



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO INGENIERÍA DE MINAS

ANÁLISIS DE INICIATIVAS DE DISMINUCIÓN DE TIEMPOS NO PRODUCTIVOS EN
LAS EMPRESAS CONTRATISTAS DE PREPARACIÓN MINERA DET

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

GONZALO ANTONIO CAÑÓN SAGREDO

PROFESOR GUÍA

JUAN FREDDY DÍAZ FONTALBA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

JUAN ALBERTO MONTES ABALLAY

JAVIER ANDRÉS CORNEJO GONZÁLEZ

SANTIAGO DE CHILE

2018

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

POR: Gonzalo Antonio Cañón Sagredo

Fecha: 25 de mayo de 2018

PROFESOR GUIA: Juan Freddy Díaz Fontalba

**ANÁLISIS DE INICIATIVAS DE DISMINUCIÓN DE TIEMPOS NO PRODUCTIVOS EN
LAS EMPRESAS CONTRATISTAS DE PREPARACIÓN MINERA DET**

Una de las características de las obras de preparación minera es la participación de muchos actores en una misma área común, sobre todo cuando se trata de construcciones en minería subterránea considerando la mayor dificultad para realizar las diferentes coordinaciones durante los turnos de trabajo. El objetivo de este tipo de faenas y obras es cumplir con las metas de seguridad y productividad establecidas, siendo necesario realizar una correcta gestión y logística de recursos y activos, teniendo en consideración eventuales emergencias, falta de suministros y facilidades, interferencia entre actividades, entre otros eventos que impactan la productividad.

Hoy en día las empresas de preparación minera en la División El Teniente se han quedado atrás en cuanto al porcentaje de tiempo de la jornada de turno en que realmente se agrega valor. Al analizar un turno normal es posible encontrar una gran cantidad de tiempo que es utilizado en actividades contributivas y no contributivas como lo son los traslados y actividades de seguridad, además debido a la falta de control, en muchas ocasiones se sobrepasan los tiempos establecidos para ciertas actividades, como lo es el horario de colación. El objetivo de éste trabajo es analizar y evaluar el impacto de ciertas iniciativas con el fin de disminuir los tiempos no productivos de las jornadas de las EE.CC.

Mediante el levantamiento de la situación actual de las jornadas de trabajo de los sectores Esmeralda y Panel 2, fue posible identificar brechas de tiempos y disminuir los tiempos no productivos de la jornada de trabajo. Se levantaron iniciativas de productividad, las cuales permiten capturar parte del tiempo usado en actividades no productivas. Se evaluaron las iniciativas propuestas, el impacto de estas en la jornada de trabajo y el costo de implementarlas. Por último, mediante la herramienta Índice de Priorización (IPR) sugerir las iniciativas que agregan un mayor valor a la Corporación, División y a la GOBM. Según lo anterior dentro de todas las iniciativas propuestas las que tienen los mayores IPR corresponden a la implementación de un Centro Integrado de Obras Minas aumentando un 18% el tiempo en postura trabajando; la habilitación de un casino móvil con un aumento del 18%; y el cambio a una jornada del tipo 10x5+Enlace con un 11% de aumento del tiempo en postura trabajando. Es posible aumentar 48% el tiempo en postura trabajando, 11% la productividad y reducir en 9 % el VAC al implementar estas tres iniciativas en conjunto. En el caso de mantener la jornada 10x5 se logra aumentar en 21% el tiempo en postura trabajando, reducir un 5% el VAC y aumentar 9% la productividad.

Se recomienda diseñar, realizar pruebas pilotos e implementar el CIOBM, puesto que además de aumentar el tiempo en postura trabajando, será posible monitorear y controlar en tiempo real procesos, activos y recursos. De la misma forma al implementar Casinos Móviles será posible controlar los tiempos de colación y dar continuidad a la operación al poder distribuir los horarios de colación de acuerdo a las necesidades del turno. Por último, se sugiere realizar pruebas piloto de la jornada 10x5+Enlace utilizando un diseño manilla a manilla, permitiendo dar continuidad a las obras críticas de preparación minera, aumentar el tiempo en postura trabajando y en consecuencia el tiempo que se agrega valor.

ABSTRACT

One of the characteristics of the mining development works is the participation of a large number of actors in the same common area, especially when it comes to constructions in underground mining, considering the greatest difficulty in carrying out the different coordination during working shifts. The daily goal of this type of labor and works is to meet the established safety and productivity goals, being necessary to carry out a correct management and logistics of resources and assets, taking into account any emergencies, lack of supplies and facilities, interference between activities, among other events that impact productivity.

Nowadays, the mining development companies in DET are lagging in terms of the percentage of time of the working shift in which value is effectively added. When analyzing a normal shift it is possible to find a large amount of time that is used in activities that do not add value such as transfers and overtime in safety activities, in addition due to the lack of control, in many occasions the established time is exceeded for certain activities, such as the lunch time. The objective of the report is to analyze and evaluate the impact of certain initiatives in order to reduce the non-productive time of the workdays of the EE.CC.

By means of gathering information about the current working days situation of Sectors Esmeralda and Panel 2, it was possible to identify time gaps, being possible to reduce the non-productive time of the working day. Productivity initiatives were taken, which allow to capture part of the time used in non-productive activities. The proposed initiatives were evaluated, their impact on the working day and the cost of implementing them. Finally, through the Prioritization Index (IPR) tool, we can suggest the initiatives that add greater value to the Corporation, Division and the GOBM. According to the above, among all the proposed initiatives, the ones with the highest IPR correspond to the implementation of an Integrated Mine Works Center, the setting up of a Mobile Casino, and the change to a workday of type 10x5 + Linkage, achieving an increase of 18% , 18% and 11% respectively, the time in working stand and reduce 6% the VAC. It is possible to increase 48% the time in working stand and 11% productivity by implementing these three initiatives together. In the case of maintaining the 10x5 day, it is possible to increase working time by 21%, reduce VAC by 5% and increase productivity by 9%.

It is recommended to design, carry out pilot tests and implement the CIOBM, because, besides increasing the working stand time, it will be possible to monitor and control processes, assets and resources in real time. In the same way, when implementing mobile casinos it will be possible to control the lunch time and give continuity to the operation by being able to distribute the lunch time schedules according to the needs of the shift. Finally, it is suggested to carry out pilot tests of the workday 10x5 + Linkage using a handle-handle design, allowing continuity to the critical works of mining development, increase the time in working stand and consequently the time that value is added.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar esta etapa quiero agradecer a mis padres y familia, quienes han sido parte fundamental de cada logro alcanzado. Gracias a su constante esfuerzo y apoyo he podido desarrollarme tanto en lo personal como en lo profesional.

Darle las gracias a mi pilar y compañera de vida, Jacqueline Orueta, quien fue una motivación extra durante gran parte de mi carrera universitaria. Gracias por toda la paciencia y apoyo, por la entrega día a día y estar incondicionalmente a mi lado. Sobre todo, gracias por darme quien será la motivación diaria para realizarnos como profesionales, personas y padres, la Trini...

Agradezco a cada profesor y profesional con quienes compartí en el desarrollo de la memoria y durante la carrera. A Juan Freddy Díaz, por su preocupación, apoyo, disponibilidad, sabiduría y consejos, un gran profesional y una excelente persona.

Por último, y no menos importante, agradecer a cada una de las personas que me acompañaron durante este proceso y mi paso por la universidad, en particular a Álvaro, Rodrigo y Tomas, buenos amigos y mejores personas con quienes compartí risas, estudios y una que otra cerveza, son grandes cabros. A mis amigos del colegio, de la universidad y de la vida, quienes estuvieron presente de una u otra forma en este largo y arduo proceso. A Héctor Toro y Matías Navarro, quienes fueron precursores y gran ayuda al comienzo de este trabajo de título. Y a Tomas Gonzalez, quien fue un apoyo extra en el desarrollo de la memoria.

A todos ustedes muchas gracias...

