * 0,5 * 0,5} \\ &\Rightarrow N = 11,75\end{aligned}\tag{5.2}$$

Es por este motivo, que ya teniendo 12 encuestas respondidas se estaría en condiciones de realizar conclusiones a partir de los datos. De hecho, en este caso, se obtuvieron justo 12 encuestas respondidas. La encuesta realizada se presenta de manera completa en las figuras de la 1 a la 7 de la sección Anexos A. Mientras que, el detalle de las características de los encuestados que respondieron las encuestas se presenta en las figuras 8 y 9 de la sección Anexos A.

Los resultados de esta encuesta se presentan en las figuras de la 5.9 a la 5.24.

## Percepción general acerca del proceso de licitación



Figura 5.9: Percepción general acerca del proceso de licitación (1)

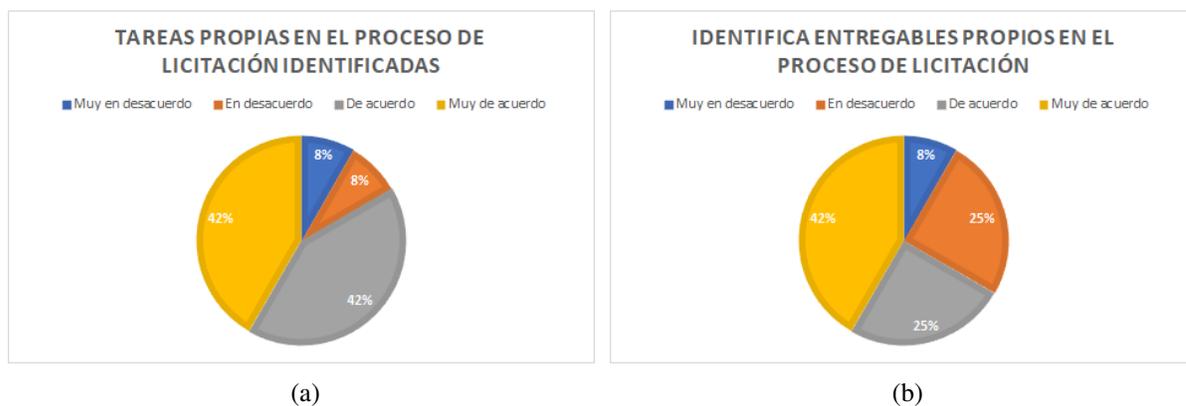


Figura 5.10: Percepción general acerca del proceso de licitación (2)

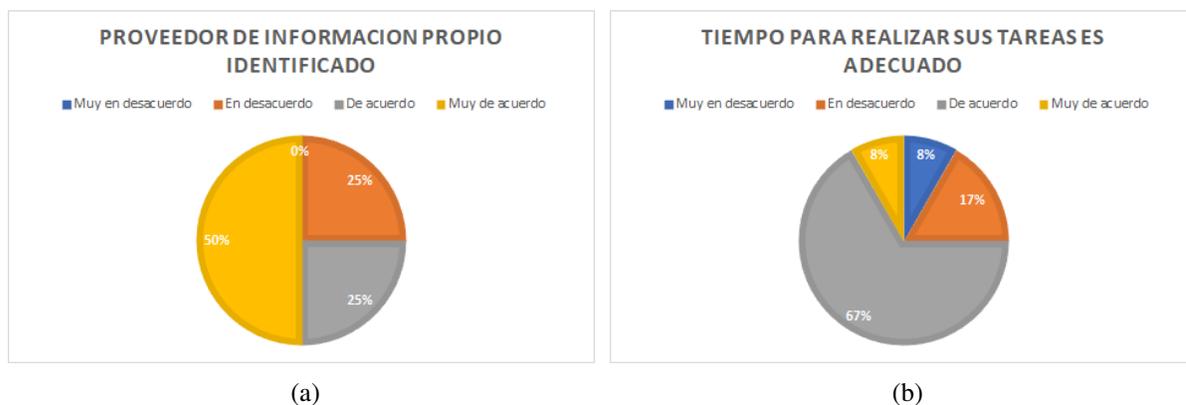
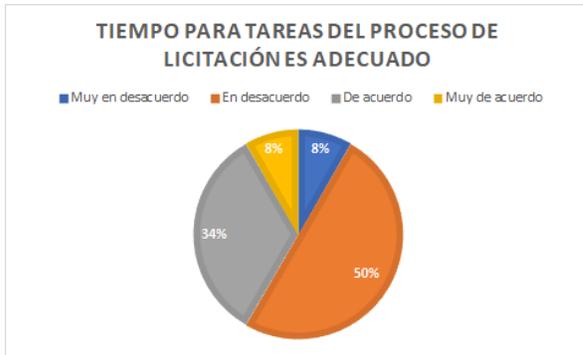
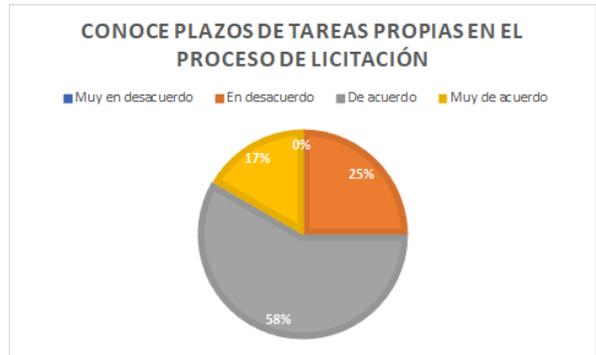


Figura 5.11: Percepción general acerca del proceso de licitación (3)

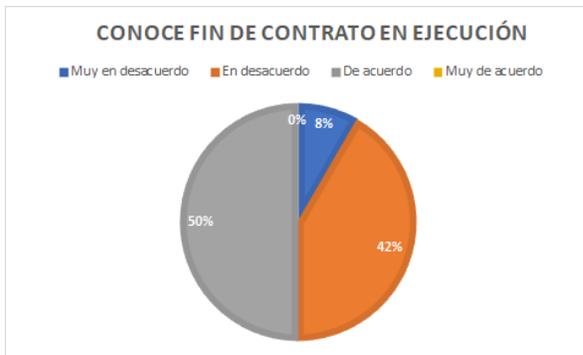


(a)

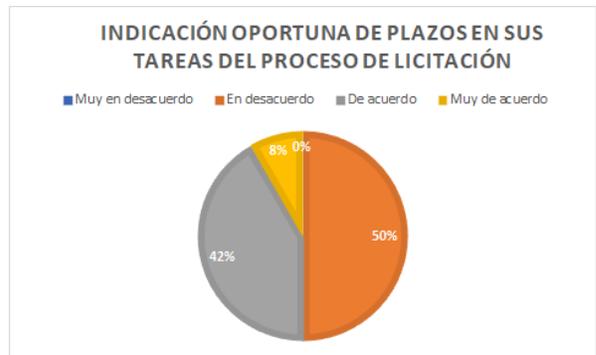


(b)

Figura 5.12: Percepción general acerca del proceso de licitación (4)

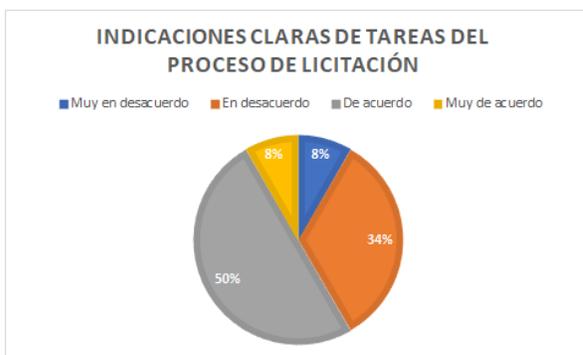


(a)

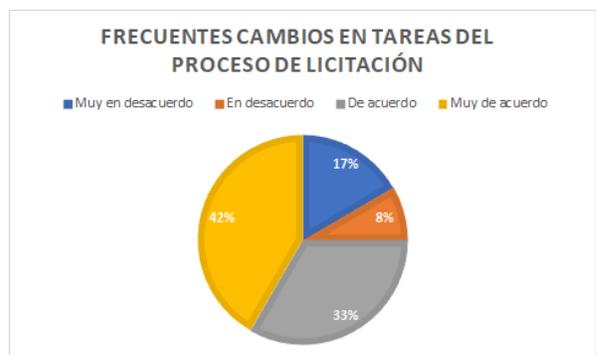


(b)

Figura 5.13: Percepción general acerca del proceso de licitación (5)



(a)



(b)

Figura 5.14: Percepción general acerca del proceso de licitación (6)

Como se puede apreciar en las figuras de la 5.9 a la 5.14, existe un conocimiento general de las tareas que componen el proceso de licitación, sin embargo, ya yendo más al detalle, no se identifican los responsables de cada tarea. También, los involucrados en el proceso conocen los plazos de sus tareas en este. De lo que se puede concluir que los actores conocen su alcance de trabajo, pero no llegan a conocer el proceso global.

Además, existe un desconocimiento del término de un contrato en ejecución, por lo que es alta la posibilidad de que los involucrados se encuentren con la sorpresa de que hay que salir a licitar en un plazo acotado, en el cual podría no ser posible completar el proceso, dada la cantidad de recursos con se cuenta. Esto se produce pues hay veces en que se acaba antes de tiempo el dinero contemplado para un contrato, debido a hechos coyunturales causados, generalmente, por solicitudes de parte de la Gerencia de Recursos y Desarrollos Mineros a la preparación minera.

Cabe señalar que la mitad de los encuestados indicó que no se le indican las tareas oportunamente, lo que podría estar relacionado con el punto señalado en el párrafo anterior. Esto puede hacer imposible cumplir con los plazos.

## Percepción de analistas



Figura 5.15: Percepción de los analistas (1)

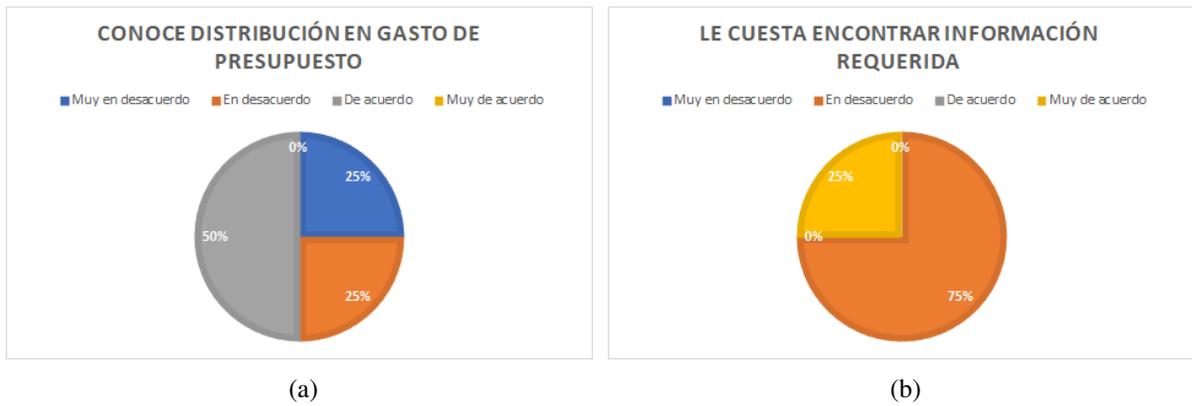


Figura 5.16: Percepción de los analistas (2)

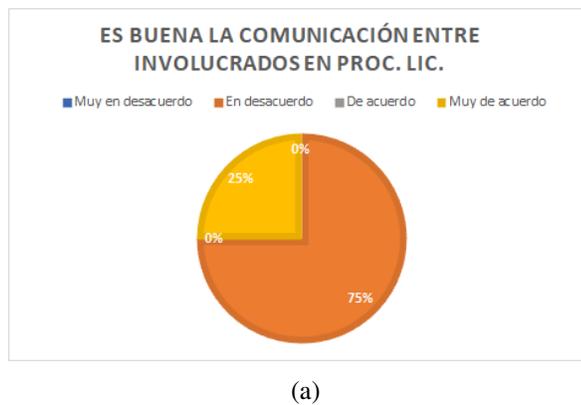


Figura 5.17: Percepción de los analistas (3)

Tal cual se puede apreciar en las figuras de la 5.15 a la 5.17, existe un claro problema de comunicación entre los involucrados en el proceso de licitación, lo que podría entorpecer el proceso de licitación. Además, el conocimiento de los insumos requeridos por partida, los cuales se incorporan en las bases técnicas, son conocidos tan sólo por la mitad de los involucrados, lo que de cierta manera podría deberse a una mala gestión del conocimiento, donde no se traspasa la información de uno a otro involucrado, volviendo nuevamente a la falencia en la comunicación.

## Percepción de encargados de DAP

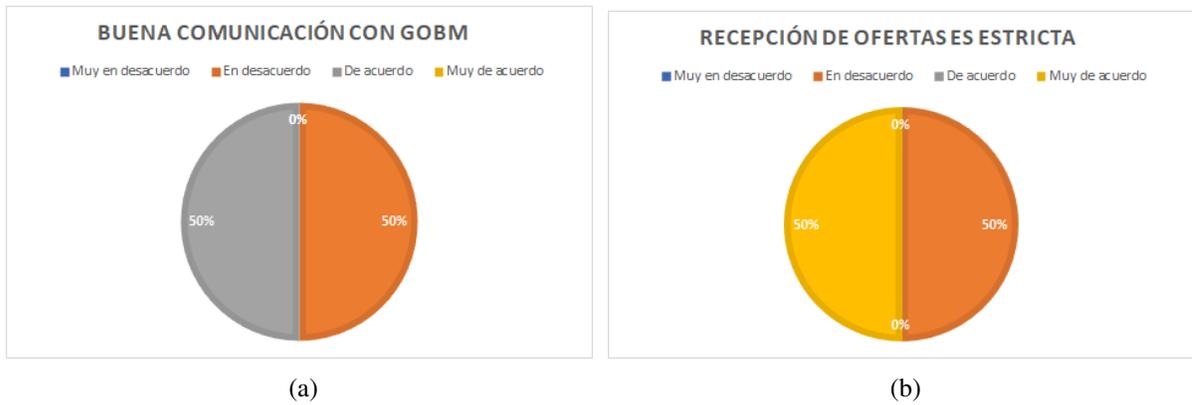


Figura 5.18: Percepción de los encargados de DAP (1)



Figura 5.19: Percepción de los encargados de DAP (2)

En base a las figuras 5.18 y 5.19, se puede apreciar que no existe consenso en ninguno de los aspectos consultados al personal de DAP involucrado en el proceso de licitación de obras preparación minera, por lo que sería difícil sacar conclusiones a partir de estos resultados.

## Percepción de encargados de GOBM

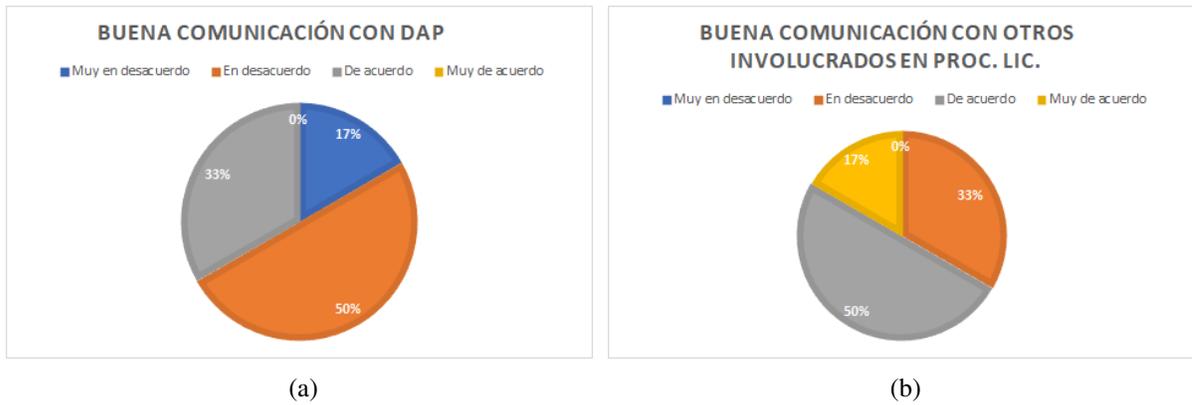


Figura 5.20: Percepción de los encargados de GOBM (1)

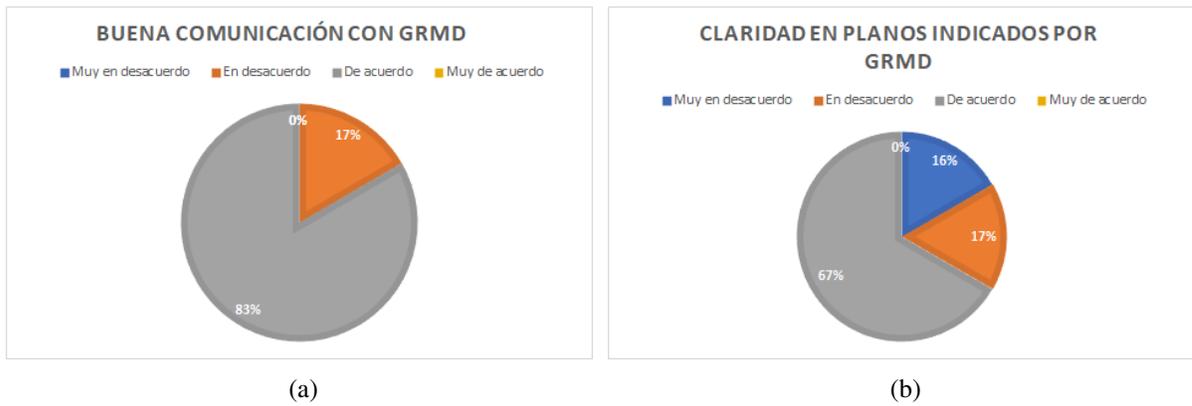


Figura 5.21: Percepción de los encargados de GOBM (2)



Figura 5.22: Percepción de los encargados de GOBM (3)



Figura 5.23: Percepción de los encargados de GOBM (4)

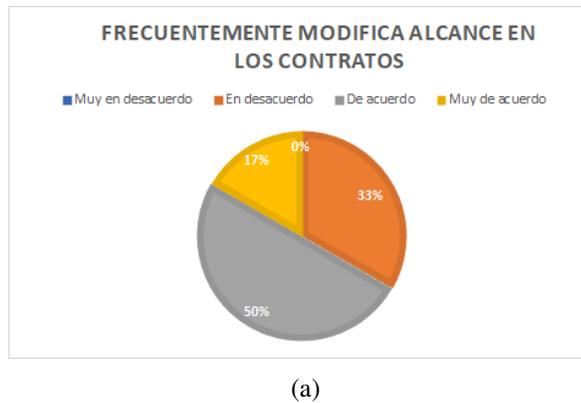


Figura 5.24: Percepción de los encargados de GOBM (5)

Finalmente, a partir de las figuras 5.20 a la 5.24, se puede concluir que la comunicación de los encargados con DAP no es del todo buena, mientras que sí dentro de la misma gerencia y con GRMD. Sin embargo, existen frecuentes cambios en las solicitudes del mandante (GRMD), lo que se puede vincular al hecho de que no se le indiquen oportunamente a los involucrados en el proceso las tareas que deben realizar.

Otro resultado relevante de este proceso, corresponde al potencial de mejora señalado por los encuestados para cada actividad. En la figura 5.2 se presenta el potencial de mejora para cada actividad, mediante una nota del 1 al 7, correspondiendo el 7 al máximo potencial de mejora.

Actividad	Promedio
Definición de estrategia de licitación	5.5
Precalificación	4.8
Preparación de bases técnicas	5.4
Preparación de bases económicas	5.7
Aprobación de salida a licitación	4.3
Llamado a licitación	3.6
Reunión explicativa y visita a terreno	4.4
Primera ronda de consultas	4.8
Segunda ronda de consultas	4.8
Recepción de ofertas	4.1
Evaluación de ofertas	5.2
Negociación	5.0
Aprobación de adjudicación	5.4
Contratación	5.0

Cuadro 5.2  
*Potencial de mejora en cada etapa del proceso de licitación*

Como se puede apreciar en la figura 5.2, las actividades que poseen mayor potencial de mejora corresponden a las de preparación de las bases económicas, preparación de las bases técnicas, definición de la estrategia de licitación, aprobación de adjudicación y evaluación de las ofertas. Sin embargo, dado el grado de injerencia de la GOBM sobre cada una de estas etapas, esto vuelve a ratificar que conviene centrarse en las bases técnicas y en la evaluación técnica.

## Resultados de la simulación en Promodel

Luego de contar con los resultados de la encuesta, se simuló con corridas a 5 años, el estado actual del proceso de licitación utilizando Promodel. En base a entrevistas, se estableció el tiempo de procesamiento de la licitación en cada actividad, que es utilizado como input en cada una, así como la cantidad de involucrados (recursos humanos) en cada actividad. Los resultados de estas simulaciones se presentan en las figuras de la 5.26 a la 5.34. Pero antes de ellos, se presenta en la figura 5.25 el modelo de simulación, donde en cada location (imágenes dentro del modelo, entre las cuales existe el flujo), ocurre cada actividad del proceso de licitación, ya señaladas en el levantamiento del proceso.

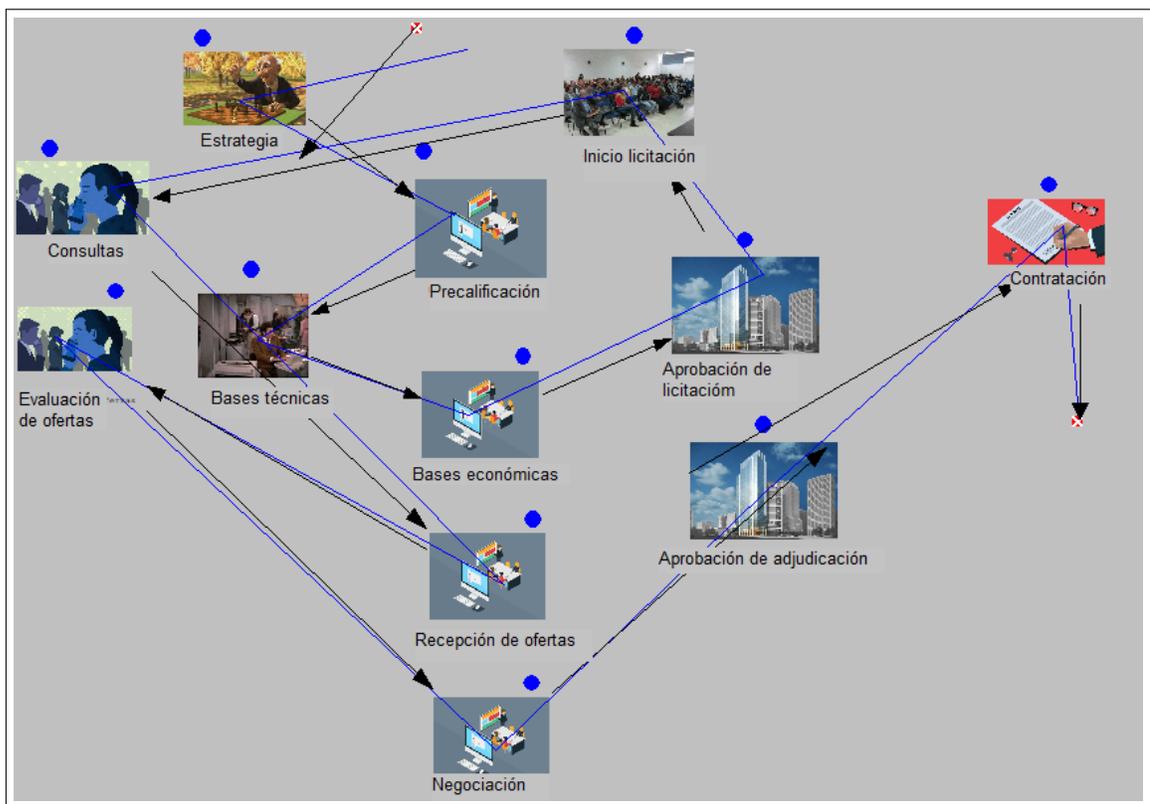


Figura 5.25: Modelo de simulación en Promodel

proclicc.MOD (Normal Run - Avg. Reps)									
Name	Scheduled Time (WK)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (DAY)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Bases tecnicas	257.14	2.00	12.00	87.93	0.59	2.00	0.00	29.31	
Consultas	257.14	1.00	12.00	27.90	0.19	1.00	0.43	18.60	
Inicio licitacion	257.14	1.00	12.00	32.00	0.21	1.00	0.00	21.34	
Contratacion	257.14	1.00	9.97	7.22	0.04	1.00	0.17	4.00	
Estrategia	257.14	2.00	12.00	21.11	0.14	2.00	0.00	7.04	
Precalificacion	257.14	1.00	12.00	30.21	0.20	1.00	0.00	20.14	
Entrada	257.14	4.00	12.00	1.13	0.01	3.00	0.00	0.19	
Salida	257.14	4.00	9.80	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	
Bases economicas	257.14	1.00	12.00	46.29	0.31	1.00	0.00	30.86	
Recepcion	257.14	999999.00	11.57	14.79	0.10	1.00	0.30	0.00	
Evaluacion	257.14	1.00	11.27	17.92	0.11	1.00	0.17	11.18	
Negociacion	257.14	1.00	11.10	44.58	0.27	1.00	0.90	27.46	
Adjudicaci3n	257.14	3.00	10.20	14.76	0.08	1.00	0.23	2.79	
Aprobacion	257.14	3.00	12.00	21.84	0.15	1.00	0.00	4.85	

Figura 5.26: Resultados de simulaci3n (1)

Name	Scheduled Time (WK)	% Empty	% Part Occupied	% Full	% Down
Bases tecnicas	257.14	64.15	13.08	22.77	0.00
Estrategia	257.14	91.47	2.98	5.55	0.00
Entrada	257.14	99.25	0.75	0.00	0.00
Salida	257.14	100.00	0.00	0.00	0.00
Recepcion	257.14	90.49	9.51	0.00	0.00
Adjudicaci3n	257.14	91.63	8.37	0.00	0.00
Aprobacion	257.14	85.44	14.56	0.00	0.00

Figura 5.27: Resultados de simulaci3n (2)

Name	Scheduled Time (WK)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Consultas	257.14	18.58	0.00	81.40	0.02	0.00	0.00
Inicio licitacion	257.14	8.98	0.00	78.66	12.36	0.00	0.00
Contratacion	257.14	4.00	0.00	96.00	0.00	0.00	0.00
Precalificacion	257.14	5.35	0.00	79.86	4.56	10.23	0.00
Bases economicas	257.14	30.86	0.00	69.14	0.00	0.00	0.00
Evaluacion	257.14	7.90	0.00	88.82	1.10	2.18	0.00
Negociacion	257.14	26.40	0.00	72.54	1.06	0.00	0.00

Figura 5.28: Resultados de simulaci3n (3)

proclicc.MOD (Normal Run - Avg. Reps)						
Name	Units	Scheduled Time (WK)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (DAY)	% Utilization	
Encargado licitaciones	1.00	257.14	32.83	13.73	25.05	
Ayudante licitaciones	1.00	257.14	25.67	10.27	14.67	
Equipo Ingenieros.1	1.00	257.14	5.97	70.31	23.30	
Equipo Ingenieros.2	1.00	257.14	6.03	69.98	23.46	
Equipo Ingenieros	2.00	514.29	12.00	70.14	23.38	
Autoridad	1.00	257.14	22.20	18.53	22.85	
Encargado DAP	1.00	257.14	47.10	24.60	64.38	
Gerente estrategia	1.00	257.14	12.00	3.34	2.23	
Ayudante DAP	1.00	257.14	15.87	38.20	33.63	

Figura 5.29: Resultados de simulación (4)

proclicc.MOD (Normal Run - Avg. Reps)					
Name	Scheduled Time (WK)	% In Use	% Idle	% Down	
Encargado licitaciones	257.14	25.05	74.95	0.00	
Ayudante licitaciones	257.14	14.67	85.33	0.00	
Equipo Ingenieros.1	257.14	23.30	76.70	0.00	
Equipo Ingenieros.2	257.14	23.46	76.54	0.00	
Equipo Ingenieros	514.29	23.38	76.62	0.00	
Autoridad	257.14	22.85	77.15	0.00	
Encargado DAP	257.14	64.38	35.62	0.00	
Gerente estrategia	257.14	2.23	97.77	0.00	
Ayudante DAP	257.14	33.63	66.37	0.00	

Figura 5.30: Resultados de simulación (5)

proclicc.MOD (Normal Run - Avg. Reps)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (DAY)	Avg Time In Move Logic (DAY)	Avg Time Waiting (DAY)	Avg Time In Operation (DAY)	Avg Time Blocked (DAY)
Licitacion	9.80	2.20	363.56	0.00	29.44	285.20	48.91

Figura 5.31: Resultados de simulación (6)

proclicc.MOD (Normal Run - Avg. Reps)				
Name	% In Move Logic	% Waiting	% In Operation	% Blocked
Licitacion	0.00	8.08	78.49	13.44

Figura 5.32: Resultados de simulación (7)

Uno de los principales puntos a destacar corresponde a que la actividad de precalificación corresponde al cuello de botella, ya que presenta la mayor cantidad de tiempo esperando o

bloqueada, estando alrededor del 15 % bloqueada. Otro punto que cabe destacar es que demora prácticamente un año cada licitación, siendo tan sólo 285 días en los que realmente está en operación el proceso de licitación, es decir, aproximadamente tan sólo un 79 % del tiempo es efectivo en este proceso. Siendo 10, en vez de las 15 licitaciones necesarias, las que se pueden realizar en un horizonte de 5 años.

Además, dado que el encargado de DAP posee la mayor ocupación en este proceso, con una utilización de un 64 %, sin considerar las otras responsabilidades que este pueda poseer debido a su trabajo y a que la precalificación es el cuello de botella del proceso, se analiza también el caso en que se agrega un nuevo encargado de DAP al proceso de licitación. Los principales resultados de estas simulaciones se presentan en las figuras 5.33 y 5.34.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (DAY)	Avg Time In Move Logic (DAY)	Avg Time Waiting (DAY)	Avg Time In Operation (DAY)	Avg Time Blocked (DAY)
Licitacion	10.27	1.73	336.93	0.00	11.20	303.29	22.44

Figura 5.33: Resultados de simulación - Caso 1 encargado DAP adicional (1)

Name	Scheduled Time (WK)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Inicio licitacion	257.14	5.39	0.00	94.33	0.27	0.01	0.00
Contratacion	257.14	4.16	0.00	95.84	0.00	0.00	0.00
Evaluacion	257.14	10.17	0.00	86.46	2.22	1.15	0.00

Figura 5.34: Resultados de simulación - Caso 1 encargado DAP adicional (2)

Al comparar ambos casos, se puede apreciar que, como era de esperar, baja la utilización del encargado de la DAP de un 64 % a un 24 %. Sin embargo, lo más relevante es que en este caso se logra disminuir en un mes los retrasos que se presentan en el proceso de licitación y aumentando en casi 15 días los días efectivamente de operación en el proceso de licitación. Así, se aumentaría en casi un contrato adicional que puede ser procesado en un periodo de 5 años.