Tabla de contenido

CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Motivación, contexto y descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo principal.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcances.....	2
CAPITULO II ANTECEDENTES PREPARACIÓN MINERA EN DIVISIÓN EL TENIENTE. 3	
2.1 CODELCO, División el Teniente.....	3
2.1.1 Ubicación.....	3
2.1.2 Sectores productivos.....	3
2.2 Preparación minera en <i>Block/Panel Caving</i>	3
2.2.1 Niveles de la mina.....	4
2.3 Preparación minera en la División El Teniente.....	4
2.3.1 Misión y visión de GOBM.....	6
2.3.2 Interferencias y fallas operacionales.....	6
2.3.3 Desarrollos horizontales.....	9
2.3.4 Sectores en preparación.....	12
2.3.5 Programas de preparación.....	13
2.3.6 Modelo de gestión.....	14
2.3.7 Financiamiento.....	14
2.3.8 Esmeralda Sur y Panel 2.....	15
CAPITULO III ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE TURNOS.....	16
3.1 Empresas contratistas y sistema de turno actual.....	16
3.2 Dotación.....	16
3.3 Utilización de tiempos.....	17
3.4 Efectos de los sistemas de turnos en los trabajadores.....	21
3.4.1 Factores condicionantes.....	21
3.4.2 Adaptación humana frente a los sistemas de turno.....	21
3.4.3 Efecto del cambio de turno de 10 a 12 horas diarias.....	23
CAPITULO IV METODOLOGÍA.....	25
CAPITULO V INICIATIVAS PARA DISMINUIR TIEMPOS NO PRODUCTIVOS DE LA JORNADA DIARIA DE EE.CC.....	26
5.1 Situación actual.....	26
5.2 Condiciones de la jornada DET y análisis causal de brechas.....	27

5.3	Benchmarking: Proyecto Mina Chuquicamata Subterráneo.....	28
5.4	Mapeo y levantamiento de propuestas.....	30
5.4.1	Iniciativas Estructurales.....	31
5.4.2	Iniciativas de Disciplina.....	35
5.4.3	Iniciativas Excelencia Operacional.....	35
5.5	Impacto de iniciativas.....	39
5.6	Simulación de rendimientos.....	39
5.7	Evaluación Económica.....	41
5.7.1	Dotación.....	41
5.7.2	Costo Habilitación de Campamento.....	42
5.7.3	Costo Casino Móvil.....	43
5.7.4	Costo Vehículos Acercamiento Interior Mina.....	43
5.7.5	Habilitación Casa de Cambio en Sewell.....	44
5.7.6	Adelantar Habilitación ADIT 77.....	44
5.7.7	Descongestión tramo 5 y ADIT 71.....	44
5.7.8	Costo Centro integrado de Operaciones.....	44
5.8	Adelanto de obras y calculo VAC.....	45
5.9	Selección de Iniciativas.....	45
CAPITULO VI DISEÑO GENERAL DEL CENTRO INTEGRADO DE OBRAS MINAS.....		47
6.1	Definición de centro integrado de operaciones.....	47
6.2	Sistemas de despacho en minería subterránea.....	49
6.2.1	Sistemas de despacho en preparación minera subterránea.....	49
6.3	Benchmarking CIO's.....	50
6.3.1	Rio Tinto.....	50
6.3.2	BHP Billiton.....	51
6.3.3	Codelco.....	51
6.3.4	Hancock Prospecting.....	51
6.3.5	Santos Ltda.....	52
6.3.6	I2Mine.....	52
6.4	Control de procesos.....	53
6.4.1	Requisitos para un buen control.....	54
6.4.2	Controlar es clave.....	54
6.4.3	Elementos de control.....	54
6.5	Aspectos generales.....	55
6.6	Presente y futuro de la gestión.....	56
6.7	Diseño General del CIOBM.....	57

6.7.1	Situación actual	61
6.7.2	Dirección de cambio	63
6.7.3	Propuesta de diseño	64
6.7.4	Implementación	69
6.7.5	Beneficios	70
CAPITULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS		71
7.1	Iniciativas levantadas	71
7.2	Gestión sobre tiempos de jornada de trabajo	73
CAPITULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		75
8.1	Iniciativas de productividad	75
8.2	Utilización de tiempos de jornada.....	76
8.3	CIOBM	76
8.4	Conclusiones Generales	77
8.5	Pasos a seguir.....	78
CAPITULO IX BIBLIOGRAFÍA		79
ANEXOS		82
ANEXO A: Tipos de interferencias y niveles asociadas a las empresas contratistas.....		82
ANEXO B: Descripción de tiempos <i>Overhead</i>		83
ANEXO C Distribución de tiempos		84
ANEXO D Resultados impacto de iniciativas.....		86
ANEXO E Consideraciones en cálculo de impacto de iniciativas		87
ANEXO F Resultados Simulación		88
ANEXO G Costo de mano de obra		90
ANEXO H Costo Casino Móvil		91

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa estratégico DPM-GOBM.	5
Figura 2 Porcentaje de incidencia de interferencias de responsabilidad de la División. Fuente: Bustos, 2015.	9
Figura 3 Porcentaje de incidencia de pérdidas operacionales de responsabilidad del Contratista. Fuente: Bustos, 2015.	9
Figura 4 Porcentaje de duración de cada actividad del ciclo de desarrollo horizontal. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 5 Aporte Cu fino mina por sector 2017. Fuente: Plan Minero P1, 2017.	12
Figura 6 Modelo de gestión de preparación minera.	14
Figura 7 Dotación diaria Total EE.CC GOBM y Geovita, mes de diciembre 2017.	17
Figura 8 Desglose de actividades en jornada laboral de EE.CC. El Teniente.	18
Figura 9 Composición tiempo nominal de puesto de trabajo.	20
Figura 10 Descripción de actividades de tiempos institucionales y Overhead.	20
Figura 11 Distribución de tiempos de jornada DET.	28
Figura 12 Distribución de tiempos de jornada PMCHS.	28
Figura 13 Distancias entre dependencias DET.	29
Figura 14 Esquema de jornadas de trabajo DET.	29
Figura 15 Distancias entre dependencias PMCHS.	30
Figura 16 Esquema de jornadas de trabajo PMCHS.	30
Figura 17 Impacto en productividad vs Dificultad de Implementación de iniciativas propuestas.	31
Figura 18 Esquema de jornada 10x5 + Enlace.	32
Figura 19 Esquema de jornada NxN.	33
Figura 20 Tiempos de ida y vuelta entre casas de cambio y mina El Teniente.	34
Figura 21 Análisis GPS subida y bajada de turnos mina y obras minas. Fuente: Everis, 2017. ...	36
Figura 22 Interferencias operacionales totales 2017.	37
Figura 23 Impacto de iniciativas en tiempo en postura trabajando.	39
Figura 24 Rendimiento versus tiempo que se agrega valor, 34 frentes.	40
Figura 25 Esquema básico de funcionamiento y beneficios de un CIO.	48
Figura 26 Presente versus situación futura con CIOBM.	57
Figura 27 Esquema general de CIITM.	59
Figura 28 Plataforma tecnológica CIITM.	60
Figura 29 VAC de Jornadas Implementando Casino Móvil y CIOBM.	72
Figura 30 Impacto de iniciativa Casino Móvil y CIOBM en conjunto con jornadas evaluadas. ...	73
Figura 31 Tipos de interferencias y niveles asociadas a EE.CC.	82
Figura 32 Rendimientos simulación GPRO.	88

Índice de Tablas

Tabla 1 Descripción de Áreas de Trabajo de la Preparación Minera.	6
Tabla 2 Jornada de 10 y 12 horas, ventajas y desventajas.	24
Tabla 3 Duración de actividades de desarrollo horizontal.	40
Tabla 4 Dotación directa por jornada.	41
Tabla 5 Conversiones monetarias utilizadas para cálculos.	42
Tabla 6 Costo operacional por hombre día, Hostal Coya.	42

Tabla 7 Costo inversión campamento, Hotel Mejillones.	42
Tabla 8 Costo de inversión y operación según jornada.	43
Tabla 9 Costo de inversión y operación mensual implementación casino.	43
Tabla 10 Costos vehículos de acercamiento interior mina.	43
Tabla 11 Costo operacional casa de cambio.	44
Tabla 12 Costo estimados habilitación ADIT 77.	44
Tabla 13 Costo construcción túnel.	44
Tabla 14 Benchmark Inversión CIO's.	45
Tabla 15 Total de desarrollo horizontal 2017-2019 sector Esmeralda y Panel 2.	45
Tabla 16 IPR Iniciativas Propuestas.	46
Tabla 17 Aspectos a medir y controlar con CIOBM.	58
Tabla 18 Tiempos recuperados al realizar gestión.	73
Tabla 19 Desglose de tiempos de jornada DET.	84
Tabla 20 Desglose de tiempos de jornada PMCHS.	85
Tabla 21 Resultados por iniciativa y jornada.	86
Tabla 22 Consideraciones cálculo de impacto de iniciativas.	87
Tabla 23 Resultados simulación de rendimientos.	88
Tabla 24 Avance Físico 2017 Esmeralda-Panel 2.	89
Tabla 25 Costo mano de obra.	90
Tabla 26 Costo movilización, camarines y casino.	90
Tabla 27 Costo final mano de obra.	90
Tabla 28 Costos Casino Móvil AGD Dacita.	91

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación, contexto y descripción del problema

Diversos son los factores que durante los últimos años han llevado a que la industria minera se encuentre en un escenario bastante complejo y a que los costos de producción hayan ido en aumento. Entre estos se destaca la baja de ley del mineral, el alto de precio de la energía, la escasez hídrica, la profundización y envejecimiento de los yacimientos y la baja productividad. Agregando a lo anterior, el periodo de bajo precio del cobre por el que se está pasando como industria.