## **Diagrama de Ishikawa (5M)**

En base a entrevistas realizadas a involucrados en el proceso de licitación, se realiza un pauteo tipo

Diagrama de Ishikawa (5M):

### **Medida**

- Especificación de bases técnicas incompletas o poco claras
- Evaluación técnica deficiente
- Falta de control del proceso
- Control del proceso inadecuado
- Planificación poco realista
- Plan poco integral

### **Medio ambiente (contexto)**

- Muchas modificaciones en planes de GRMD
- Contratistas se gastan el dinero antes

### **Mano de obra**

- Falta de interés en cumplir plazos
- Mucha flexibilidad en plazos de recepción
- Falta de proactividad (tareas en paralelo, previsión de problemas, plan adaptativo)
- Falta de seguimiento al proceso

## **Método**

- Falta de protocolos
- Protocolos complejos
- Falta de coordinación con DAP y/o MAF
- Mucha burocracia
- Etapas poco claras
- Flujo poco claro

## **Materiales**

- Plataformas de trabajo deficientes
- Falta de recursos humanos o monetarios
- Falta de herramientas para trazabilidad en el proceso
- Falta de documentación de estándares, etapas y protocolos

## **5.2. DISEÑO DE SOLUCIONES**

Una vez determinadas las causas a los retrasos del proceso de licitación, se proponen herramientas que apunten a disminuir los retrasos en este proceso. La presentación de estas soluciones se realizará yendo de herramientas globales a específicas para cierta tarea. Estas últimas se presentan de acuerdo a su orden temporal de utilización en el proceso.

### **Propuesta de soluciones**

#### **5.2.1. Creación de mapa del proceso de licitación con sus respectivos responsables**

En esta etapa se pretende crear un mapa del proceso de licitación con los respectivos responsables de cada tarea. La idea es que el flujo sea mucho más rápido al tenerse una mayor claridad del proceso. Los resultados de generar esta herramienta son los que ya se presentaron al modelar el proceso mediante BPMN e IDEF0.

#### **5.2.2. Indicador de avance del proceso de licitación**

Al entrevistar a los actores más involucrados en el proceso de licitación, así como viendo los plazos reales que se fueron cumpliendo, a partir de la información disponible, se obtuvieron tiempos promedio empleados en cada actividad del proceso de licitación. Estos tiempos se incorporaron en una hoja excel, la que se vincula a otra hoja que posee la misma lista de actividades, pero a modo de formulario, de modo que al completar un checklist de las actividades realizadas, se pueda conocer cuánto se lleva del contrato, basándose en evidencia de los otros contratos por obras de preparación minera. Además, conociéndose los plazos promedios de cada actividad, también se podría tener un estimado de cuándo acabaría un proceso de licitación, de tal manera que si la estimación muestra que se presentará mucho retraso, sea posible tomar medidas para acelerar el proceso y planificar sobre la marcha.

Los tiempos empleados en cada actividad con sus respectivos responsables se presentan en el cuadro 5.3.

Actividad	Responsabilidad GOBM?	Responsable(s)	Plazo promedio [semanas]
Definición estrategia de licitación	Sí	Gerente de estrategia	0.5
Precalificación	Sí	DAP y encargado GOBM del proceso de licitación	1.5
Preparación de bases técnicas	Sí	Encargado GOBM del proceso de licitación e Ingeniería	10
Preparación de bases económicas	No	DAP	6
Aprobación de salida a licitación	No	Autoridades Codelco	4
Llamado a licitación	No	DAP	0.5
Reunión explicativa y visita a terreno	No	DAP	0.5
1 ronda de consultas	No	DAP	0.5
2 ronda de consultas	No	DAP	0.5
Recepción de ofertas	No	DAP	0.5
Evaluación técnica de ofertas	No	DAP	0.5
Evaluación económica de ofertas	No	DAP	0.5
Negociación+elaboración informe adjudicación+ aprobación adjudicación+contratación	No	DAP	0.5

Cuadro 5.3  
*Tiempos empleados en cada actividad*

Mientras que el formulario a completar para ir verificando el avance del proceso de licitación, se vería de manera bastante similar a lo que se aprecia en el cuadro 5.4.

Actividad	Cumplido?
Definición estrategia de licitación	Sí
Precalificación	Sí
Preparación de bases técnicas	Sí
Preparación de bases económicas	No
Aprobación de salida a licitación	No
Llamado a licitación	No
Reunión explicativa y visita a terreno	No
1 ronda de consultas	No
2 ronda de consultas	No
Recepción de ofertas	No
Evaluación técnica de ofertas	No
Evaluación económica de ofertas	No
Negociación+elaboración informe adjudicación+ aprobación adjudicación+contratación	No

Cuadro 5.4  
*Checklist de cumplimiento en actividades del proceso de licitación*

Como resultado final de este checklist se obtendrían los indicadores mostrados en las figura 5.35.

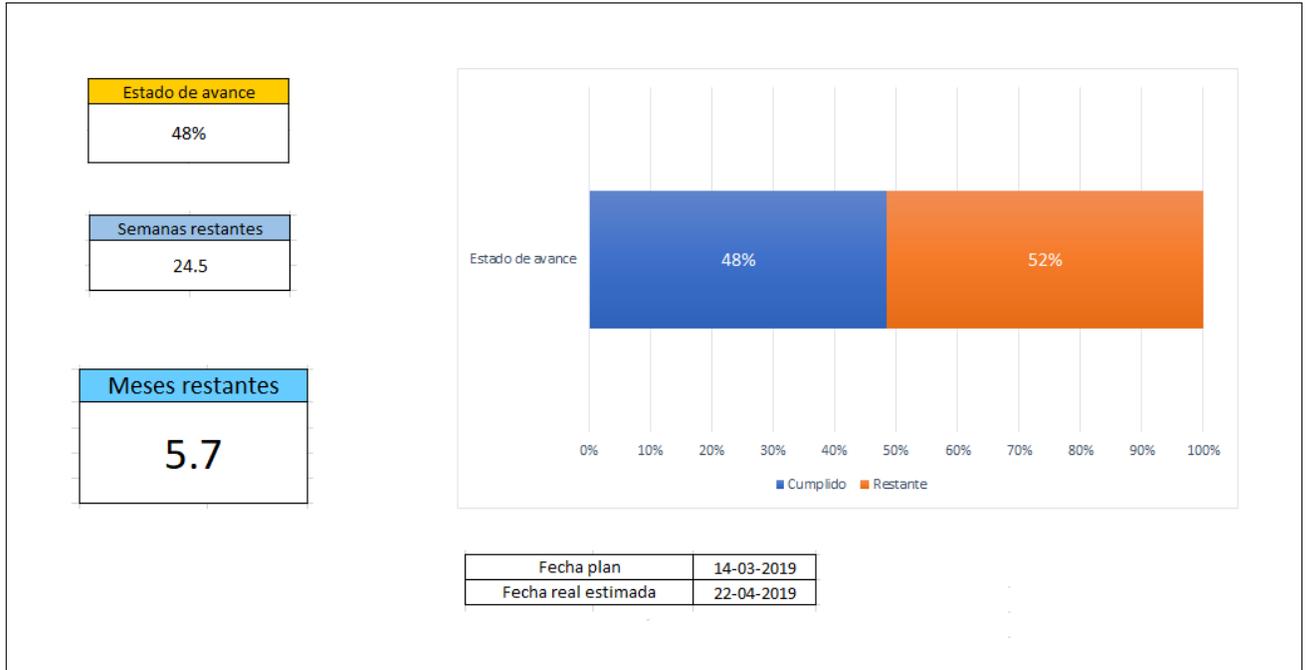


Figura 5.35: Indicadores obtenidos del chequeo de cumplimiento de actividades

### **5.2.3. Lista de entregables durante la elaboración de las bases técnicas**

Esta herramienta consiste en enlistar los entregables que se necesitan para completar una cierta actividad dentro del proceso de licitación. Su fin es poder ayudar al usuario a que pueda ir comprobando qué le falta para poder completar su trabajo, a la vez de que pueda ir planificando sobre la marcha éste, de manera que se disminuya la cantidad de retrasos debido a imprevistos.

La lista de entregables durante la elaboración de las bases técnicas es:

1. Anexo 1 - Descripción de partidas
2. Anexo 2 - Listado de planos (planos de alcance y de diseño)
3. Anexo 3 - Captura de valor
4. Anexo 4 - Informes a suministrar (especificaciones técnicas)
5. Anexo 5 - Interferencias
6. Anexo 6 - Control de peligros
7. Anexo 7 - Estándares en los procesos productivos
8. Anexo 8 - Aportes DET
9. Anexo 9 - Hitos
10. Anexo 10 - Equipo toma de fotografía 3D
11. Anexo 11 - Sistemas de gestión de seguridad
12. Anexo 12 - Estándares operacionales
13. Anexo 13 - Facilidades y condiciones operativas
14. Anexo 14 - Mantenimiento productivo total
15. Anexo 15 - Iniciativas en productividad

16. Anexo 16 - Antecedentes geológicos estructurales
17. Anexo 17 - Riesgos generales en el proyecto
18. Anexo 18 - Mecánismo de ajustes de KPI's
19. Anexo 19 - Gestión de desempeño
20. Anexo 20 - Open Book

Siendo el más importante de estos entregables el Anexo 1, en el cual se describen las partidas licitadas, es decir, una descripción general y alcance de las obras que deben realizarse durante el contrato.

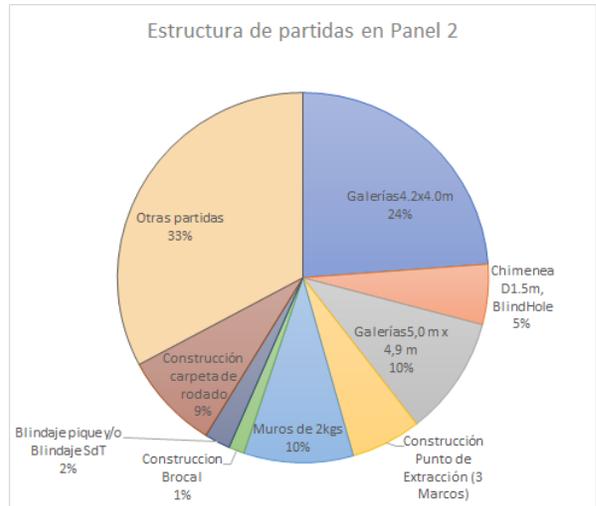
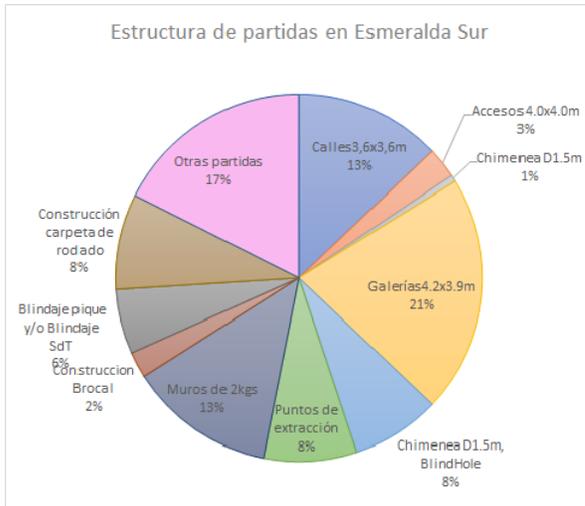
#### **5.2.4. Base de cuadrillas**

Esta herramienta consiste en tener un paquete de insumos requeridos para realizar una unidad de cierta partida. Donde cada partida corresponde a una obra unitaria dentro del proceso de preparación minera, tanto en desarrollos verticales, como horizontales, cuyo detalle ya se presentó en el marco conceptual minero. Un ejemplo de estas partidas sería, que si se requiere realizar el desarrollo de un metro lineal en Panel 2, se necesitará la cantidad de insumos que el paquete asociado a tal sector señale.

El objetivo de esta herramienta es agilizar el proceso de evaluación técnica, ya que al contar con parámetros referenciales, es posible comprobar que los valores señalados por los licitantes en sus ofertas se ajustan a la realidad, así como también se puede analizar la productividad intrínseca que contempla cada propuesta.

La determinación de la base de cuadrillas por sector productivo, se realizó analizando la planilla de precios unitarios de los dos últimos contratos adjudicados en cada sector y promediando sus valores. En esta planilla además de los precios de los insumos por unidad de avance, se tiene la cantidad de insumos por unidad de avance y el listado de requerimientos para lograr este mismo avance.

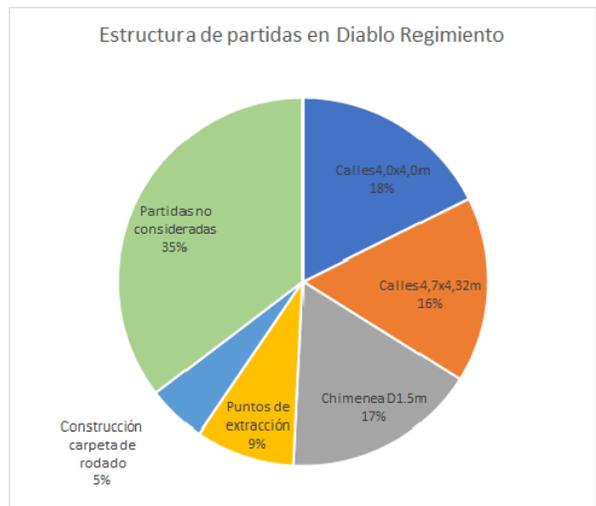
Cabe señalar que el análisis de cantidades unitarias se hizo tan solo para las partidas más importantes, su relevancia se justifica en que los costos de estas partidas resultó ser superior al 50 % del total del contrato, llegando en algunos casos a representar en torno al 90 % del costo en el nivel. En las figuras de la 5.36 a la 5.38 se presenta el porcentaje que abarca cada una de las partidas consideradas y las que no, por cada sector.



(a)

(b)

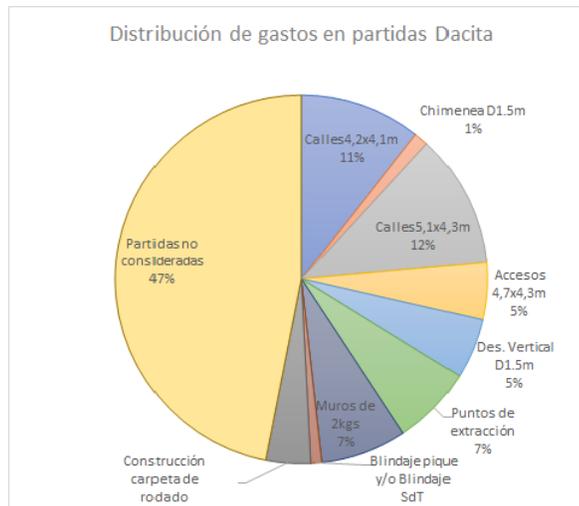
Figura 5.36: Estructura de las partidas (1)



(a)

(b)

Figura 5.37: Estructura de las partidas (2)



(a)

Figura 5.38: Estructura de las partidas (3)

El detalle de los resultados para cada uno de los sectores se presentan en la sección Anexos B. Sin embargo, a modo de ejemplo, para describir con mayor claridad esta herramienta, se mostrará la tabla para el caso de Reservas Norte.

### Reservas Norte

Para el caso del nivel hundimiento, se analizan solo los desarrollos horizontales de sección 3,6mx3,6m, ya que esta partida posee el 62 % del costo total del contrato, lo que equivale al 52 % del valor total del contrato. Los resultados se presentan en los cuadros 5.5, 5.6 y 5.7.

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.7	31 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	10	9 %
Acero Jumbo	mb	98	9 %
Malla galvanizada 10006	m2	13	7 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	12	4 %

Cuadro 5.5

*Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.9	40 %
Ayudante minero	hd	0.3	16 %
Operador Jumbo	hd	0.6	17 %
Operador equipo de levante	hd	0.5	14 %
Operador Scoop	hd	0.4	10 %
Operador Roboshot	hd	0.2	4 %

Cuadro 5.6

*Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.019	24 %
Operación Scoop 7yds3	hm	4	16 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.009	15 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	47	7 %
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.003	4 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	15.5	3 %
Posesión Roboshot	mes	0.004	8 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.014	7 %

Cuadro 5.7

*Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento de Reservas Norte*

Cabe señalar que tras entrevistas hechas posteriormente a la generación de esta herramienta, se tuvo conocimiento de que los sectores que están actualmente en preparación o dejarán de estar en preparación o se abrirá tan solo pocos contratos adicionales, debido al agotamiento de estos sectores. Los próximos sectores a preparar serían parte del Nuevo Nivel Mina, una vez que deje de estar en fase inversional. Es por esto, que esta herramienta perdería utilidad en cuanto a valores de referencia para la evaluación de nuevas ofertas técnicas. Pues como se vio variaban las cantidades de insumos requeridos dependiendo del sector. Sin embargo, también en base a los cuadros presentados, se puede apreciar que las proporciones de materiales requeridos para cada

partida siguen comportamientos similares y que las diferencias en las magnitudes de los materiales no resulta ser demasiada, por lo que el conocer los valores referenciales de estos sectores puede ser un buen punto de partida, para luego sobre la marcha generar una herramienta similar a esta, para contar con todos los beneficios que esta otorga.

## 5.2.5. Página web

Una solución también de carácter integral, pero que no fue agregada antes, debido a que toma como insumos a todas las demás, corresponde a la generación de una página web en que se presenten cada una de las herramientas señaladas en la parte anterior, de manera que el acceso a estas herramientas y la comunicación entre los involucrados se agilice. Este beneficio puede reflejarse de muy buena manera en el caso de seguimiento y control del proceso de licitación. Esto, ya que, si los involucrados en el proceso de licitación fueran marcando cuando completan una actividad del proceso de licitación en la plataforma online, se podría ir actualizando de manera mucho más rápida el avance en el proceso de licitación, pudiendo así tomar las medidas necesarias para evitar los retrasos, de manera mucho más oportuna.

En la figura 5.39 se presenta el inicio de la página web.



Figura 5.39: Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM

En la página de inicio se puede observar una descripción general de la página. Además, se indican los principales KPI's de manera de ir siguiendo de manera rápida el proceso, sin necesidad de ir accediendo a otras páginas anidadas.

En la parte superior izquierda el usuario podrá acceder a otras páginas que muestran más en detalle aspectos relacionados al proceso de licitación, como lo son el acceder a los mapas y entregables dentro del proceso de licitación. La visualización gráfica de esto se presenta en las figuras 5.40 y 5.41



Figura 5.40: Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM

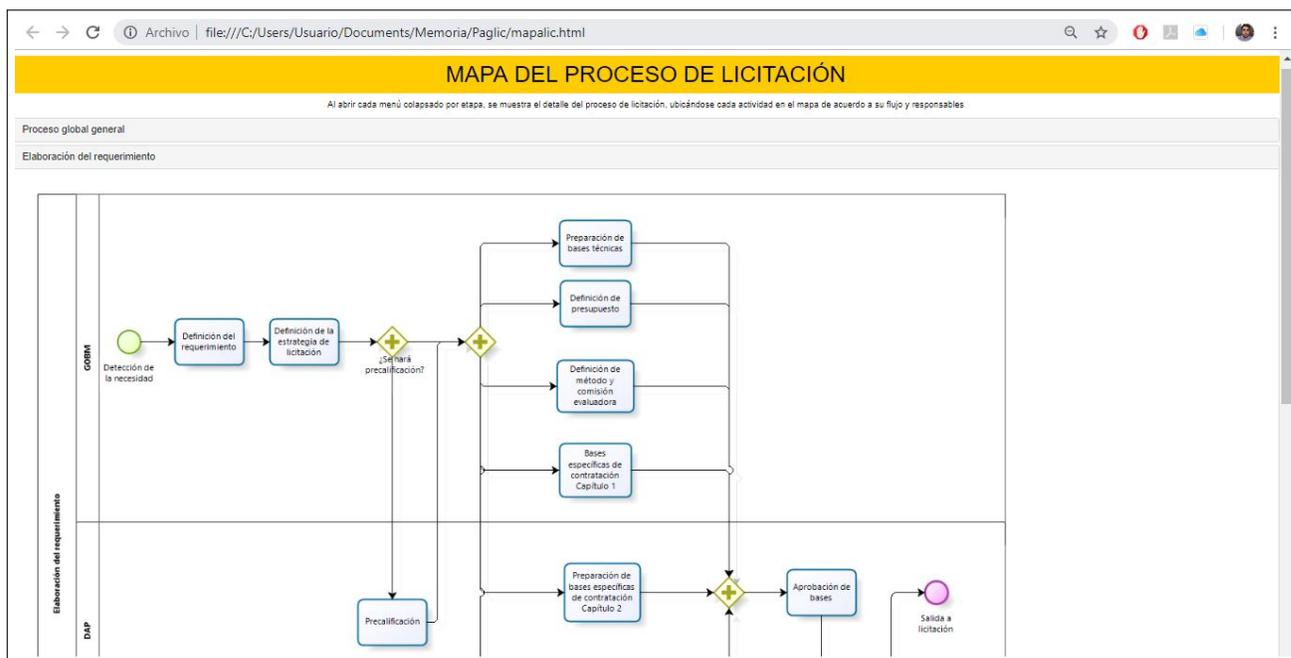


Figura 5.41: Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM

En la parte superior derecha de la página, un usuario puede inscribirse o acceder a la página, de manera que al aprobar su usuario, este pueda completar los formularios de acceso restringido. Este tipo de acceso se realiza sobre todo para asegurar que los indicadores sean solo obtenidos a partir de los datos ingresados por los verdaderos responsables del proceso, así los KPI's entregados gozarían de una mayor credibilidad. El formulario que se presentaría en la página se presenta en la figura 5.42.



Figura 5.42: Inicio de la página del proceso de licitación de la GOBM

Finalmente, también en la parte superior derecha, existe un buscador mediante el cual el usuario pueda buscar de manera más rápida elementos que se encuentran dentro de esta página del proceso de licitación.

## 5.3. VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES

### 5.3.1. Cálculo del beneficio esperado

El beneficio esperado de cada solución propuesta se determinó a partir de la encuesta realizada. El resultado al calcular la esperanza de la disminución en los retrasos generados por cada solución se presenta en los cuadros del 5.8 al 5.15. En tales cuadros, en la columna ítem se señalan las distintas componentes utilizadas para calcular el beneficio esperado. En las demás columnas se señala en la primera fila el rango porcentual de disminución en los retrasos. Mientras que en la fila de porcentaje de encuestados en esa clase se señala el porcentaje de los encuestados que señaló que la mejora esperada se ubicaría en el rango señalado en la primera fila. La probabilidad de ocurrencia promedio señala la probabilidad de ocurrencia de la mejora señalada por los encuestados que ubicaron la mejora en cada una de las categorías ya señaladas. Así, la mejora esperada en cada intervalo vendría al sumar los productos de la marca de clase del intervalo por la probabilidad de ocurrencia promedio en este mismo. Mientras que la mejora total de la solución provendría de la suma ponderada con respecto al porcentaje de encuestados, de las mejoras esperadas en cada intervalo. Los resultados de estos cálculos se presentan en los siguientes cuadros:

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	8 %	33 %	33 %	17 %	0 %	8 %	0 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	0 %	35 %	42 %	25 %	0 %	67 %	0 %	
Mejora esperada	0 %	2.6 %	7.3 %	8.1 %	0 %	44.9 %	0 %	8.4 %

Cuadro 5.8

*Mejora esperada de implementar el mapa del proceso de licitación*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	0 %	58 %	8 %	8 %	8 %	8 %	8 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	0 %	39 %	50 %	33 %	33 %	67 %	88 %	
Mejora esperada	0 %	2.9 %	8.8 %	10.6 %	16.3 %	44.9 %	76.6 %	14.8 %

**Cuadro 5.9**  
*Mejora esperada de implementar lista de entregables*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0.0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	8 %	25 %	25 %	8 %	17 %	0 %	17 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	18 %	38 %	44 %	33 %	34 %	0.0 %	88 %	
Mejora esperada	0.0 %	2.9 %	7.7 %	10.6 %	16.9 %	0.0 %	76.6 %	19.1 %

**Cuadro 5.10**  
*Mejora esperada de implementar lista de indicador de avance en el proceso de licitación*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0.0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	8 %	42 %	25 %	8 %	8 %	0 %	8 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	0 %	25 %	68 %	33 %	33 %	0.0 %	88 %	
Mejora esperada	0.0 %	1.9 %	11.9 %	10.6 %	16.3 %	0.0 %	76.6 %	12.4 %

**Cuadro 5.11**  
*Mejora esperada de implementar lista de indicador de avance en el contrato*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0.0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	17 %	42 %	17 %	8 %	8 %	0 %	8 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	0 %	34 %	34 %	33 %	50 %	0.0 %	88 %	
Mejora esperada	0.0 %	2.5 %	5.9 %	10.6 %	25.0 %	0.0 %	76.6 %	11.4 %

Cuadro 5.12  
*Mejora esperada de implementar la base de cuadrillas*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0.0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	25 %	17 %	17 %	8 %	17 %	8 %	8 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	13 %	41 %	34 %	50 %	41 %	67 %	88 %	
Mejora esperada	0.0 %	3.1 %	5.9 %	16.3 %	20.6 %	44.9 %	76.6 %	16.4 %

Cuadro 5.13  
*Mejora esperada de implementar un sistema de documentación unificado*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0.0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	42 %	25 %	25 %	0 %	0 %	8 %	0 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	5 %	22 %	39 %	0 %	0 %	50 %	0 %	
Mejora esperada	0.0 %	1.6 %	6.9 %	0.0 %	0.0 %	33.5 %	0.0 %	4.9 %

Cuadro 5.14  
*Mejora esperada de implementar la plataforma web para seguimiento del proceso de licitación*

ítem	0-5 %	5-10 %	10-25 %	25-40 %	40-60 %	60-75 %	Sobre 75 %	Total
Marca de clase	0.0 %	7.5 %	17.5 %	32.5 %	50 %	67 %	87.5 %	
Porcentaje de encuestados en esa clase	42 %	17 %	33 %	0 %	0 %	8 %	0 %	100 %
Probabilidad de ocurrencia promedio	5 %	29 %	31 %	0 %	0 %	50 %	0 %	
Mejora esperada	0.0 %	2.2 %	5.5 %	0.0 %	0.0 %	33.5 %	0.0 %	5.0 %

Cuadro 5.15

*Mejora esperada de implementar la plataforma web para seguimiento del contrato*

En base a estos resultados, se escoge como conjunto de solución a generar el conjunto compuesto tan sólo por el indicador de avance del proceso de licitación, pues con éste ya se tiene un 19 % de disminución en los retrasos esperados, cumpliéndose así el objetivo principal de memoria, correspondiente a disminuir en a lo menos un 10 % los retrasos en el proceso de licitación.

Cabe señalar que, se escogió este conjunto, pues para calcular el beneficio de agregar más herramientas, se debería contar con un análisis adicional para determinar la dependencia entre las mejoras.

## 6. CONCLUSIONES

Al seleccionar la solución dada por la generación de la herramienta para el seguimiento y control del proceso de licitación, se pudo cumplir el objetivo principal de este trabajo de memoria, ya que se logró disminuir sobre el 10 % los retrasos esperados en el proceso de licitación, de hecho, se logró disminuir en un 19 % los retrasos esperados.

Además, se logró cumplir los objetivos secundarios, pues se logró identificar a las actividades, responsables, entregables y flujos en el proceso, los cuales resultaron ser muy útiles para el posterior manejo de este, por lo que se prevé que puede resultar ser una herramienta muy útil para quienes no están tan involucrados en este proceso, así como para nuevos actores que ingresen a éste.

Cabe destacar que incluso al sumar más de las herramientas generadas, se esperaría una mayor disminución de los retrasos esperados.

El resto conclusiones se ordenan de acuerdo al orden en que se abarcaron las actividades de las que se extrajeron estas conclusiones.

En base a la encuesta y simulaciones, se pudo apreciar que las principales causas de los retrasos corresponden a una baja cantidad de trabajadores en DAP que se encarguen del proceso de licitación de las preparaciones mineras, una comunicación ineficiente entre los involucrados en este proceso y que frecuentemente se modifican los alcances de los contratos a licitar.

En cuanto a la primera de las causas señaladas en el párrafo anterior, se tiene que la falta de personal, hace que las actividades dependientes de DAP se conviertan en el cuello de botella del proceso. Particularmente, la redacción de las bases económicas corresponde a la actividad que

presenta mayor utilización y la de precalificación la que presenta mayor porcentaje de bloqueo, convirtiéndose en el cuello de botella del proceso; ambas actividades son dependientes de la DAP.

En cuanto a la segunda causa, se tiene que tal cual se apreció al proponer la herramienta de seguimiento y control del proceso, mediante una plataforma de comunicación ampliada, el espacio de comunicación presenta un gran potencial de mejora para disminuir los retrasos en un gran porcentaje.

Mientras que en lo referente a los frecuentes cambios de alcances en los contratos a licitar, estos vienen dados por cambios en los planes de incorporación de área a nivel de División, así como también por la coyuntura en cuanto a cambio de actividades en los contratos previos, lo que provoca que se modifiquen los alcances de los nuevos contratos, para abarcar las obras no cubiertas en sus contratos antecesores. De este modo, corresponderían más bien a condiciones de borde a incorporar en el proceso.

Cabe destacar que el utilizar la herramienta VSM resulta muy útil para identificar qué actividades se pueden mejorar o eliminar, pudiendo tener una guía de acción mucho más rápida y efectiva, para mejorar el proceso.

Ya pasando a conclusiones generales obtenidas acerca de la experiencia de realizar este trabajo de memoria, se puede señalar que la mejora de un proceso, tal como el de preparación minera manejado por la GOBM, requiere de un trabajo sistemático y que contemple una cantidad significativa de horas hombre. Esto pues, como se comprobó durante este trabajo de memoria, tanto la etapa de análisis del proceso, como la de propuesta de soluciones y su creación, abarca muchos aspectos, los cuales van desde el análisis y diseño de procesos, la gestión enfocada en la excelencia operacional, la evaluación del estado actual de la preparación minera, la innovación en los procesos y la simulación de las soluciones para su validación. Aparte de las dos últimas etapas de mejoramiento (las cuales no fueron tratadas durante este trabajo de memoria) correspondientes a la implementación y evaluación de las soluciones generadas.

Otro hecho que se puede concluir de este trabajo es que, para hacer más eficiente la generación de soluciones a problemas en los procesos de este tipo (que presentan un alto grado de especificidad),

resulta muy útil el que las personas que se ven directamente involucradas en el proceso durante un tiempo considerable, vayan anotando sus inconvenientes y de ser posible, sugiriendo mejoras en base al cómo cumplieron con su labor, de manera que quien genere las soluciones tenga una mayor claridad acerca de cuál es el problema, sus consecuencias y causas. De esa manera, se podría comenzar la generación de soluciones de manera más rápida, al tener un mayor conocimiento inicial. Esto pudo ser corroborado por el hecho de que aproximadamente la mitad del tiempo de este trabajo (3 meses), fue empleado en la búsqueda del problema, sus causas y consecuencias, lo que provocó que no se alcanzasen a realizar algunas mejoras.