Es por esto que la productividad adquiere un rol fundamental durante el ciclo minero, al ser un indicador clave al compararse con otras empresas del rubro, permitiendo diferenciarse y obtener ventajas competitivas. Es necesario mejorar la utilización de recursos en los procesos mineros, optimizando y logrando que estos sean más eficientes durante sus etapas en ejecución.

Según la Cámara Chilena de la Construcción, un 50% de los megaproyectos mineros presentan algún tipo de retraso y un 69% enfrenta sobrecostos, observándose una amplia gama de dificultades y/o restricción que superar, como también de oportunidades de mejora de las cuales sacar provecho y apalancar los tiempos efectivos de trabajo, puesto que son focos a atacar en vista del impacto en el índice de productividad. Estudios revelan que en la minería chilena del total horas de trabajo, solo el 49% de estas corresponden a horas realmente trabajadas.

Dentro de las actividades más importantes desarrolladas en faenas subterránea explotadas mediante métodos de hundimiento son habilitación de subestaciones eléctricas, las obras mineras y las obras civiles, las cuales habilitan los distintos sectores para poder llevar a cabo las futuras actividades productivas.

La División El Teniente gasta aproximadamente en obras de preparación minera MUS\$230, equivalente al 20% del presupuesto operacional de la División. Es por esto que, reducir los costos de la preparación de infraestructura minera impacta en gran medida en la reducción de los costos globales de la División y disminuye el costo total de producir una tonelada de mineral. Una forma de conseguir esto es mejorar la utilización de tiempos y la productividad de las actividades involucradas en la preparación minera, optimizando la utilización de recursos.

Hoy en día, y producto de la jornada de turno empleada por las empresas contratistas (10x5 de 10 horas), existen 4 horas al final del día las cuales no están siendo utilizadas, además de una gran cantidad de tiempo ocupado en actividades contributivas y no contributivas. Al descontar los traslados, colación, interferencias y deficiencias operacionales (tiempos no productivos) del turno no se alcanzan 4 horas de actividades que agregan valor durante la jornada de trabajo.

Por esto, se desarrolla el presente trabajo titulado “Análisis de iniciativas de disminución de tiempos no productivos en la preparación minera, División El Teniente”, cuyo objetivo principal es medir, analizar y evaluar la disminución de los tiempos no productivos, mediante iniciativas productivas, de la jornadas de trabajo de las empresas contratistas de la Gerencia de Obras Minas de la División El Teniente de CODELCO, logrando así, aumentar el tiempo en postura trabajando y tiempo que se agrega valor, reducir costos, asegurar plazos y aumentar la productividad de las EECC.

Así, será posible identificar las condiciones existentes en DET que impactan y disminuyen la utilización de tiempos y productividad de las jornadas de trabajo. Para realizar el estudio se recopiló información de los tiempos y horas de trabajo de la empresa Geovita, las dotaciones, y las principales causas de pérdidas de tiempo y baja de productividad durante el turno.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

El objetivo principal del estudio es el análisis y evaluación de impacto de iniciativas para disminuir los tiempos no productivos de las empresas contratistas de la Gerencia Obras Minas de la División El Teniente de CODELCO, con el fin de aumentar el tiempo de jornada y tiempo en postura trabajando, y en consecuencia aumentar el tiempo que se agrega valor durante la jornada de trabajo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Medición y análisis de tiempos del turno de la empresa contratista Geovita a cargo de las actividades de desarrollo horizontal de los sectores Esmeralda Sur y Panel 2.
- Análisis y evaluación de impacto del cambio de jornada de trabajo en los tiempos del turno.
- Identificar las condiciones de la División El Teniente que impactan a los tiempos del turno y a la productividad de las obras.
- Realizar evaluación económica e potencial impacto de cada iniciativa.
- Recomendar acciones futuras para disminuir tiempos no productivos, aumentar tiempo en postura trabajando y la productividad.

1.3 Alcances

- Comparar iniciativas en cuanto a índice de priorización, VAC, tiempo en postura trabajando y que se agrega valor, rendimientos y productividad.
- Estudio se centralizará en las obras de desarrollo horizontal de los sectores Esmeralda Sur y Panel 2 de Mina El Teniente de Codelco.
- Se evaluarán las jornadas 10x5, 10x5 + Enlace y NxN.
- Se levanta la restricción de presupuesto anual de obras (desarrollo de obras en función del rendimiento) y se considerará la obra de desarrollo y construcción de los años 2017, 2018 y 2019 (PQ2017), considerando el volumen de obra mensual fijo.
- El ahorro será calculado en base al adelantamiento de obras, generando ahorro en mano de obra y costo de posesión de equipos.
- Como indicador económico se utilizará el VAC a una tasa anual del 8%.
- Todos los escenarios evaluados consideran el mismo número de recursos.

CAPITULO II ANTECEDENTES PREPARACIÓN MINERA EN DIVISIÓN EL TENIENTE

2.1 CODELCO, División el Teniente

La mina El Teniente es el yacimiento de cobre subterráneo más grande del planeta. Su explotación comenzó en 1905, y en la actualidad ya cuenta con más de 3.000 kilómetros de galerías subterráneas, equivalente a la distancia entre Arica y Puerto Montt.

Según creencias populares, el nombre de la mina proviene del Teniente del Ejército Libertador, Juan de Dios Correa, a quien le fue entregada la propiedad como herencia de su suegro, el Conde de la Conquista, Mateo Toro y Zambrano.

Se destacan la mina, la planta concentradora (Colón) y la fundición (Caletones) como principales operaciones. Además, cuenta con una operación a rajo abierto, Rajo Sur, proyecto que comenzó su operación el primer semestre de 2013.

Dentro de los más de 110 años de operación ha producido un total de 22.450.000 toneladas de cobre fino aproximadamente. El Teniente realizó una producción de 464.328 tmf durante el año 2017, los cuales fueron comercializados a través de ánodos generados en la Fundición de Caletones. Además de cobre, la División también produce molibdeno y ácido sulfúrico.

2.1.1 Ubicación

El complejo mineral de El Teniente se encuentra en plena cordillera de Los Andes en la comuna de Machalí, región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Distante a 120 kilómetros de Santiago y a 54 kilómetros de la ciudad de Rancagua, capital de la misma región, entre los 2.200 y los 3.200 metros sobre el nivel del mar. A su vez cuenta con una operación en superficie, el Rajo Sur, entre los 2.730 y 3.240 metros sobre el nivel del mar¹.

El acceso a la mina es mediante la Carretera del Cobre, la cual fue construida en la década de los 60' especialmente para tener acceso a la mina.

2.1.2 Sectores productivos

De acuerdo al Plan Minero P1 (2017) la actual operación de la mina está conformada por 12 sectores y un rajo abierto. Entre las unidades productivas de la mina de El Teniente destacan los sectores Reservas Norte, Pilar Norte, Dacita, Esmeralda, Esmeralda Panel 1, Extensión FW Bloque 2, Extensión Norte Bloque 2, Mina Teniente 4 Sur, Extensión Norte SUAPI Norte, Extensión HW PIPA Norte, Pacifico Superior, Diablo Regimiento y Rajo Sur.

2.2 Preparación minera en *Block/Panel Caving*

El método de explotación *Block/Panel Caving* y los métodos de hundimiento en general, son aquellos métodos subterráneos en los cuales mediante la gravedad se logra fracturar un bloque de mineral no soportado. Utilizando métodos convencionales de perforación y tronadura es posible

¹ División El Teniente: https://www.codelco.com/division-el-teniente/prontus_codelco/2016-02-25/155825.html

remover un trozo del sector de la base de la columna del mineral, logrando así, propagar el hundimiento producto de la gravedad (Brannon, 2011).

Una vez propagado el hundimiento, es posible recuperar el mineral a través de puntos de extracción, previamente construidos (Laubscher, 1994). Generalmente se utilizan equipos *Load Haul Dump* (LHD), los cuales tienen la capacidad de transportar grandes cantidades de mineral hasta puntos de vaciado, los cuales permiten el traspaso del mineral desde el nivel de producción hacia niveles inferiores, para posteriormente ser transportado a superficie.

En comparación con otros métodos de explotación subterránea, el *Block/Panel Caving* tiene una ventaja considerable, dado que se requiere una menor cantidad de perforación y tronadura y menos cantidad de desarrollo, hace que el método se vuelva económicamente atractivo y pueda incluso compararse con la minería a cielo abierto en cuanto a cantidades y costos de producción (Oraee, 2010).

2.2.1 Niveles de la mina

Es necesario contar con 4 niveles para poder utilizar el método de explotación *Block/Panel Caving*. Estos niveles están ubicados en distintas cotas a lo largo de toda la extensión del cuerpo mineralizado y se conectan entre sí mediante rampas o desarrollos verticales, estos últimos son de gran importancia debido a que poseen más de una función, sirven para inyectar y extraer aire hacia los otros niveles, y como sistema de traspaso de mineral.

Los cuatro niveles mencionados se detallan a continuación:

- **Nivel de hundimiento:** En este nivel se produce la socavación de la columna de mineral mediante perforación y tronadura.
- **Nivel de producción:** Este nivel se caracteriza por un gran número de galerías donde, mediante equipos LHD se extrae el mineral desde los puntos de extracción y es depositado en los puntos de vaciados.
- **Nivel de ventilación:** Subnivel localizado bajo el nivel de producción, cuya función es introducir aire fresco al resto de los niveles y extraer de estos mismos el aire viciado producto de las labores mineras.
- **Nivel de transporte:** Este nivel tiene la función de transportar el mineral hacia la superficie, el medio de transporte puede variar dependiendo de las condiciones (camiones, correas, ferrocarril, skip, etc).

2.3 Preparación minera en la División El Teniente

La Gerencia de Obras Minas (GOBM) es el área especializada y encargada de realizar las actividades involucradas en la preparación minera, la cual comprende el conjunto de actividades vitales, labores de desarrollo y construcción de infraestructura minera, mecánica, eléctrica e instrumentación, civiles y montajes, para poder habilitar la infraestructura necesaria para la explotación de un sector productivo. En otras palabras, corresponde a las actividades de desarrollo de túneles y obras de infraestructura, las cuales permiten asegurar la incorporación de área y la continuidad de la explotación del yacimiento minero (Morales, 2008). Esta se puede dividir en dos etapas:

1. **Infraestructura de pre-producción:** En esta etapa se habilita la infraestructura para la producción de un sector, vale decir, accesos principales, barrio cívico, infraestructura eléctrica y de ventilación.
2. **Infraestructura de explotación:** Corresponde a la etapa donde se preparan los diferentes niveles involucrados en el proyecto.

En la Figura 1 se muestra el mapa estratégico de la Gerencia Obras Minas, destacándose los dos pilares de esta, el primero “Cumplir Programa Eficientemente” y el segundo “Excelencia Operacional”.

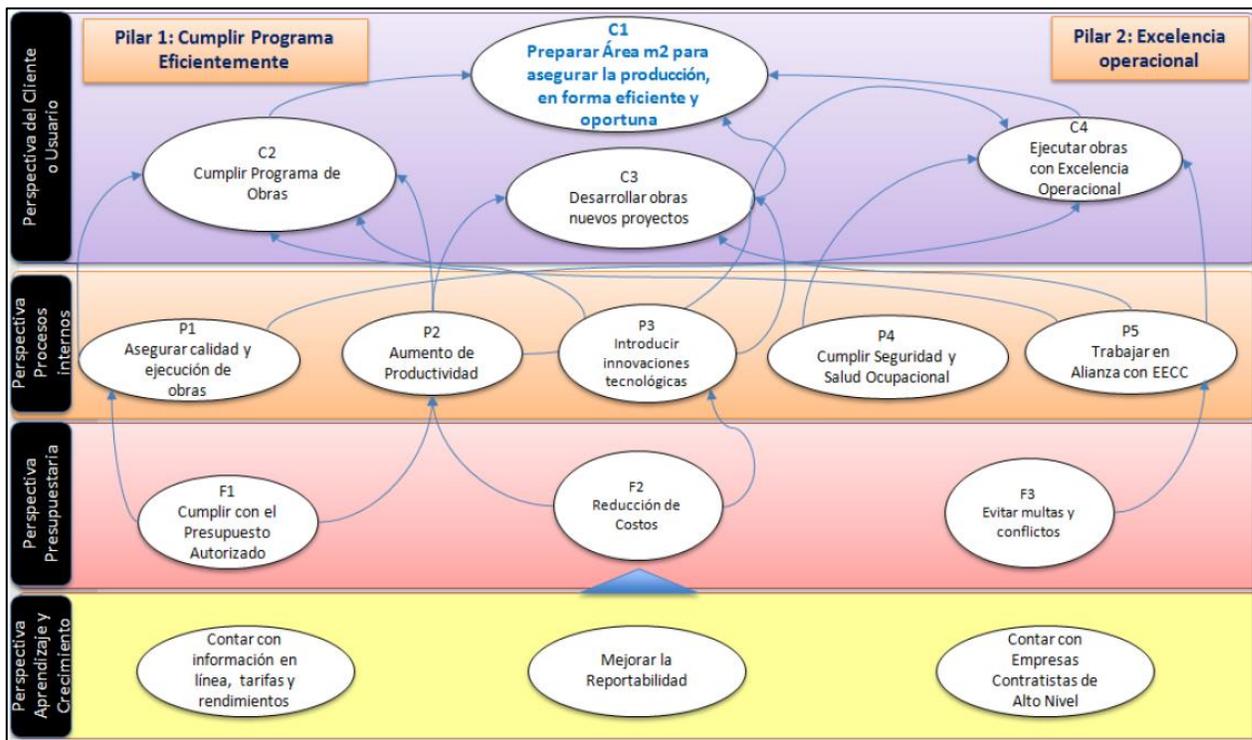


Figura 1 Mapa estratégico DPM-GOBM.

La gama de obras a realizar con este tipo de método es amplia e intensiva en construcción, realizando una gran cantidad de obras en cada uno de los niveles de la mina. (Salgado, 2009). La preparación minera puede ser dividida en tres áreas: desarrollos mineros, obras civiles y montajes de infraestructura. Estas permiten la obtención de un m^2 preparado, vale decir, área en condiciones para su explotación (Camhi, 2012). Las áreas de trabajo mencionadas son detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1 Descripción de Áreas de Trabajo de la Preparación Minera.

Excavaciones Mineras	Obras Civiles	Montaje de Infraestructura
<p>Corresponden a los desarrollos horizontales y verticales, y todas las actividades asociadas a estas, como la fortificación de galerías, el saneamiento y la estabilización de sectores.</p>	<p>Obras construidas de hormigón armado, en sus distintas calidades, y la armadura necesaria para estructurar un elemento determinado. Algunos ejemplos de estas actividades son las carpetas de rodado y los muros de confinamiento, estos últimos cumplen la función de fortificación definitiva de una zona en producción.</p>	<p>Esta actividad corresponde a las obras de terminación necesarias para terminar un proyecto determinado. Normalmente se ejecutan posteriormente a las obras civiles y culminan con la habilitación, ya sea local o remota de un elemento determinado. Ejemplos de estas actividades son el montaje y habilitación de buzones de carguío y <i>Plate Feeders</i>, elementos de infraestructura necesarios para el traspaso y manejo de materiales desde un nivel a otro.</p>

2.3.1 Misión y visión de GOBM

La misión de la Gerencia de Obras Mina es “Cumplir la preparación minera de manera segura, eficiente y oportuna, asegurando la incorporación de área a producción”

Por su parte la visión es “Ser líder en preparación minera con los más altos estándares en seguridad, productividad y excelencia, basándose en una fuerte relación colaborativa para satisfacer la necesidad de incorporación de área en tiempo y calidad”.

2.3.2 Interferencias y fallas operacionales

Una de las características de la preparación minera en el método *Block/Panel Caving* y en El Teniente es que sus obras son llevadas a cabo al mismo tiempo en conjunto con otras operaciones, siendo las interferencias producidas entre estas inversamente proporcional a la productividad.