Finalmente, dado que los resultados de implementar mejoras en el proceso de licitación se obtienen luego de un par de años, un buen indicio del beneficio que generaría implementar cada herramienta corresponde a los resultados de una encuesta realizada a los involucrados en el proceso de licitación, ya que ellos son quienes poseen un mayor conocimiento acerca del proceso y sus falencias, de modo que pueden identificar de buena manera las mejoras que generen un mayor beneficio sobre éste. Además, su apreciación señala indirectamente el potencial de uso de la herramienta. De esta manera, se justificaría el método de validación de las soluciones propuestas.

## **7. RECOMENDACIONES**

La primera de las recomendaciones es emplear las herramientas generadas, ya que existe evidencia que avala la conveniencia del uso de estas herramientas en el proceso de licitación.

La segunda recomendación consiste en gestionar un espacio web donde poder alojar la página creada, ya que agiliza mucho más la comunicación y así también hace más eficiente el proceso de licitación. Además de poder contar con un espacio en esta misma plataforma para ir subiendo archivos con acceso público o restringido, de manera que se puede acceder más rápido a la información, dado que existe una pérdida de tiempo tratando de conseguirse archivos entre uno u otro actor dentro del proceso de licitación.

También, se recomienda agregar en esta plataforma indicadores de avance de los contratos y gasto del presupuesto destinado a éste. Si bien, ya existe un pronóstico de cuándo acabará un contrato, al ir actualizándolo en una página web (y no archivo excel como sucede actualmente) de manera frecuente, permitiría tomar mejores decisiones en cuanto a gestión de los recursos y planificación en toda la gerencia, yendo desde el área de licitaciones hasta la inspección técnica de cierre de contratos.

Además, se recomienda que, para hacer frente a los cambios frecuentes en los alcances de los contratos a licitar, convendría más que poner los esfuerzos en eliminar esos hechos, enfocarse en la gestión del proceso de licitación, de tal manera que se logre incorporar y seguir planes adaptativos.

También se recomienda a modo de solución inmediata de alto impacto, incorporar a otra persona al equipo de DAP que se encargue del proceso de licitación, pues el beneficio de terminar las

licitaciones un mes antes sería de alrededor de 600.000 de dólares, lo que debería ser mayor que el gasto de un sueldo promedio de un ingeniero.

Pero para ir más allá, se sugiere aprovechar las características que posee este proceso y su documentación, que al ser bastante similar para cada proceso de licitación, da la oportunidad de estandarizar y así hacer el proceso más eficiente.

Además, se aconseja el realizar un estándar en los documentos generados durante las bases técnicas, ya que se asemejan mucho entre sí cada uno de estos archivos, difiriendo prácticamente tan sólo en las magnitudes de las partidas. En este sentido por ejemplo, el archivo Anexo 1, correspondiente a la descripción de partidas, es un archivo que se mantiene bastante similar en cada contrato, sin embargo, no existe un archivo base por el que generarlo, por lo que debe ser redactado nuevamente por el encargado de este documento. Este encargado varía a lo largo del tiempo y dependiendo si las partidas son de obras civiles, mineras, eléctricas o mecánicas. Es por esto que el realizar un archivo estándar en el que se modificaran los factores variables de cada contrato, de acuerdo a un formulario en el que se seleccione la partida y sector, asigne automáticamente los planos, permitiría tener una respuesta mucho más rápida ante cambios en los alcances de la preparación minera enviados por la GRMD. Además, el contar con este archivo permitiría que cuando ingrese un nuevo encargado a la redacción de estas bases, pudiera realizarlas más rápidamente, haciendo que el estado de transición para alcanzar el nivel de régimen sea mucho más corto, así se mejoraría la gestión del conocimiento dentro del proceso.

Lo que sí debe ser considerado para mantener este documento sostenible a través del tiempo es que se cree otro formulario en que se manejen los planos, pudiendo actualizarlos, agregar o eliminar planos, de manera que este archivo, vinculando esta base de planos al archivo propuesto.

Finalmente, se recomienda fuertemente que en conjunto con las mejoras técnicas, se vayan realizando gestiones adaptativas para generar un ambiente de confianza entre los involucrados en el proceso. Solo de esta manera el proceso podría tener un nivel de eficiencia superior, ya que así se podría contar con una mayor flexibilidad para generar acciones que apunten a eliminar los cuellos de botella en el proceso. Al respecto, posibles medidas que se recomiendan son:

1. Realizar talleres de integración de los equipos de trabajo de ambas gerencias, para reforzar roles, procesos, buenas prácticas, etc.
2. Definir de forma mutua, el plan semanal a atender, indicando grado de criticidad de cada aspecto crítico o tema a tratar, dando seguimiento para pasar de crítico a resuelto.

De este modo, se abre la posibilidad de desarrollar un nuevo trabajo de memoria, que tomando los resultados señalados en este trabajo, llegue aún más allá en la generación de herramientas para hacer más eficientes los procesos de licitaciones de preparación minera en la División El Teniente.



# GLOSARIO

## **Recursos mineros**

Concentración u ocurrencia anómala de un mineral de interés económico intrínseco sobre o bajo la corteza terrestre.(Julián Ortiz, 2012)

## **Reservas mineras**

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir por la extracción. Depende de la extracción, procesamiento metalúrgico, factores económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales.(Santibañez, 2016)

## **Dilución minera**

Porción de material indeseable (diluyente) en el producto recuperado. Puede ser planificada (incorporada al diseño) o no planificada (producto de la explotación). Puede variar desde un 5 % hasta un 30 %.(Santibañez, 2016).

## **Yacimiento minero**

Acumulación natural y anómala de minerales que pueden ser procesado y generar utilidades. Depende de la ubicación geográfica, costos, leyes, profundidad, etc. (Santibañez, 2016)

## **Mina**

Excavación hecha en un yacimiento para extraer minerales(Hartman, 1987)

**Mineral (definición geológica)**

Elemento o compuesto inorgánico de ocurrencia natural, con una estructura interna ordenada y con composición química forma cristalina y propiedades físicas características.(Julián Ortiz, 2012)

**Mineral (definición económica)**

Toda aquel porción de un yacimiento minero que paga sus costos de producción y el costo de oportunidad.(Rubio y col., 2009)

**Estéril**

Material dentro de una mina que no entrega beneficio económico. (Rubio y col., 2009).

**Ley**

Concentración de un metal de interés dentro de un mineral.

**Explotación minera**

Extracción de mineral para su posterior transporte, procesamiento y comercialización.

**Minería a cielo abierto**

Método de explotación realizado en la superficie, el cual es generalmente aplicado a yacimientos de baja ley y superficiales. (Julian Ortiz, 2008)

**Panel Caving**

Método de explotación subterráneo (realizado en el interior del macizo rocoso), aplicado en yacimientos masivos de grandes dimensiones, como son por ejemplo, los depósitos minerales diseminados conocidos con el nombre de cobres porfídicos, de gran ocurrencia e importancia económica en nuestro país. También es posible su aplicación en cuerpos de forma tabular de gran espesor.(Julian Ortiz, 2008)

Sus mejores condiciones de aplicación se dan en rocas mineralizadas relativamente incompetentes, con un alto índice de fracturas, que se hunden con facilidad quebrándose en fragmentos de tamaño reducido. Sin embargo, la tecnología disponible hoy en día permite también su aplicación en macizos rocosos que presentan alta resistencia a fragmentarse.(Julian Ortiz, 2008)

En lo esencial, este método consiste en inducir el hundimiento de una columna mineralizada, mediante la excavación de un corte basal, proceso que se realiza aplicando las técnicas convencionales de perforación(para incrustar el explosivo) y tronadura(detonación de explosivo).(Julian Ortiz, 2008)

El método de Panel Caving, consiste en un hundimiento continuo de áreas o módulos de explotación de dimensiones menores, los cuales se van explotando de una manera secuencial continua.A diferencia del método de Block Caving, el cual genera en que cada nivel se subdivide en bloques virtuales de área basal entre 3.600 m<sup>2</sup> (60 x 60 m) a 10.000 m<sup>2</sup> (100 x 100 m), que se hunden sucesivamente en una secuencia discreta.(Julian Ortiz, 2008)

### **Preparación minera**

La preparación minera corresponde a toda aquella excavación que se realiza en el interior del cuerpo mineralizado y tiene la finalidad de facilitar el arranque, selección y el transporte primario del mineral. Se encarga de proveer los servicios y suministros básicos para darle continuidad a la operación.Entre esos suministros se encuentran los de ventilación, drenaje, fortificación, entre otros. Su costo se carga a la operación mina.(Rubio y col., 2009)

Cabe destacar que, aunque las obras que se realizan son similares a las del desarrollo minero, ambos son conceptos distintos.

El desarro minero se refiere a toda aquella excavación que se realiza en estéril y tiene la finalidad de poder acceder a un cuerpo mineralizado. De esta manera, otorga el primer acceso al cuerpo mineralizado desde la superficie y entrega las instalaciones necesarias para poder comenzar a operar algún nuevo nivel de la mina. Los desarrollos son excavaciones que se considerarán inversión, por lo tanto se pueden depreciar.(Rubio y col., 2009)

## Obras de preparación minera en Panel Caving

Abarca la construcción de los siguientes elementos (Julian Ortiz, 2008):

- Nivel de producción: conjunto de galerías paralelas espaciadas entre 15 a 30 m donde se realiza la operación de extracción del mineral según diversas modalidades. Incluye las correspondientes galerías de acceso o cruzados de cabecera.
- Nivel de hundimiento (UCL): conjunto de galerías paralelas espaciadas entre 15 a 30 m a partir de las cuales se realiza la socavación o corte basal de la columna mineralizada. Se ubica a una cota entre 7 a 20 m sobre el nivel de producción. Incluye las correspondientes labores de acceso o galerías de cabecera.
- Embudos o zanjas recolectoras de mineral, brazos o estocadas de carguío. Se trata de excavaciones que conectan el nivel de producción con el nivel de hundimiento, y que permiten o facilitan la extracción del mineral.
- Piques de traspaso: son labores verticales o inclinadas que conectan el nivel de producción con el nivel de transporte. (Julian Ortiz, 2008)
- Nivel de transporte: conjunto de galerías paralelas espaciadas entre 60 a 120 m, donde llega el mineral desde el nivel de producción. Ahí se carga por intermedio de buzones a un sistema de transporte que lo conduce a la planta de chancado, que puede estar ubicada en superficie o en el interior de la mina.
- Subnivel de ventilación: conjunto de galerías paralelas espaciadas entre 60 a 120 m, y los correspondientes cruzados de cabecera, ubicadas bajo el nivel de producción (15 a 30 m). Incluye las chimeneas por donde se inyecta o se extrae el aire hacia y desde el nivel de producción respectivamente.
- Subnivel de control y/o reducción de tamaño del mineral: puede ser o no necesario, dependiendo de la geometría del cuerpo mineralizado y de las características de la roca.

## **Galerías subterráneas**

Túneles hechos dentro del cuerpo mineralizado, su fin es habilitar el acceso al mineral para su extracción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ade, M. & Deshpande, V. (2012). Lean manufacturing and productivity improvement in coal mining industry. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(10), 35-43.
- Barrios, C. & Johnny, H. (2017). Aplicación De Filosofía Lean En La Preparación Minera, Mina El Teniente Codelco Chile.
- Cantallopts, J. (Diciembre 2017). Copper Market Trends. PowerPoint. Cochilco.
- Castillo Ruedlinger, G. A. y col. (2013). Implementación de metodologías lean en desarrollo minero.
- Cochilco. (2018). Cochilco proyecta precio del cobre promedio anual de dólares 3 la libra para 2018. Recuperado el 30 de julio de 2018, desde <https://www.cochilco.cl/Paginas/Sala-de-Prensa/Noticias.aspx?ID=258>
- Codelco. (2015a). Modalidad de salida al mercado.
- Codelco. (2015b). Organigrama División El Teniente. Recuperado el 15 de agosto de 2018, desde [https://www.codelco.com/organigrama-division-el-teniente/prontus\\_codelco/2011-02-25/155019.html](https://www.codelco.com/organigrama-division-el-teniente/prontus_codelco/2011-02-25/155019.html)
- Codelco. (2016). División El Teniente. Recuperado el 15 de agosto de 2018, desde [https://www.codelco.com/descripcion-de-division-el-teniente/prontus\\_codelco/2016-02-25/155825.html](https://www.codelco.com/descripcion-de-division-el-teniente/prontus_codelco/2016-02-25/155825.html)
- Codelco. (2017). Resultados económico-financieros: Cumplimos con Chile.
- Codelco. (2018). Memoria Anual 2017. *Memoria Anual 2017*.
- Dunstan, K., Lavin, B. & Sanford, R. (2006). The application of lean manufacturing in a mining environment. En *International Mine Management Conference* (pp. 145-154).

- Flamarion Klippel, A., Petter, C. O., Antune Jr., V. & Antonio, J. (2008). Lean management implementation in mining industries. *Dyna*, 75(154), 81-89.
- Freire, J. & Alarcón, L. F. (2002). Achieving lean design process: Improvement methodology. *Journal of Construction Engineering and management*, 128(3), 248-256.
- GOBM, D. (2018). RdP Sistemas de traspaso. Ppt. Codelco.
- GOBM, D. E. T. [División El Teniente]. (2017). Preparación minera División El Teniente. PowerPoint. Codelco.
- Hartman, H. (1987). Introductory Mining Engineering, John Wiley & Sons. *New Jersey*.
- Hernandez-Matias, J.-C., Vizán, A., Hidalgo, A. & Ríos, J. (2006). Evaluation of techniques for manufacturing process analysis. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17(5), 571-583.
- JON, C. Y., Detty, R. B. & Sottile Jr, J. (2000). Lean manufacturing principles and their applicability to the mining industry. *Mineral Resources Engineering*, 9(02), 215-238.
- Kabwe, E. & Yiming, W. (2015). Analysis of Copper's market and price-focus on the last decade's change and its future trend. *Inter J Sci Tech Res*, 4(10), 54-61.
- Martin, K. & Osterling, M. (2014). Value stream mapping. *Estados Unidos de América: Shingo Institute*.
- Matías, H., Carlos, J. & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing. *Concepto, técnicas e implementación. EOI Escuela de Organización industrial*.
- Minero, R. (2018). Aportes de la minería al Estado alcanzaron US\$ 2.643 millones en 2017. *Reporte Minero*. Recuperado desde <http://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2018/02/aportes-de-la-mineria-al-estado-alcanzaron-us-2643-millones-en-2017>
- Morales, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra:¿ Cuántos sujetos necesitamos. *Estadística aplicada a las Ciencias Sociales*, 24, 1-24.
- Nave, D. (2002). How to compare six sigma, lean and the theory of constraints. *Quality progress*, 35(3), 73-80.
- Ortiz, J. [Julian]. (2008). Métodos de explotación - Selección de método. Pdf. Universidad de Chile.
- Ortiz, J. [Julián]. (2012). Curso Minería. Pdf. Universidad de Chile.
- Rubio, E. (2009). MI58B - Diseño de minas subterráneas. PowerPoint. Universidad de Chile.