Según la Corporación de Desarrollo Tecnológico la baja productividad obtenida en la industria minera es debido a las pérdidas de tiempo en distintas labores de los sectores, producto de la coordinación existe una pérdida del 46%, por la metodología del trabajo del 20%, por abastecimiento de materiales un 16% y por supervisión un 13%, el porcentaje restante corresponde a otros factores.

Una gran cantidad de actividades se llevan a cabo dentro de un área común de trabajo, donde es posible encontrar personas, vehículos livianos y pesados, operaciones de desarrollos mineros como es la perforación de frentes de avance con Jumbos, traslado de material con cargadores frontales y camiones, fortificación con equipos de levante y jumbos, acercamiento de hormigón mediante camiones mixer, tendido de servicios (agua, energía, ventilación) a lo largo de las galerías, entre otros. Además, el desarrollo de túneles requiere la utilización de explosivos, por lo que, al momento

de realizar tronaduras dentro de los distintos sectores, los trabajadores deben evacuar las áreas de trabajo. Todas las actividades mencionadas se apoyan en la logística de servicios de las operaciones, como lo son el ingreso y salida del personal en buses, el abastecimiento de insumos como elementos de fortificación, explosivos, hormigón, materiales, herramientas, repuestos, etc., utilizando todas accesos comunes.

Es posible definir las interferencias como aquellas situaciones que generan pérdidas de tiempo y afecten al desarrollo normal de las actividades. Estas pueden haber sido programadas o no programadas, y el mayor impacto es en el tiempo que se agrega valor de la jornada trabajo (Alegría, 2010). No existe faena donde sus procesos y operaciones no sean detenidos por ciertos intervalos de tiempos producto de algún tipo de interferencia, sin embargo, el tipo, cantidad y frecuencia difieren entre una faena y otra, puesto que, cada interferencia depende de las condiciones de operaciones, los equipos y personal utilizados, y como estos realizan las labores.

Las interferencias se deben a múltiples causas, de forma general se pueden resumir a tres: compartir infraestructura de servicios; debido a que todos los días se realiza algún tipo de tronaduras, teniendo que aislar las áreas de trabajo cercanas provocando la detención de algunas obras y actividades; y debido a otras obras de preparación en ejecución a poca distancia.

Varios autores (Alegría, 2010; Bustos, 2015; Salgado, 2009) han estudiado e identificado las interferencias más comunes que se presentan en la preparación minera que generan demoras no planificadas, provocando en muchas ocasiones el no cumplimiento de plazos establecidos. Las interferencias que afectan a todas las actividades de preparación mineras son:

- **Aislación post tronaduras:** Las actividades de tronaduras de paradas, pilares o zanjas generan aislaciones en los diferentes niveles por periodos variables, dependiendo de la cantidad de explosivo utilizado y la ubicación de este.
- **Aislaciones por alerta sísmica:** Si se llegase a producir un incremento de la actividad sísmica (alerta por alta) o una disminución significativa de ésta (alerta por baja), la Dirección Geomecánica Divisional recomienda aislaciones parciales o totales de los diferentes niveles de los sectores productivos.

Estas detenciones de actividades se realizan con el fin de proteger la integridad física de los trabajadores, puesto que en ambas situaciones anteriores existe mayor probabilidad de ocurrencia de estallido de roca. Otras detenciones producidas en la preparación minera de la División El Teniente son (Salgado, 2009):

- Simulacros de Incendios.
- Interferencias con otras operaciones.
- Interferencias por cierre total de accesos.

Todas estas afectan tanto a la operación como a la preparación minera, y la responsabilidad es atribuible a la empresa minera. Un análisis más detallado de dos sectores productivos de la División El Teniente, Esmeralda y Diablo Regimiento, permitió crear una línea base para ser utilizada en el programa de preparación del proyecto Nuevo Nivel Mina (Alegría, 2010). Las principales interferencias operacionales identificadas son:

1. Disponibilidad de equipos.
2. Corte de energía y agua.
3. Clima.

4. Movilizaciones.
5. Disponibilidad de pique para vaciado de marina.
6. Disponibilidad de la planta de hormigón.
7. Aislación post-tronadura.
8. Aislación por alerta sísmica.
9. Simulacros de incendio.
10. Interferencias con otros contratistas.
11. Otros.

La falta de herramientas, ausencia de personal, y cualquiera interferencia generada por una mala gestión de la empresa contratista son atribuibles a la categoría “Otros”. También se mencionan las pérdidas operacionales producto de fallas de equipos como ventiladores, chancadores, ferrocarriles, entre otros, las cuales son responsabilidad de la empresa minera.

A su vez, los rendimientos de preparación de mina, de manera general, son afectados por las siguientes variables:

- **Lejanías de las frentes de trabajo:** Mientras mayor sea la distancia entre las frentes de trabajo, menores serán los rendimientos obtenidos, producto de los tiempos de desplazamiento del personal, mayores desplazamientos para el abastecimiento de materiales y hormigón o mayores recorridos para la evacuación de marinas.
- **Dispersión geográfica de las obras:** Cuando las actividades de preparación se encuentran concentradas geográficamente permite obtener mayores rendimientos al optimizar la utilización de recursos.
- **Interacción con actividades de producción:** Mientras mayor sea la cercanía entre las actividades de preparación y producción, mayores serán las interferencias mutuas: compartir rutas de acceso, vaciaderos de marina, aislaciones por tronaduras de reducción secundaria, ventilación, etc.
- **Disponibilidad de facilidades:** Disponer de accesos independientes, vaciaderos de marina exclusivos, energía eléctrica, ventilación y abastecimiento de materiales cercanos a las frentes de trabajo mejora los rendimientos de las actividades.

La interferencia con mayor impacto en el tiempo que se agrega valor y genera una mayor cantidad de horas perdidas es la disponibilidad de equipos. La cual se debe principalmente a mantenciones no programadas y a una mala gestión de la flota de equipos por parte de la empresa contratista (Alegría, 2010).

Pese a lo anterior, la disponibilidad de equipos no es algo que se controle ni exija exhaustivamente debido a que a las empresas contratista se les paga por cantidad de metros lineales desarrollados y no por como lo logran. Es sumamente importante controlar este KPI y exigir al menos la disponibilidad comprometida por la EE.CC, siendo posible aumentar la utilización, y así, mejorar la planificación y la productividad de equipos, logrando reducir el costo por metro lineal.

Una de las posibles causas de que no se alcance un cumplimiento del 100% de satisfacción es debido a las interferencias entre las EE.CC y la operación de producción de DET (Bustos, 2015). En la Figura 2 se desglosan las interferencias producidas por la División y el porcentaje de incidencia de cada una de ellas.

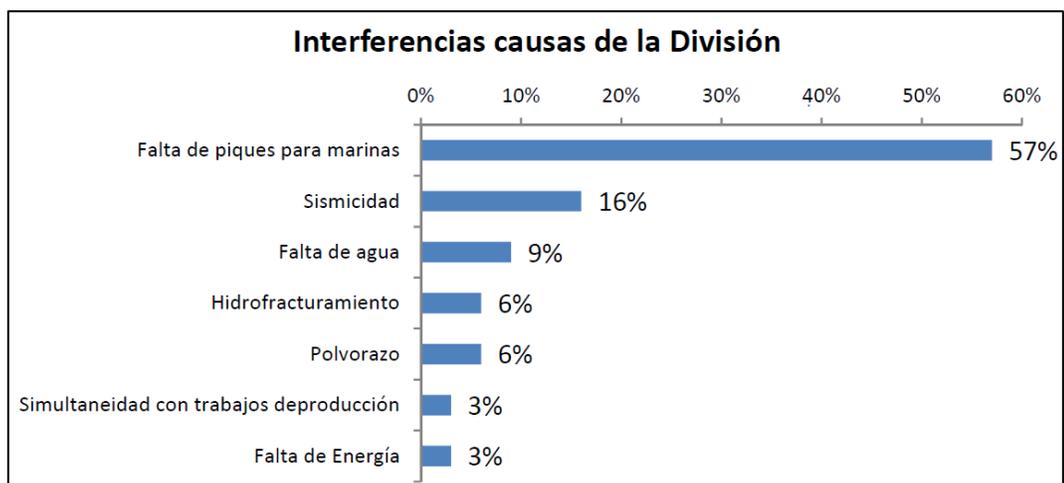


Figura 2 Porcentaje de incidencia de interferencias de responsabilidad de la División. Fuente: Bustos, 2015.

Por otra parte, debido a las deficiencias de las empresas contratistas en algunos aspectos, se cuantifican las causas más frecuentes de las pérdidas operacionales de las EE.CC. Estas se observan en la Figura 3.

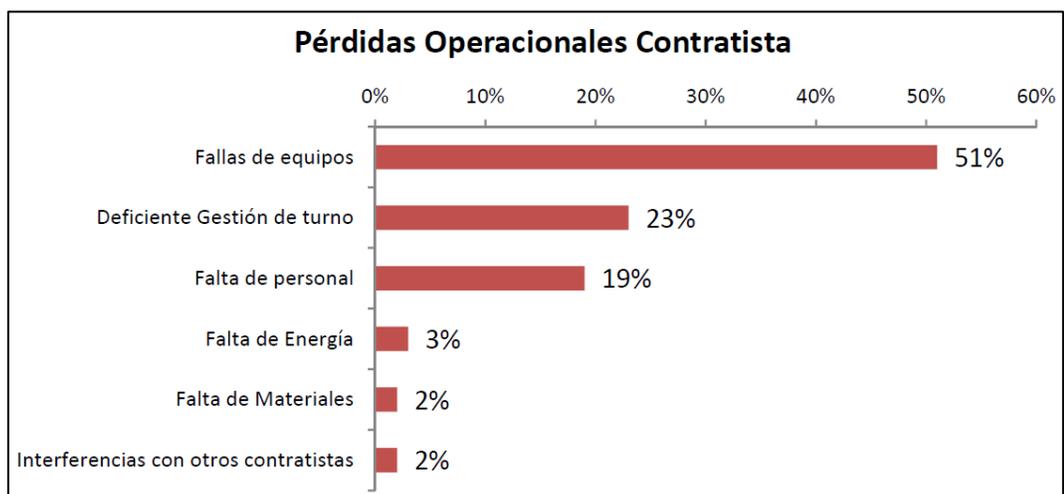


Figura 3 Porcentaje de incidencia de pérdidas operacionales de responsabilidad del Contratista. Fuente: Bustos, 2015.

2.3.3 Desarrollos horizontales

En vista de que el estudio y la evaluación se realizará en base a las actividades de desarrollo horizontal, se dará una breve explicación de este tipo de obra, sin dejar de mencionar que el resto de las actividades son igual de importantes y críticas, puesto que, si se deja de realizar alguna de ellas no sería posible entregar el área a producción a tiempo.

Las obras críticas de la preparación minera son aquellas que son ejecutadas en una mayor cantidad, las cuales corresponden a desarrollos horizontales y las obras civiles (Camhi, 2012). Por otra parte, en mayor grado de criticidad se encuentran los desarrollos horizontales, puesto que estas habilitan el sector para la posterior construcción de obras civiles y el resto de las obras requeridas para preparar un área (Luxford, 2006).

Esta actividad se desarrolla en cada nivel de la mina, realizando excavaciones de cruzados y conexiones en el nivel de hundimiento, calles y zanjas en el nivel de producción, galerías de ventilación en los subniveles de ventilación y cruzados en el nivel de acarreo, además de rampas, cabeceras y accesos principales.

Dos son los métodos de excavaciones con los cuales se pueden realizar los desarrollos, el primero, el método convencional mediante perforación y tronadura utilizando la fuerza rompedora del explosivo para desprender la roca de la roca caja e ir avanzando con la construcción del túnel, el segundo, el método mecanizado mediante uso de equipos tuneleros como lo son las TBM (*Tunnel Boring Machines*), los cuales si bien tienen excelentes rendimientos solo pueden ser usados en túneles con largos desarrollos longitudinales y donde los radios de curvatura son grandes, siendo lo contrario lo que ocurre en los desarrollos horizontales en la minería subterránea (Gacitúa, 2012). En Chile, y en la mayoría de las minas de roca dura, los túneles mineros se construyen mediante excavación convencional (Stewart, 2006).

El mayor porcentaje del presupuesto de preparación minera en *Block/Panel Caving* se lo llevan las obras de desarrollo horizontal. Para el año 2018, El Teniente proyecta desarrollar un total de 12.275 metros de excavaciones horizontales, equivalentes a un gasto aproximado a los MMUS\$ 33,2.

Para completar un ciclo de avance de excavaciones horizontales es necesario realizar una serie de actividades en el frente, las cuales dependen del tipo de fortificación y la tecnología utilizada. Considerando aspectos geomecánicos y litológicos de la roca en los sectores de la mina, es necesario contar con un alto estándar de control de riesgos al ir realizando las distintas actividades involucradas en la explotación del frente de avance. Es por esto, que los contratistas deben implementar fortificación definitiva en el frente al ir avanzando con el desarrollo, es decir, pernos, malla y shotcrete, además de fortificación con pernos Split Set.

2.3.3.1 Desarrollos horizontales en Sector Esmeralda Sur y Esmeralda Panel 2

La presente evaluación se realizará en particular para el Sector Esmeralda y Esmeralda Panel 2, por lo cual a continuación se describirán brevemente las actividades asociadas al desarrollo horizontal de los sectores mencionados. Las etapas del ciclo de avance de desarrollo horizontal son detalladas a continuación.

1. **Acuñadura:** La roca que no está adherida al macizo rocoso es removida, generalmente de manera manual utilizando una barretilla. Para alcanzar las secciones superiores se utiliza un equipo de levante. La actividad finaliza al remover todas las rocas sueltas de la frente y no tarda más de 30 minutos normalmente, dependiendo de la cantidad de roca suelta y el daño provocado por la tronadura.
2. **Fortificación con pernos Split Set:** Como primera medida de fortificación de la frente se procede a marcar la frente y realizar perforación de tiros radiales, utilizando un equipo de perforación radial a lo largo de la excavación generada, luego se procede a instalar los pernos de fortificación Split Set, puesto que estos proveen refuerzo inmediato.
3. **Fortificación con malla e instalación de pernos:** Se instalan pernos helicoidales a lo largo de la excavación y luego se procede a colocar la malla de fortificación sobre la excavación, al mismo tiempo se instalan las tuercas y planchuelas, y se fijan junto a la malla. Por último, se instalan los pernos de anclaje para que la malla quede correctamente arimada a las paredes de la excavación.

4. **Proyección de shotcrete:** Como etapa final de la fortificación mediante un equipo mixer y un equipo roboshot se transporta la mezcla hasta la frente y se proyecta sobre las paredes una capa suficiente de shotcrete para fortificar adecuadamente la galería. Luego se deja fraguar y se repite el proceso si es necesario.
5. **Perforación de tiros de avance:** En esta etapa se utiliza una perforadora frontal de uno hasta tres brazos, la cual cuenta con sistema de perforación computarizado. Se realizan los tiros donde se dispondrán los explosivos a detonar posteriormente. El marcaje de los tiros es realizado previamente de acuerdo con el diagrama de disparo, el cual permite una correcta distribución del explosivo para la tronadura de la frente. La duración de este proceso varía en función de la sección de la frente a perforar, el número total de tiros y el largo de la perforación.
6. **Carguío de explosivos:** Personal debidamente calificado y certificado instala las cargas explosivas dentro de las perforaciones realizadas por las perforadoras. Estos deben ser instalados según lo indicado en el diagrama de disparo, aun que en muchas ocasiones se realiza en base a la experiencia del personal a cargo de la actividad.
7. **Tronadura:** Se utiliza el explosivo para romper y desprender la roca de la frente. Se debe aislar el área y bloquear todos los accesos que conduzcan a la frente que será tronada, como también las distintas zonas por donde fluirán los gases producidos por la tronadura.
8. **Ventilación:** Una vez realizada la tronadura se debe esperar a que la concentración de gases tóxicos vuelva a rangos normales y así poder reingresar al área de trabajo.
9. **Extracción de marinas:** se utiliza un equipo LHD para retirar el mineral fragmentando (marina) del frente de avance y transportarlo hasta algún punto de vaciado. Esta actividad se repite hasta que la frente de trabajo quede libre de mineral fragmentado. La duración de esta actividad depende de la cantidad de material a retirar, la distancia existente entre la frente y el pique de traspaso más cercano o acopio de marina. Tiene una duración entre 1 y 3 horas.

De acuerdo al programa Revisión B entre el sector Esmeralda Sur y Esmeralda Panel 2 se debían desarrollar alrededor de 7.000 y 6.000 metros de desarrollos horizontales durante el transcurso del año 2017 y 2018 respectivamente.