- Rubio, E., Morales, C., Vargas, M., Peirano, F. & Montecinos, N. (2009). MI 58B: Diseño de Minas Subterráneas Curso Minería. Pdf. Universidad de Chile.
- Santibañez, J. (2016). MI5071-01 Sistemas Mineros CLASE 01: Introducción y Métodos de Explotación. Pdf. Universidad de Chile.
- Shook, J. (2009). Toyota's secret. *MIT Sloan management review*, 50(4), 30.
- Toledano de Diego, A., Mañes Sierra, N. & García, S. J. (2009). "Las claves del éxito de Toyota". LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. *Cuadernos de Gestión*, 9(2).
- Valenzuela, C. (2017). Peso de la minería en el PIB sube a 9 % en 2017, pero se mantiene bajo cifras históricas. *Pulso La Tercera*. Recuperado desde <http://www.pulso.cl/empresas-mercados/peso-la-mineria-pib-sube-9-2017-se-mantiene-cifras-historicas/>
- Wijaya, A., Kumar, R. & Kumar, U. (2009). Implementing lean principle into mining industry issues and challenges. En *International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection: 16/11/2009-19/11/2009*.

# **ANEXOS**



# Anexos A: Encuesta

## Encuesta completa

### Encuesta para mejoramiento del proceso de licitación

La presente es una encuesta confidencial realizada con el objetivo de mejorar el proceso de licitación manejado por la Gerencia de Obras Mina en conjunto con la Dirección de Abastecimiento de Proyectos y la empresa contratista respectiva.  
Esta encuesta está compuesta por 3 secciones los cuales hacen referencia a su percepción acerca del desempeño del proceso de licitación, posibilidades de mejora en cada una de sus etapas y el impacto de algunas herramientas propuestas sobre este proceso.

\* Required

1, Email address \*

---

2, Nombre y apellido \*

---

3, Rut \*

---

4, Empresa \*

---

5, Cargo

---

### 1. Percepción acerca del proceso de licitación

En esta sección, se le preguntará cuán de acuerdo se encuentra usted con una frase. Las opciones están ordenadas desde Muy en desacuerdo a Muy de acuerdo, Marque una opción en cada pregunta.

Figura 1: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 1)

6. \*

Mark only one oval per row.

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
1. Están identificadas cada una de las etapas del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Sabe quién hace cada tarea en el proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Conoce cuáles son las tareas que usted debe realizar en el proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Conoce sus entregables en el proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Sabe a quién debe pedirle la información necesaria para su trabajo del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Le alcanza el tiempo para hacer lo que le piden en el trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Le alcanza el tiempo para realizar sus tareas del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Conoce los plazos para realizar sus tareas del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Conoce cuándo se acabará un contrato en ejecución	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Se le indican oportunamente los plazos de sus tareas en el proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Las indicaciones para realizar su trabajo del proceso de licitación son claras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Le cambian a menudo las indicaciones y/o tareas del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. 13. ¿Qué responsabilidades posee aparte del proceso de licitación?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Figura 2: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 2)

**8. 14. ¿A cuál de las siguientes áreas usted pertenece? \***

Mark only one oval.

- Ingeniería, analista y/o elaboración de bases técnicas *Skip to question 8.*
- DAP *Skip to question 9.*
- Administrador y/o encargado del proceso de licitación *Skip to question 10.*
- Autoridad en GOBM *Skip to question 10.*
- Administrador de contrato *Skip to question 8.*
- Jefe de proyecto *Skip to question 10.*
- Otra *Skip to question 11.*

**Preguntas sólo para el área involucrada en bases técnicas (Ingeniería y encargados)**

**9. \***

Mark only one oval per row.

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
15. Conoce la cantidad de materiales, mano de obra y maquinaria que se requieren por metro lineal en las obras de preparación minera, tanto horizontales como verticales.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Conoce la cantidad de materiales, mano de obra y maquinaria que se requieren por unidad en las obras de construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Conoce en qué ítems se gasta la mayor cantidad del presupuesto en las obras de preparación minera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. Le cuesta encontrar la información para realizar sus tareas del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. Es buena la comunicación con los otros involucrados en el proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Skip to question 11.*

**Preguntas sólo para DAP**

Figura 3: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 3)

10. \*

Mark only one oval per row.

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
15. Es buena la comunicación con la GOBM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Su área es estricta con los plazos en la recepción de ofertas de los proponentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. A menudo están de acuerdo con el presupuesto solicitado por GOBM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. Cumple con los plazos del proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Skip to question 11.

### Preguntas sólo para encargados del proceso de licitación y/o autoridad GOBM

11. \*

Mark only one oval per row.

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
15. Es buena la comunicación con DAP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Es buena la comunicación con los otros involucrados en el proceso de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Es buena la comunicación con GRMD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. A menudo encuentra que son claros los planes e indicaciones entregados por la GRMD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. Frecuentemente son modificados los alcances de las obras de preparación minera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. Su área es estricta con los plazos de la ronda de consultas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21. A menudo DAP le aprueba los presupuestos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. A menudo le aprueban extensiones en los contratos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23. A menudo modifica los alcances de los contratos a licitar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Skip to question 11.

### 2. Posibilidad de mejora del proceso de licitación

Evalúe el potencial de mejora en cada una de las etapas del proceso de licitación. Para ello ponga a cada etapa una nota del 1 al 7 (1 es muy bajo potencial de mejora y 7 es muy alto potencial de mejora). Sólo marque las etapas en que está involucrado.

Figura 4: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 4)

12. Mark only one oval per row.

	1	3	5	7
Definición de la estrategia de licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Precalificación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preparación de bases técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preparación de bases económicas + Instructivo a los proponentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprobación de salida a licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Llamado a licitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reunión explicativa y visita a terreno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1ª ronda de consultas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2ª ronda de consultas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recepción de ofertas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Evaluación de ofertas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Negociación + elaboración de informe de adjudicación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aprobación de adjudicación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contratación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 3. Impacto de herramientas propuestas

En esta parte, se le presentarán algunas propuestas para disminuir los retrasos que se presentan en el proceso de licitación. Se le solicita que señale el porcentaje de disminución en los retrasos que esperaría generara cada propuesta, así como también la probabilidad de que ocurra este beneficio.

#### Descripción de soluciones propuestas

a) Mapa de licitación con responsables

Esta herramienta consiste en crear un mapa de las tareas que se deben realizar durante el proceso de licitación, así como la secuencia de éstas y los involucrados en cada tarea. La idea de generar esta herramienta es de tener una mayor claridad acerca del flujo en el proceso de licitación.

b) Lista de entregables en cada etapa

Para cada una de las etapas señaladas en la propuesta anterior, se hace un checklist de los entregables requeridos para pasar de una etapa a otra dentro del proceso de licitación. Por ejemplo: En la elaboración de las bases técnicas se requiere contar con los Anexos del 1 al 20 (el Anexo 2 corresponde al listado de planos, el Anexo 3 a la Captura de valor, etc.) La idea de generar esta herramienta es que cada involucrado conozca las tareas que debe realizar. Así como a medida que avance el proceso se vaya conociendo qué tareas quedan por realizar y así poder llevar un mayor control del proceso.

c) Indicador de avance en el proceso de licitación y pronóstico de su término

Esta herramienta incorpora los tiempos promedio que se emplean en realizar cada una de las tareas dentro del proceso de licitación, además de un rango de este tiempo. A medida que el controlador del proceso de licitación vaya verificando el cumplimiento en la entrega de cada uno de los productos señalados en la lista señalada en la propuesta b), se actualizará el avance que lleva el proceso de licitación y también se contará con un pronóstico acerca de cuándo terminará el proceso de licitación, tanto en promedio, como un rango de este término. La idea de generar esta herramienta es que se pueda planificar de mejor manera las tareas del proceso de licitación, así como señalar si es que se requiere acelerar el trabajo para cumplir con los plazos estipulados en el proceso de licitación.

Figura 5: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 5)

d) Indicador de avance en el contrato de preparación minera y pronóstico de su término

Esta herramienta utiliza el dinero promedio que se gasta por partida en cada unidad de tiempo. A medida que el controlador del contrato vaya verificando el cumplimiento en cada obra y el presupuesto gastado a la fecha, se actualizará el porcentaje de avance en las obras y también se contará con un pronóstico acerca de cuándo terminará el contrato, tanto en promedio, como un rango de este término.

La idea de generar esta herramienta es que se pueda planificar de mejor manera el siguiente proceso de licitación, en base a un posible término anticipado del contrato en ejecución. Además, serviría para determinar el presupuesto a pedir para ejecutar el próximo contrato por obras de preparación minera.

e) Base de cuadrillas

Esta herramienta consiste en contar con una referencia acerca de los principales insumos requeridos para realizar un metro [linea] o unidad en cada una de [las partidas más relevantes]. Esta referencia se hace en base a las cotizaciones que en las ofertas económicas adjudicadas anteriormente. Estas referencias se entregan diferenciadas por cada sector de la mina (Esmeralda, Reno, etc.).

La idea de generar esta herramienta es de contar con un estándar de requerimientos por partida y valores referenciales, de tal manera que se agilice la elaboración de las bases técnicas y la evaluación de las ofertas.

f) Sistema de documentación unificado

Consiste en contar con un sistema digital en que se vayan subiendo los archivos sin o con protección (por ejemplo, el contar con una clave para abrir o modificar el archivo).

Esta herramienta busca que se pueda agilizar la comunicación entre distintos actores involucrados en el proceso de licitación, así como también contar con un respaldo de información de fácil acceso y búsqueda por parte del usuario.

g) Aplicación web o móvil para seguimiento del proceso de licitación

Consiste en desarrollar una aplicación móvil o plataforma web, de tal manera que cuando el responsable de alguna actividad del proceso de licitación señale que terminó una actividad, se vaya actualizando el nivel de avance que lleva el proceso de licitación y cuándo se esperaría que finalizase, dado [los tiempos que últimamente han tomado [las licitaciones del mismo tipo].

La idea es que cada involucrado pueda ir conociendo el nivel de avance del proceso de licitación, ver qué falta y así poder tener una comunicación más rápida y eficaz de las metas, así como pudiendo planificar mejor y coordinarse [los involucrados en este proceso].

h) Aplicación web o móvil para seguimiento del avance en los contratos

Consiste en desarrollar una aplicación o plataforma web, de tal manera que el administrador de contrato al ingresar obras terminadas y presupuesto gastado, pueda tener un pronóstico del término del contrato, comunicando a su vez al resto de la gerencia de manera directa e inmediata.

Figura 6: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 6)

**13. % de disminución en retrasos \***

Mark only one oval per row.

	0- 5%	5- 10%	10- 25%	25- 40%	40- 60%	60- 75%	>75%
a) Mapa de licitación con responsables	<input type="radio"/>						
b) Lista de entregables en cada etapa	<input type="radio"/>						
c) Indicador de avance en el proceso de licitación y pronóstico de su término	<input type="radio"/>						
d) Indicador de avance en el contrato y pronóstico de su término	<input type="radio"/>						
e) Base de cuadrillas	<input type="radio"/>						
f) Sistema de documentación unificado	<input type="radio"/>						
g) Aplicación móvil para seguimiento proceso licitación	<input type="radio"/>						
h) Aplicación móvil para seguimiento de los contratos	<input type="radio"/>						

**14. Probabilidad de ocurrencia de la mejora \***

Mark only one oval per row.

	0- 5%	5- 10%	10- 25%	25- 40%	40- 60%	60- 75%	>75%
a) Mapa de licitación con responsables	<input type="radio"/>						
b) Lista de entregables en cada etapa	<input type="radio"/>						
c) Indicador de avance en el proceso de licitación y pronóstico de su término	<input type="radio"/>						
d) Indicador de avance en el contrato y pronóstico de su término	<input type="radio"/>						
e) Base de cuadrillas	<input type="radio"/>						
f) Sistema de documentación unificado	<input type="radio"/>						
g) Aplicación móvil para seguimiento proceso licitación	<input type="radio"/>						
h) Aplicación móvil para seguimiento de los contratos	<input type="radio"/>						

**Propuestas propias**

15. ¿Tiene alguna otra propuesta para mejorar el proceso de licitación?, (señale y describa).

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Figura 7: Encuesta realizada para el trabajo de memoria (parte 7)

## Características de encuestados

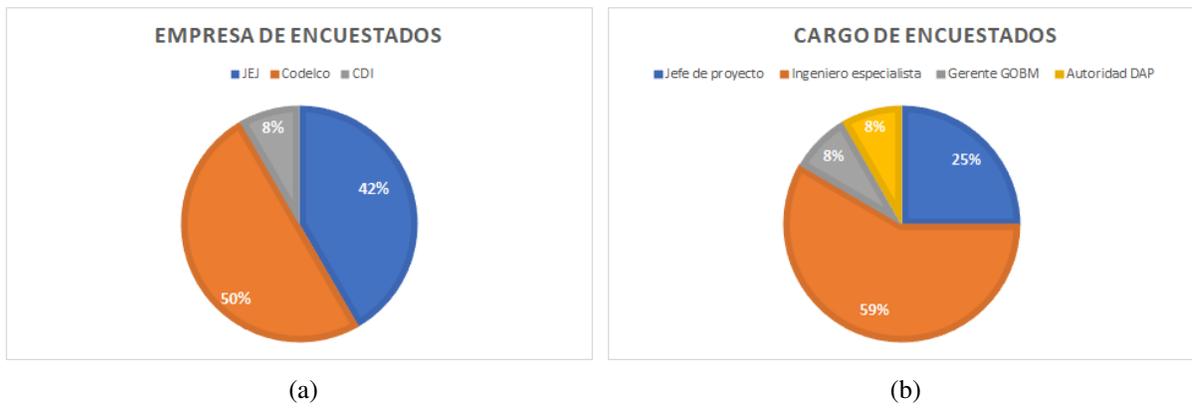


Figura 8: Características de los encuestados (1)

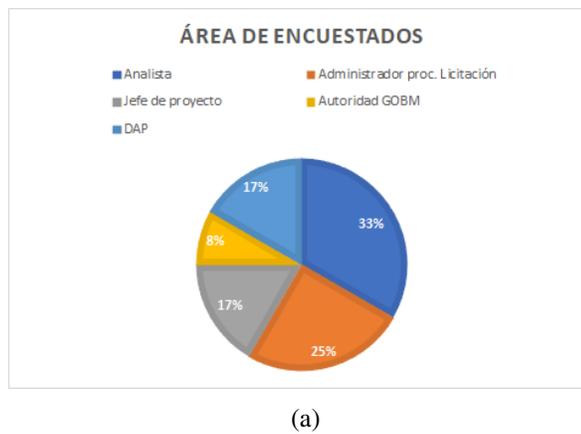


Figura 9: Características de los encuestados (2)

## Anexos B: Estándar de cotizaciones

### Base de cuadrillas para Dacita

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.6	30 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	15	20 %
Acero Jumbo	mb	103	13 %
Malla galvanizada 10006	m2	20	11 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	9	13 %

Cuadro 1

*Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	0.5	10 %
Ayudante minero	hd	0.7	9 %
Operador Jumbo	hd	0.4	9 %
Operador equipo de levante	hd	0.4	8 %
Operador Scoop	hd	0.4	6 %
Operador Roboshot	hd	0.9	16 %

Cuadro 2

*Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.006	24 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.3	16 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.006	15 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	101	7 %
Posesión Roboshot	mes	0.009	8 %
Operación Roboshot	hm	0.1	3 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.009	8 %
Operación equipo de levante	mes	0.014	7 %
Posesión Mixer	mes	0.009	8 %
Operación Mixer	hm	0.1	3 %
Arriendo compresor eléctrico	mes	0.009	8 %
Operación compresor eléctrico	mes	0.014	7 %

Cuadro 3

*Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete H-22,5	m3	1.8	24 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	14	15 %
Acero Jumbo	mb	128	17 %
Malla galvanizada 10006	m2	23	9 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	0.9	12 %