Según el Reglamento Interno de Transporte, Almacenamiento y Manipulación de Explosivos (TRAME) un aspecto importante a considerar es el horario de tronaduras existente. Este está definido por la División El Teniente, y ocurre durante los cambios de turno del personal del área de producción mina, vale decir, 08:00 horas, 16:00 horas y 24:00 horas. Este es el único horario habilitado para realizar tronaduras de las frentes de avance de los desarrollos horizontales, o cualquier otro tipo de tronadura necesaria. Para poder realizar las tronaduras es necesario aislar el área cercana al frente de tronadura evacuando al personal cercano al frente de tronadura. La forma del área de aislación corresponde a una circunferencia de radio igual a 150 metros.

Generalmente la aislación dura 1 hora aproximadamente, por lo que en el área aislada no puede encontrarse ningún trabajador media hora antes ni media hora después de realizar la tronadura. Una de las consecuencias de esta actividad es la disminución del tiempo en postura trabajando y que se agrega valor en labores cercanas a la frente de tronadura.

En la mina Esmeralda, específicamente en el nivel de producción, las actividades ejecutadas corresponden al ciclo típico de perforación y tronadura mecanizada con fortificación perno, malla y shotcrete, donde cada una de las actividades se subdivide en sub-actividades. Con los tiempos

entregados por las empresas contratistas es posible obtener tiempos de ciclo, en la Figura 4 se puede ver el porcentaje de tiempo que utiliza cada actividad del ciclo de excavaciones horizontales, destacándose en cuanto a duración, la perforación de frente y el carguío de explosivo.

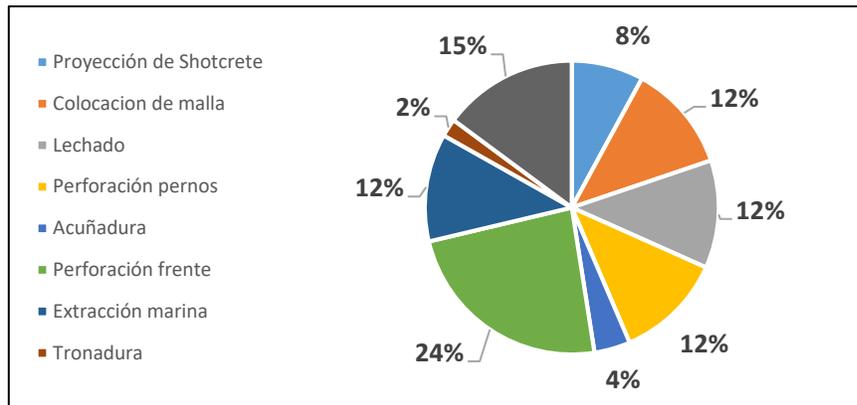


Figura 4 Porcentaje de duración de cada actividad del ciclo de desarrollo horizontal. Fuente: Elaboración propia.

2.3.4 Sectores en preparación

Durante el año 2017 fueron 18 los sectores productivos, los cuales pueden resumirse en 10 grandes sectores, incluyendo Rajo Sur, explotados por la División. El programa de producción para el año 2017 comprometió una producción total de cobre fino mina de 484.016 tmf mediante el procesamiento diario de 142.500 toneladas de mineral con ley de cobre total igual a 0,95% CuT.

El mineral que da soporte al programa proviene principalmente de cuatro sectores de la mina: Esmeralda Sur, Reservas Norte, Diablo Regimiento y Rajo Sur, los cuales en conjuntos contribuyen con el 84% de la producción anual. El aporte de cobre fino aportado por cada sector se detalla en la Figura 5

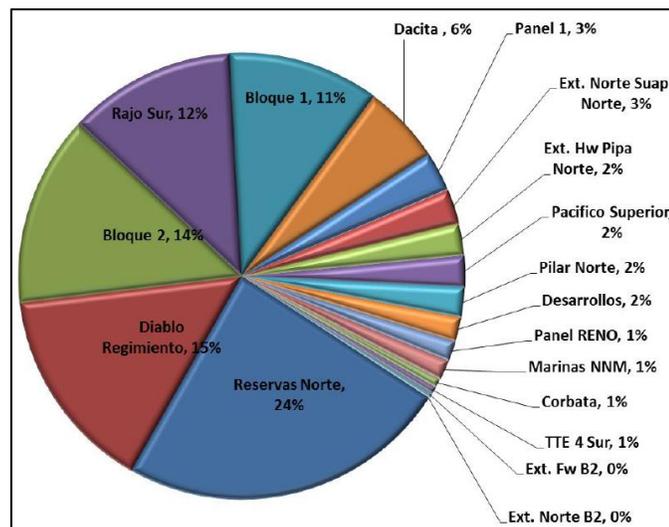


Figura 5 Aporte Cu fino mina por sector 2017. Fuente: Plan Minero P1, 2017.

2.3.5 Programas de preparación

La GRMD es la encargada en primera instancia de realizar la programación de la preparación minera de la División El Teniente. Es en esta instancia donde se definen la cantidad de obras de preparación minera que deberá realizar y entregar la GOBM cada año.

La GOBM en conjunto con las empresas contratistas definen planes de corto y largo plazo, con el fin de asegurar la entrega a tiempo de las obras de preparación minera comprometidas. La preparación minera se planifica en tres etapas y horizontes de tiempos, requiriendo cada una de estas, distintos tipos de información de entrada y grado de detalle en su elaboración².

- **Programas de largo plazo (PND):** Este programa debe ser construido hasta el final de la vida de la operación, se considerarán los primeros 25 años de forma anual y los restantes años podrán ser agregados en un valor residual o cada cinco años. El principal producto que entrega esta programación son volúmenes globales de preparación, construcciones y perforación radial.
- **Programas quinquenales:** Corresponde a los primeros 5 años del programa de largo plazo (PND). Los productos que entrega esta programación son volúmenes anuales de preparación, tanto de desarrollos horizontales y verticales, obras civiles y perforación y tronadura asociados a cada sector productivo o proyecto que entrará en operaciones durante el quinquenio.
- **Programas anuales:** Estos programas se realizan en dos etapas.
 - **Programa anual de revisión A (Rev. A):** Estos programas se realizan para un periodo de tiempo de 1 año. Como producto entrega volúmenes de obras considerados en el Presupuesto de Preparación, los cuales son la base de las Autorizaciones de Gastos Diferidos (AGD).
 - **Programa anual de revisión B (Rev. B):** Estos programas se realizan para un periodo de tiempo de 1 año. Como producto entrega la planificación detallada de las obras mensual requeridas para cada sector productivo. Con este es posible medir los compromisos mensuales de avances y los indicadores de cumplimiento a la fecha.

Además de estas etapas de planificación es posible describir 3 tipos más (Toro, 2017).

- **Programas de control:** Este tipo de programa se realiza para un periodo de tiempo de 1 año. Corresponde a una modificación del programa Revisión B al incluir las órdenes de cambio aprobadas por la GRMD durante el transcurso del año.
- **Programa actualizado mensual (PAM):** Este programa se realiza para un periodo de tiempo de 1 mes. Corresponde a una actualización del programa Revisión B, considerando el avance de la obra realizada el mes anterior.
- **Programa empresa contratista:** Este programa se realiza para un periodo de tiempo igual a los de duración del contrato adjudicado por la empresa contratista. En general los contratos de obras de preparación minera tienen una duración de 3-5 años, por lo que este tipo de programa se hacen en base al programa quinquenal y cubre un volumen de obra anual mayor a los programas de Revisión B, puesto que así, aseguran su cumplimiento.

² *Manual de Preparación Minera, División El Teniente.* (2006).

2.3.6 Modelo de gestión

Los roles de cada gerencia dentro de la División en cuanto a la preparación minera están claramente definidos. La GRMD es el dueño del proceso, definiendo la cantidad de obras que deben realizarse en cada periodo. Por su parte, la GMIN es el cliente, pues utiliza las obras entregadas. Y la GOBM es la encargada de desarrollar las obras definidas por la GRMD de manera segura, oportuna y al menor costo posible, además de ser la responsable de entregar estas obras a la GMIN.

Las Empresas Contratistas son las encargadas de realizar las obras de construcción y desarrollo minero comandadas por la GOBM. A modo de ayuda y supervisión, se cuenta con Servicios de Apoyo Interno y Servicios de Apoyo Externos. Todo lo anterior se resumen en la Figura 6 a continuación.



Figura 6 Modelo de gestión de preparación minera.