Cuadro 4

*Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	0.9	9 %
Ayudante minero	hd	0.7	8 %
Operador Jumbo	hd	0.7	8 %
Operador equipo de levante	hd	0.4	5 %
Operador Scoop	hd	0.4	6 %
Operador Roboshot	hd	0.4	14 %

Cuadro 5

*Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.006	10 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.7	3 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.006	13 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	91	13 %
Posesión Roboshot	mes	0.005	8 %
Operación Roboshot	hm	0.7	2 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.007	3 %
Operación equipo de levante	mes	1.2	1 %
Posesión Mixer	mes	0.762	3 %
Operación Mixer	hm	0.6	0.5 %
Arriendo compresor eléctrico	mes	0.010	8 %
Operación compresor eléctrico	hm	1.8	2 %

Cuadro 6

*Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Marco metálico	un	3	45 %
Hormigón H-30	m3	11.6	22 %
Malla Acma C-567	m2	80	15 %
Pernos de anclaje	un	44	6 %
Acero A63-42H	kg	430	5 %
Moldaje	m2	40	3 %
Acero Jumbo	mb	70	1 %

Cuadro 7

*Materiales punto de extracción (3 marcos) en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	28.8	42 %
Ayudante	hd	16.9	20 %
Soldador	hd	14.3	21 %
Operador jumbo	hd	3.1	7 %
Chofer mixer	hd	2.9	4 %
Operador scoop	hd	3.1	6 %

Cuadro 8

*Mano de obra punto de extracción (3 marcos) en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7YDS3	mes	0.019	25 %
Operación Scoop 7YDS3	hm	4.7	23 %
Posesión Mixer Bajo Perfil	mes	0.029	9 %
Operación Mixer Bajo Perfil	hm	7	16 %
Posesión Jumbo Fortificación	mes	0.019	17 %
Perforación Jumbo Fortificación	mb	100	7 %

**Cuadro 9**  
*Maquinaria punto de extracción (3 marcos) en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-40	m3	11	16 %
Fierro A44-28H	kg	3000	29 %
Hormigón H-15	m3	12	15 %
Cjto Barril - Cuña - Plancha	un	50	8 %
Cable acero 0.6"	m	550	7 %
Moldaje	m2	100	6 %
Cemento	saco	80	4 %

**Cuadro 10**  
*Materiales en construcción de muro de 2kg/cm2 en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	47.3	47 %
Ayudante	hd	42.7	35 %
Operador bomba de hormigón	hd	7.5	7 %
Operador jumbo radial	hd	3.3	5 %
Operador equipo de levante	hd	3.0	3 %
Chofer mixer	hd	1.5	1 %
Operador scoop	hd	1.6	2 %

**Cuadro 11**  
*Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm2 en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Jumbo radial	mes	0.076	15 %
Operación Jumbo radial	mb	355	22 %
Posesión Mixer bajo perfil	mes	0.039	5 %
Operación Mixer bajo perfil	hm	11	9 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.035	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	7.6	9 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.095	9 %
Operación equipo de levante	hm	19.5	3 %
Bomba de hormigón	día	3.9	13 %

Cuadro 12

*Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm2 en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	40	52 %
Fierro A44-28H	kg	1700	14 %
Apoyo parrilla	un	1	14 %
Materiales de montaje	hd	251	10 %

Cuadro 13

*Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	140	54 %
Ayudante	hd	96	30 %
Soldador	hd	30	11 %
Operador scoop	hd	8	4 %
Chofer mixer	hd	1	1 %

Cuadro 14

*Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.11	43 %
Operación scoop 7YDS3	hm	24	38 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.02	4 %
Operación mixer bajo perfil	hm	6	7 %

Cuadro 15

*Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	88	53 %
Cjto barril-cuña-plancha	un	266	17 %
Acero integral	mb	1060	7 %
Malla galvanizada 10006	m2	330	6 %
Cable acero 0.6"	m	726	4 %
Cemento	saco	135	3 %

**Cuadro 16**  
*Materiales en blindaje de pique en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro Minero	hd	111	19 %
Ayudante Minero	hd	101	14 %
Maestro OCCC	hd	99	17 %
Ayudante OCCC	hd	224	32 %
Soldador	hd	61	11 %
Huinchero	hd	31	5 %

**Cuadro 17**  
*Mano de obra blindaje de pique en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Sistema de huinche	dia	58	45 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.06	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	13	9 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.09	7 %
Operación mixer bajo perfil	hm	22	10 %
Equipo para tensado	dia	22	9 %
Perforadora manual	dia	26	5 %
Lechadora	dia	11	2 %

**Cuadro 18**  
*Maquinaria blindaje de pique en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-70	m3	2	88 %
Juntas de expansión	gl	3	5 %
Membrana de curado	lt	5	3 %
Moldaje	m2	1	1 %

Cuadro 19  
*Materiales carpeta de rodado en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	1	43 %
Ayudante	hd	0.8	32 %
Op. retro con martillo	hd	0.4	18 %
Chofer Mixer	hd	0.2	9 %

Cuadro 20  
*Mano de obra carpeta de rodado en Dacita*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Arriendo retroexcavadora	mes	0.005	33 %
Operación retroexcavadora	hm	0.8	8 %
Posesión mixer	mes	0.003	22 %
Operación mixer	hm	0.8	37 %

Cuadro 21  
*Maquinaria de obra carpeta de rodado en Dacita*

## Base de cuadrillas para Reservas Norte

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.7	31 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	10	9 %
Acero Jumbo	mb	98	9 %
Malla galvanizada 10006	m2	13	7 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	12	4 %

Cuadro 22

*Materiales requeridos por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.9	40 %
Ayudante minero	hd	0.3	16 %
Operador Jumbo	hd	0.6	17 %
Operador equipo de levante	hd	0.5	14 %
Operador Scoop	hd	0.4	10 %
Operador Roboshot	hd	0.2	4 %

Cuadro 23

*Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.019	24 %
Operación Scoop 7yds3	hm	4	16 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.009	15 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	47	7 %
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.003	4 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	15.5	3 %
Posesión Roboshot	mes	0.004	8 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.014	7 %

Cuadro 24

*Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en nivel de hundimiento de Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.2	46 %
Ayudante minero	hd	0.4	9 %
Operador Jumbo	hd	0.5	17 %
Operador equipo de levante	hd	0.4	13 %
Operador Scoop	hd	0.2	6 %
Operador Roboshot	hd	0.2	6 %
Operador Dumper	hd	0.1	3 %

Cuadro 25

*Mano de obra requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.007	24 %
Operación Scoop 7yds3	hm	0.6	16 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.007	15 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	55	7 %
Posesión Roboshot	mes	0.005	8 %
Operación Roboshot	hm		
Arriendo equipo de levante	mes	0.017	7 %
Operación equipo de levante	mes	1.2	
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.002	4 %
Operación Jumbo 1 brazo	hm	21	3 %
Posesión Dumper	mes	0.004	8 %
Operación Dumper	hm	0.5	3 %

Cuadro 26

*Maquinaria requerida por metro lineal de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.3	35 %
Perno Roca 2.5m c/ P y T	un	12	10 %
Acero Jumbo	mb	45	8 %
Malla galvanizada 10006	m2	12	6 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	15	5 %

Cuadro 27

*Materiales requeridos por metro de avance horizontal en nivel de Producción de Reservas Norte Zanja*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.2	39 %
Ayudante minero	hd	0.4	17 %
Operador Jumbo	hd	0.5	16 %
Operador equipo de levante	hd	0.4	14 %
Operador Scoop	hd	0.2	6 %
Operador Roboshot	hd	0.2	5 %
Operador Dumper	hd	0.1	3 %

Cuadro 28

*Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte Zanja*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.007	19 %
Operación Scoop 7yds3	hm	0.6	4 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.007	15 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	55	12 %
Posesión Dumper	mes	0.004	11 %
Operación Dumper	hm	0.5	3 %
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.002	4 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	21	4 %
Posesión Roboshot	mes	0.005	15 %
Operación Roboshot	hm		
Arriendo equipo de levante	mes	0.017	12 %
Operación equipo de levante	mes		

Cuadro 29

*Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Reservas Norte Zanja*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Marco metálico	un	4	42 %
Hormigón H-30	m3	16	27 %
Fierro de construcción	kg	760	7 %
Malla Acma C-567	m2	44	3 %
Acero Jumbo 1 brazo	mb	150	2 %

Cuadro 30

*Materiales por punto de extracción (3 marcos) en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro oocc	hd	7	17 %
Ayudante	hd	3	6 %
Soldador	hd	11	32 %
Operador manipulador	hd	11	35 %
Operador jumbo	hd	1.5	7 %
Operador retroexcavadora	hd	1	3 %

Cuadro 31

*Mano de obra por punto de extracción (3 marcos) en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión grua	mes	0.5	77 %
Posesión jumbo 1 brazo	hm	0.04	17 %
Bomba de hormigón	mes	0.02	4 %
Posesión retroexcavadora	hm	0.005	1 %

Cuadro 32

*Maquinaria por punto de extracción (3 marcos) en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-40	m3	22	25 %
Cable tipo 3	ml	890	24 %
Fierro de construcción	kg	3100	18 %
Acero de perforación 2 1/2"	ml	360	4 %
Moldaje metálico	mes	1	4 %

Cuadro 33

*Materiales en construcción de muro de 2kg/cm2 en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	25	53 %
Ayudante	hd	11	20 %
Operador manipulador	hd	8	22 %
Operador retroexcavadora	hd	2	5 %

Cuadro 34

*Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm2 en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Arriendo equipo de levante	mes	0.16	62 %
Operación equipo de levante	mes		%
Posesión bomba de hormigón	mes	0.04	21 %
Posesión retroexcavadora	mes	0.03	14 %

Cuadro 35

*Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm2 en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-70	m3	2	88 %

Cuadro 36

*Materiales para carpeta de rodado en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	1	43 %
Ayudante	hd	0.8	32 %
Op. retroexcavadora	hd	0.4	18 %

Cuadro 37

*Mano de obra para carpeta de rodado en Reservas Norte*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Arriendo retroexcavadora	mes	0.001	68 %
Operación retroexcavadora	hm		
Martillo rompепavimento	mes	0.008	32 %
Posesión mixer	mes		
Operación mixer	hm		

Cuadro 38

*Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Reservas Norte*

## Base de cuadrillas para Diablo Regimiento

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.3	27 %
Perno Rosca 2.5m c/ P y T	un	12	17 %
Acero Jumbo	mb	79	12 %
Malla galvanizada 10006	m2	15	10 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	1	9 %

Cuadro 39

*Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.2	21 %
Ayudante minero	hd	1.5	20 %
Operador Jumbo	hd	0.9	26 %
Operador Scoop	hd	0.5	13 %
Operador Equipo de levante	hd	0.7	14 %
Chofer mixer	hd	0.2	5 %
Operador Roboshot	hd	0.1	3 %

Cuadro 40

*Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.008	27 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.8	
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.009	20 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	72	
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.007	15 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	39	
Posesión Roboshot	mes	0.004	10 %
Operación Roboshot	hm	1.6	
Arriendo equipo de levante	mes	0.011	6 %
Operación equipo de levante	hm	2	
Posesión acuñador metálico	mes	0.006	7 %
Operación acuñador metálico	hm	0.5	2 %
Posesión Mixer	mes	0.004	7 %
Operación Mixer	hm	0.9	

Cuadro 41

*Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete H-22,5	m3	1.6	26 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	14	10 %
Acero Jumbo	mb	97	9 %
Malla galvanizada 10006	m2	27	8 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	19	7 %

Cuadro 42

*Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.3	33 %
Ayudante minero	hd	0.6	10 %
Operador Jumbo	hd	0.5	16 %
Operador equipo de levante	hd	0.9	19 %
Operador Scoop	hd	0.4	11 %
Operador Roboshot	hd	0.3	8 %

Cuadro 43

*Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.015	22 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.4	
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.010	20 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	78	
Posesión Roboshot	mes	0.008	19 %
Operación Roboshot	hm	1	
Arriendo equipo de levante	mes	0.032	14 %
Operación equipo de levante	mes	3	
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.003	7 %
Operación Jumbo 1 brazo	hm	39	
Arriendo compresor eléctrico	mes	0.005	2 %
Operación compresor eléctrico	hm	2	1 %
Posesión Dumper	mes	0.011	11 %
Operación Dumper	hm	2	5 %

Cuadro 44

*Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Marco metálico	un	4	52 %
Hormigón H-30	m3	16	18 %
Malla Acma C-196	m2	6	3 %

Cuadro 45

*Materiales construcción punto de extracción en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	55	85 %
Ayudante	hd	6	8 %
Operador retroexcavadora	hd	4	7 %

Cuadro 46

*Mano de obra construcción punto de extracción en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Bomba de hormigón	mes	0.166	64 %
Posesión retroexcavadora	hm	0.103	36 %

Cuadro 47

*Maquinaria construcción de punto de extracción en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-40	m3	11	16 %
Fierro A44-28H	ml	3000	29 %
Hormigón H-15	kg	11.5	15 %
Conjunto Barril-Cuña-Plancha	ml	50	8 %
Cable de acero 0.6"	mes	550	7 %
Moldaje	ml	100	6 %
Cemento	mes	80	4 %

Cuadro 48

*Materiales en construcción de muro de 2kg/cm2 en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	47	47 %
Ayudante	hd	42	35 %
Operador bomba de hormigón	hd	8	7 %
Operador jumbo radial	hd	3	5 %
Operador equipo de levante	hd	3	3 %
Chofer Mixer	hd	1.5	1 %
Operador scoop	hd	1.6	2 %

Cuadro 49

*Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm2 en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Jumbo radial	mes	0.076	22 %
Operación Jumbo radial	mb	355	15 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.039	5 %
Operación mixer bajo perfil	hm	11	9 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.035	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	8	9 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.095	9 %
Operación equipo de levante	hm	19.5	3 %
Bomba de hormigón	día	4	13 %

Cuadro 50

*Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm2 en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	40	52 %
Fierro A44-28H	kg	1700	14 %
Apoyo parrilla	un	1	14 %
Materiales de montaje	hd	251	10 %

Cuadro 51

*Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	140	54 %
Ayudante	hd	96	30 %
Soldador	hd	30	11 %
Operador scoop	hd	8	4 %
Chofer mixer	hd	1	1 %

Cuadro 52

*Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.11	43 %
Operación scoop 7YDS3	hm	24	38 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.02	4 %
Operación mixer bajo perfil	hm	6	7 %

Cuadro 53

*Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	88	53 %
Cjto barril-cuña-plancha	un	266	17 %
Acero integral	mb	1060	7 %
Malla galvanizada 10006	m2	330	6 %
Cable acero 0.6"	m	726	4 %
Cemento	saco	135	3 %

**Cuadro 54**  
*Materiales en blindaje de pique en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro Minero	hd	111	19 %
Ayudante Minero	hd	101	14 %
Maestro OOC	hd	99	17 %
Ayudante OOC	hd	224	32 %
Soldador	hd	61	11 %
Huinchero	hd	31	5 %

**Cuadro 55**  
*Mano de obra blindaje de pique en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Sistema de huinche	dia	58	45 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.06	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	13	9 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.09	7 %
Operación mixer bajo perfil	hm	22	10 %
Equipo para tensado	dia	22	9 %
Perforadora manual	dia	26	5 %
Lechadora	dia	11	2 %

**Cuadro 56**  
*Maquinaria blindaje de pique en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-70	m3	2	88 %
Juntas de expansión	gl	3	5 %
Membrana de curado	lt	5	3 %
Moldaje	m2	1	1 %

Cuadro 57

*Materiales para carpeta de rodado en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	1	43 %
Ayudante	hd	0.8	32 %
Op. retro con martillo	hd	0.4	18 %
Chofer Mixer	hd	0.2	9 %

Cuadro 58

*Mano de obra para carpeta de rodado en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Arriendo retroexcavadora	mes	0.005	33 %
Operación retroexcavadora	hm	0.8	8 %
Posesión mixer	mes	0.003	22 %
Operación mixer	hm	0.8	37 %

Cuadro 59

*Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Diablo Regimiento*

## Base de cuadrillas para Esmeralda Sur

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.1	26 %
Perno Rosca 2.5m c/ P y T	un	12	19 %
Acero Jumbo	mb	71	11 %
Malla galvanizada 10006	m2	14	10 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	0.8	8 %

Cuadro 60

*Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	0.8	22 %
Ayudante minero	hd	0.7	15 %
Operador Jumbo	hd	0.7	25 %
Operador Scoop	hd	0.6	17 %
Operador Equipo de levante	hd	0.6	13 %
Chofer mixer	hd		
Operador Roboshot	hd	0.4	3 %

Cuadro 61

*Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.009	29 %
Operación Scoop 7yds3	hm	2.1	
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.005	16 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	57	
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.007	16 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	39	
Posesión Roboshot	mes	0.004	6 %
Operación Roboshot	hm	1.6	
Arriendo equipo de levante	mes	0.009	6 %
Operación equipo de levante	hm	2.3	
Posesión acuñador mecánico	mes	0.004	7 %
Operación acuñador mecánico	hm	0.4	
Posesión Mixer	mes	0.003	8 %
Operación Mixer	hm	0.9	
Arriendo compresor eléctrico	mes	0.003	3 %
Operación compresor eléctrico	hm	3.3	

Cuadro 62

*Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de hundimiento de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete H-22,5	m3	1.3	27 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	12	17 %
Acero Jumbo	mb	79	12 %
Malla galvanizada 10006	m2	15	10 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	0.9	9 %

Cuadro 63

*Materiales por metro de avance horizontal en Accesos del Nivel de hundimiento Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.2	21 %
Ayudante minero	hd	1.5	20 %
Operador Jumbo	hd	0.9	26 %
Operador equipo de levante	hd	0.5	13 %
Operador Scoop	hd	0.7	14 %
Operador Roboshot	hd	0.2	5 %
Chofer Mixer	hd	0.1	3 %

Cuadro 64

*Mano de obra por metro de avance horizontal en Accesos del Nivel de Hundimiento de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.008	27 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.8	
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.009	20 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	72	
Posesión Roboshot	mes	0.004	6 %
Operación Roboshot	hm	1.6	
Arriendo equipo de levante	mes	0.011	10 %
Operación equipo de levante	mes	2	
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.007	15 %
Operación Jumbo 1 brazo	hm	39	
Posesión acañador mecánico	mes	0.006	7 %
Operación acañador mecánico	hm	0.5	2 %
Posesión mixer	mes	0.004	7 %
Operación mixer	hm	0.9	

Cuadro 65

*Maquinaria por metro de avance horizontal en accesos de Nivel de Hundimiento de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete H-22,5	m3	1.6	29 %
Perno Roca 2.3m c/ P y T	un	12	16 %
Acero Jumbo	mb	85	11 %
Malla galvanizada 10006	m2	16	10 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	0.9	8 %

Cuadro 66

*Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	0.9	22 %
Ayudante minero	hd	1.1	21 %
Operador Jumbo	hd	0.6	26 %
Operador equipo de levante	hd	0.6	17 %
Operador Scoop	hd	0.2	9 %
Operador Roboshot	hd	0.1	3 %

Cuadro 67

*Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.004	20 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.1	
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.005	21 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	72	
Posesión Roboshot	mes	0.004	8 %
Operación Roboshot	hm	1.8	
Arriendo equipo de levante	mes	0.008	10 %
Operación equipo de levante	mes	1.9	
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.006	21 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	39	
Posesión acuñador mecánico	mes	0.003	9 %
Operación acuñador mecánico	hm	0.5	2 %
Posesión mixer	mes	0.003	8 %
Operación mixer	hm	0.8	
Posesión compresor eléctrico	mes	0.003	3 %
Operación compresor eléctrico	hm	2.7	

Cuadro 68

*Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Materiales perforación BlindHole	m3	1	86 %
Materiales base BlindHole	gl	1	16 %
Materiales tapado de seguridad	lt	1	6 %

**Cuadro 69**  
*Materiales de chimenea D1.5m en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Jefe BlindHole	hd	1.0	35 %
Asistentes BlindHole	hd	2.3	40 %
Operadores BlindHole	hd	1.0	23 %
Mantenedor BlindHole	hd	1.0	36 %

**Cuadro 70**  
*Mano de obra de chimenea D1.5m en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Equipo perforación BH D1.5m	mes	1.0	93 %
Operación Scoop 4YDS3	hm	0.75	4 %
Posesión Scoop 4YDS3	mes	0.003	3 %

**Cuadro 71**  
*Maquinaria de chimenea D1.5m en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Marco metálico	un	4	51 %
Hormigón H-30 o H-40	m3	12.6	22 %
Malla Acma C-567	m2	70	12 %
Pernos de anclaje	m3	48	5 %
Acero A63-42H	m2	290	3 %
Moldaje	m3	35	3 %
Acero jumbo	m2	100	1 %

**Cuadro 72**  
*Materiales punto de extracción en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	30	51 %
Ayudante	hd	18.5	25 %
Soldador	hd	14	23 %
Operador Jumbo	hd	1.5	4 %
Chofer Mixer	hd	1.8	3 %
Operador Scoop	hd	1.2	2 %

**Cuadro 73**  
*Mano de obra punto de extracción en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7YDS3	mes	0.019	29 %
Operación Scoop 7YDS3	hm	3.3	
Posesión Mixer	mes	0.029	16 %
Operación Mixer	hm	7	
Posesión Jumbo fortificación	mes	0.019	16 %
Operación Jumbo fortificación	hm	100	

**Cuadro 74**  
*Maquinaria punto de extracción en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-40	m3	6	31 %
Fierro A44-28H	ml	1560	28 %
Hormigón H-15	kg	11.5	15 %
Conjunto Barril-Cuña-Plancha	ml	26	7 %
Cable de acero 0.6"	mes	280	5 %
Moldaje	ml	52	6 %
Cemento	mes	42	4 %

**Cuadro 75**  
*Materiales en construcción de muro de 2kg/cm2 en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	24.6	51 %
Ayudante	hd	22	29 %
Operador bomba de hormigón	hd	7.5	7 %
Operador jumbo radial	hd	2.4	4 %
Operador equipo de levante	hd	3.6	4 %
Chofer Mixer	hd	2	2 %

Cuadro 76

*Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm2 en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Jumbo radial	mes	0.050	33 %
Operación Jumbo radial	mb	355	
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.046	23 %
Operación mixer bajo perfil	hm	8.3	
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.028	16 %
Operación scoop 7YDS3	hm	3.5	
Arriendo equipo de levante	mes	0.090	12 %
Operación equipo de levante	hm	8.5	
Bomba de hormigón	dia	2	13 %

Cuadro 77

*Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm2 en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	40	50 %
Fierro A44-28H	kg	1700	15 %
Apoyo parrilla	un	1	15 %
Materiales de montaje	hd	224	7 %

Cuadro 78

*Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	97	47 %
Ayudante	hd	91	37 %

Cuadro 79

*Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.09	71 %
Operación scoop 7YDS3	hm	20.7	
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.02	18 %
Operación mixer bajo perfil	hm	9.2	

Cuadro 80

*Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Diablo Regimiento*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	88	53 %
Cjto barril-cuña-plancha	un	266	17 %
Acero integral	mb	1060	7 %
Malla galvanizada 10006	m2	330	6 %
Cable acero 0.6"	m	726	4 %
Cemento	saco	135	3 %

Cuadro 81

*Materiales en blindaje de pique en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro Minero	hd	111	19 %
Ayudante Minero	hd	101	14 %
Maestro OCCC	hd	99	17 %
Ayudante OCCC	hd	224	32 %
Soldador	hd	61	11 %
Huinchero	hd	31	5 %

Cuadro 82

*Mano de obra blindaje de pique en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Sistema de huinche	dia	58	45 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.06	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	13	9 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.09	7 %
Operación mixer bajo perfil	hm	22	10 %
Equipo para tensado	dia	22	9 %
Perforadora manual	dia	26	5 %
Lechadora	dia	11	2 %

**Cuadro 83**  
*Maquinaria blindaje de pique en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-70	m3	4	88 %
Juntas de expansión	gl	9	5 %
Membrana de curado	lt	10	3 %
Moldaje	m2	2	1 %

**Cuadro 84**  
*Materiales para carpeta de rodado en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	1.5	41 %
Ayudante	hd	0.8	27 %

**Cuadro 85**  
*Mano de obra para carpeta de rodado en Esmeralda Sur*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Arriendo retroexcavadora	mes	0.01	38 %
Operación retroexcavadora	hm	1	8 %
Posesión mixer	mes	0.003	16 %
Operación mixer	hm	1.2	36 %

**Cuadro 86**  
*Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Esmeralda Sur*

## Base de cuadrillas para Panel 2

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Shotcrete	m3	1.6	27 %
Perno Rosca 2.5m c/ P y T	un	12	14 %
Acero Jumbo	mb	86	13 %
Malla galvanizada 10006	m2	18	8 %
Cables-Tendidos de iluminación	ml	0.8	12 %

Cuadro 87

*Materiales requeridos por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro minero	hd	1.6	23 %
Ayudante minero	hd	1.4	15 %
Operador Jumbo	hd	0.7	17 %
Operador Scoop	hd	0.8	15 %
Operador Equipo de levante	hd	0.4	9 %
Operador Roboshot	hd	0.3	6 %

Cuadro 88

*Mano de obra requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7yds3	mes	0.007	9 %
Operación Scoop 7yds3	hm	1.2	8 %
Posesión Jumbo 2 brazos	mes	0.007	12 %
Operación Jumbo 2 brazos	mb	89	12 %
Posesión Jumbo 1 brazo	mes	0.007	9 %
Operación Jumbo 1 brazo	mb	39	8 %
Posesión Roboshot	mes	0.005	3 %
Operación Roboshot	hm	0.7	4 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.012	7 %
Operación equipo de levante	hm	2.5	2 %
Posesión acuñador mecánico	mes	0.005	6 %
Operación acuñador mecánico	hm	0.5	3 %
Posesión Mixer	mes	0.003	3 %
Operación Mixer	hm	0.6	2 %
Arriendo compresor eléctrico	mes	0.003	1 %
Operación compresor eléctrico	hm	1.7	1 %

Cuadro 89

*Maquinaria requerida por metro de avance horizontal en Nivel de Producción de Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Marco metálico	un	3	45 %
Hormigón H-30 o H-40	m3	11.6	22 %
Malla Acma C-567	m2	80	15 %
Pernos de anclaje	m3	44	6 %
Acero A63-42H	m2	430	5 %
Moldaje	m3	40	3 %
Acero jumbo	m2	70	1 %

Cuadro 90

*Materiales requeridos por punto de extracción en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	29	42 %
Ayudante	hd	17	20 %
Soldador	hd	14	21 %
Operador Jumbo	hd	3	7 %
Chofer Mixer	hd	3	4 %
Operador Scoop	hd	3	6 %

Cuadro 91

*Mano de obra requerida por punto de extracción en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Scoop 7YDS3	mes	0.019	25 %
Operación Scoop 7YDS3	hm	4.7	23 %
Posesión Mixer	mes	0.029	9 %
Operación Mixer	hm	7	16 %
Posesión Jumbo fortificación	mes	0.019	17 %
Operación Jumbo fortificación	mb	100	7 %

Cuadro 92

*Maquinaria requerida por punto de extracción en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-40	m <sup>3</sup>	10.5	16 %
Fierro A44-28H	ml	3000	29 %
Hormigón H-15	kg	11.5	15 %
Conjunto Barril-Cuña-Plancha	ml	50	8 %
Cable de acero 0.6"	mes	550	7 %
Moldaje	ml	100	6 %
Cemento	mes	80	4 %

Cuadro 93

*Materiales en construcción de muro de 2kg/cm<sup>2</sup> en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	47.3	47 %
Ayudante	hd	42.7	35 %
Operador bomba de hormigón	hd	7.5	7 %
Operador jumbo radial	hd	3.3	5 %
Operador equipo de levante	hd	3	3 %
Chofer Mixer	hd	1.5	1 %
Operador Scoop	hd	1.6	2 %

Cuadro 94

*Mano de obra en construcción de muro de 2kg/cm<sup>2</sup> en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión Jumbo radial	mes	0.076	22 %
Operación Jumbo radial	mb	355	15 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.039	5 %
Operación mixer bajo perfil	hm	11	9 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.035	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	7.6	9 %
Arriendo equipo de levante	mes	0.095	9 %
Operación equipo de levante	hm	19.5	3 %
Bomba de hormigón	dia	4	13 %

Cuadro 95

*Maquinaria en construcción de muro de 2kg/cm2 en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	40	52 %
Fierro A44-28H	kg	1700	14 %
Apoyo parrilla	un	1	14 %
Materiales de montaje	hd	251	10 %

Cuadro 96

*Materiales construcción de brocal de punto de vaciado en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	140	54 %
Ayudante	hd	96	30 %
Soldador	hd	30	11 %
Operador Scoop	hd	8	4 %
Chofer Mixer	hd	1.4	1 %

Cuadro 97

*Mano de obra en construcción de brocal de punto de vaciado en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.11	43 %
Operación scoop 7YDS3	hm	23.7	38 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.02	4 %
Operación mixer bajo perfil	hm	5.8	7 %

Cuadro 98

*Maquinaria en construcción de brocal de punto de vaciado en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-25	m3	88	53 %
Cjto barril-cuña-plancha	un	266	17 %
Acero integral	mb	1060	7 %
Malla galvanizada 10006	m2	330	6 %
Cable acero 0.6"	m	726	4 %
Cemento	saco	135	3 %

**Cuadro 99**  
*Materiales en blindaje de pique en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro Minero	hd	111	19 %
Ayudante Minero	hd	101	14 %
Maestro OCCC	hd	99	17 %
Ayudante OCCC	hd	224	32 %
Soldador	hd	61	11 %
Huinchero	hd	31	5 %

**Cuadro 100**  
*Mano de obra blindaje de pique en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Sistema de huinche	dia	58	45 %
Posesión scoop 7YDS3	mes	0.06	10 %
Operación scoop 7YDS3	hm	13	9 %
Posesión mixer bajo perfil	mes	0.09	7 %
Operación mixer bajo perfil	hm	22	10 %
Equipo para tensado	dia	22	9 %
Perforadora manual	dia	26	5 %
Lechadora	dia	11	2 %

**Cuadro 101**  
*Maquinaria blindaje de pique en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Hormigón H-70	m3	2	88 %
Juntas de expansión	gl	3	5 %
Membrana de curado	lt	5	3 %
Moldaje	m2	1	1 %

Cuadro 102

*Materiales para carpeta de rodado en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Maestro	hd	1.	43 %
Ayudante	hd	0.8	32 %
Op. retroexcavadora con martillo	hd	0.4	18 %
Chofer Mixer	hd	0.2	9 %

Cuadro 103

*Mano de obra para carpeta de rodado en Panel 2*

Elemento	Unidad	Cantidad	% Valor económico
Arriendo retroexcavadora	mes	0.005	33 %
Operación retroexcavadora	hm	0.8	8 %
Posesión mixer	mes	0.003	22 %
Operación mixer	hm	0.8	37 %

Cuadro 104

*Maquinaria de obra para carpeta de rodado en Panel 2*