2.3.7 Financiamiento

Codelco al ser una empresa estatal posee una serie de reglamentos y procedimientos que se establecen para el financiamiento de todas sus actividades. La aprobación de gastos de sus inversiones y presupuestos operacionales es autorizada por el Ministerio de Hacienda y resguardada por Cochilco, que actúa como una entidad fiscalizadora y de evaluación de la gestión e inversiones, quien además asesora a los ministerios de Hacienda y Minería en la elaboración y seguimiento de estos presupuestos. Bajo este esquema, en la estatal, existen básicamente tres formas de financiamiento de la cadena de valor, dependiendo de la actividad: Presupuesto de Inversiones, Presupuestos de Operaciones y Presupuesto de Gastos Diferidos.

El presupuesto de gastos diferidos en términos prácticos corresponde a un presupuesto operacional, pero posee una serie de restricciones en cuanto a su manejo contable que le permiten su existencia. Como la palabra lo dice, los gastos diferidos se imputan en un ejercicio contable como gastos post-operación, es decir, después de haber sido incurridos o gastados, por tal razón se manejan en una cuenta aparte y son cargados a los costos operacionales cuando un determinado proyecto entra en operación. En este caso todos los proyectos de preparación minera poseen este tratamiento, porque corresponden a trabajos que se desarrollan en forma adelantada a la operación, es decir permiten

preparar un área determinada para el comienzo de su producción. Por lo anterior, los gastos diferidos corresponden a un sistema de financiamiento que se prorratea en cuotas de amortización que son imputadas a la operación en el periodo de explotación u horizonte de un proyecto (Camhi, 2012).

2.3.8 Esmeralda Sur y Panel 2

Uno de los sectores emblemas de la División El Teniente es la mina Esmeralda, ya que es uno de los sectores más productivos. Este es explotado mediante el método *Panel Caving* convencional alcanzando el año 2017 un ritmo de producción promedio superior a los 35.000 t/día, equivalente a un 25% de la producción diaria de El Teniente.

Para alcanzar este ritmo de producción, fue necesario incorporar el año 2017 más de 20.000 m^2 . Lo cual traducido en obras equivale a 3.926 metros de desarrollo horizontal, 1.692 metros de desarrollo vertical, 87 puntos de extracción y 10 sistemas de traspaso.

Los casi 4.000 metros de excavaciones horizontales se distribuyen entre el nivel de acarreo, subnivel de ventilación, nivel de hundimiento y la gran mayoría, en el nivel de producción. En este último es posible encontrar dos tipos de galerías, las calles de producción cuya sección de diseño es de 4,2x3,9 m². Y las galerías de zanja, las cuales intersectan a las calles con un ángulo de 60°, cuya sección de diseño es 4,1x3,9 m². Ambas galerías son fortificadas con sistema perno, malla y shotcrete.

En cuanto a la producción para el año 2017 se considera el aporte productivo de Bloque 1 y 2, manteniendo como sistema de manejo de materiales el Ferrocarril Teniente 6, vaciando en los OP's 22, 23 y 24.

Por su parte, el sector Panel 2 actualmente se encuentra aún en preparación y la puesta en marcha está planificada para marzo de 2018. Según el presupuesto de actividades del 2017 será necesario realizar 3.003 metros lineales de desarrollo horizontal, 725 metros lineales de desarrollo vertical y 38 puntos de extracción.

CAPITULO III ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE TURNOS

En Chile, cada tipo de industria posee un esquema organizacional distinto de turnos y horarios de trabajo. El 25,7% de las empresas trabaja con algún sistema de turno, de estas el 39,9% utiliza un sistema de tres turnos de 8 horas para cubrir las 24 horas diarias y asegurar la continuidad de los procesos productivos y servicios, un 37,3% utiliza sistema de dos turnos en horario diurno, y un 22,7% dos turnos con horario nocturno. En cuanto a la modalidad de turnos utilizadas por las empresas, un 47,6% es del tipo rotativa, siguiéndole la de tipo permanente con un 30,4%.

3.1 Empresas contratistas y sistema de turno actual

Las empresas contratista encargadas de realizar obras de desarrollo horizontal son 3:

- **Ingeniería y Construcción Mas Errázuriz Ltda.:** La cual realiza desarrollos horizontales en el nivel de acarreo y subnivel de ventilación de la Mina Esmeralda y Panel 2. Además, está a cargo de los desarrollos horizontales del nivel de hundimiento, nivel de producción, nivel de acarreo y subnivel de ventilación del sector Dacita.
- **Constructora Gardilic Ltda.:** La cual realiza desarrollos horizontales de los 4 niveles en los sectores Diablo Regimiento, Reservas Norte y en Pacifico Superior.
- **Geovita S.A.:** Realiza labores de desarrollo horizontal en el nivel de producción y hundimiento del sector Esmeralda Sur y en el nivel de producción del sector Panel 2 y Extensión Norte Bloque 2.

Las empresas contratistas que realizan las labores de preparación minera utilizan una jornada doble de trabajo 10x5, esto quiere decir que, luego de 10 días de trabajo descansan 5. Tres son los grupos que rotan para cumplir con el sistema de turnos, un primer grupo en turno A, un segundo grupo en turno B y un tercero grupo en descanso.

El primer turno comienza a las 09:00 horas, tiene una duración de 10 horas, finalizando a las 19:00 horas. Por su parte, el turno 2 de misma duración, comienza a las 19:00 y finaliza a las 05:00. En ambos turnos ocurren pérdidas de tiempo durante toda la jornada (inicio, medio y final del turno).

3.2 Dotación

En base a la dotación diaria del mes de diciembre se construyó la Figura 7, la cual muestra la dotación diaria de todas las empresa contratistas y de la empresa Geovita. En promedio, los trabajadores diarios de todas las EE.CC alcanzan un total de 1.286 trabajadores, en particular, Geovita tiene en promedio 308 trabajadores. Si solo se consideran días laborales de lunes a viernes, puesto que los fines de semana disminuye considerablemente la dotación diaria, el promedio diario de las EE.CC llega a los 1.399 trabajadores, de igual forma, Geovita alcanza los 320 trabajadores diarios en promedio.

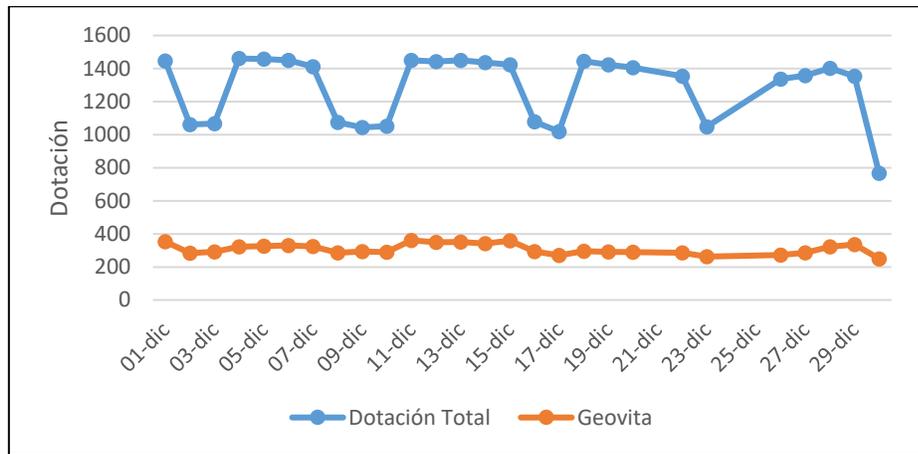


Figura 7 Dotación diaria Total EE.CC GOBM y Geovita, mes de diciembre 2017.

3.3 Utilización de tiempos

La realización de las obras comprometidas por el programa dentro de la jornada de trabajo está sujeta a un conjunto de condiciones y utilización del tiempo en actividades contributivas y no contributivas, como lo son tiempos de traslados, interferencias con las operaciones de producción detenciones por sismicidad, detenciones por tronadura, retiro y devolución de herramientas, charlas de seguridad, etc.

Al iniciar la jornada se realizan las actividades administrativas, charlas de seguridad y asignación de posturas, luego los trabajadores deben trasladarse al interior mina hacia la respectiva postura asignada. A mitad de turno, luego de haber realizado las labores encomendadas, los trabajadores deben trasladarse hacia el casino para la colación. Terminada la colación los trabajadores vuelven a sus posturas a continuar los trabajos en la segunda parte del turno. Por último, al finalizar el turno también deben realizarse tareas administrativas y traslados hacia el barrio cívico. En la Figura 8 se muestra un desglose general de una jornada de trabajo de las empresas contratistas, es posible observar que una de las actividades que más se repite son los traslados, actividad la cual no genera valor directamente.

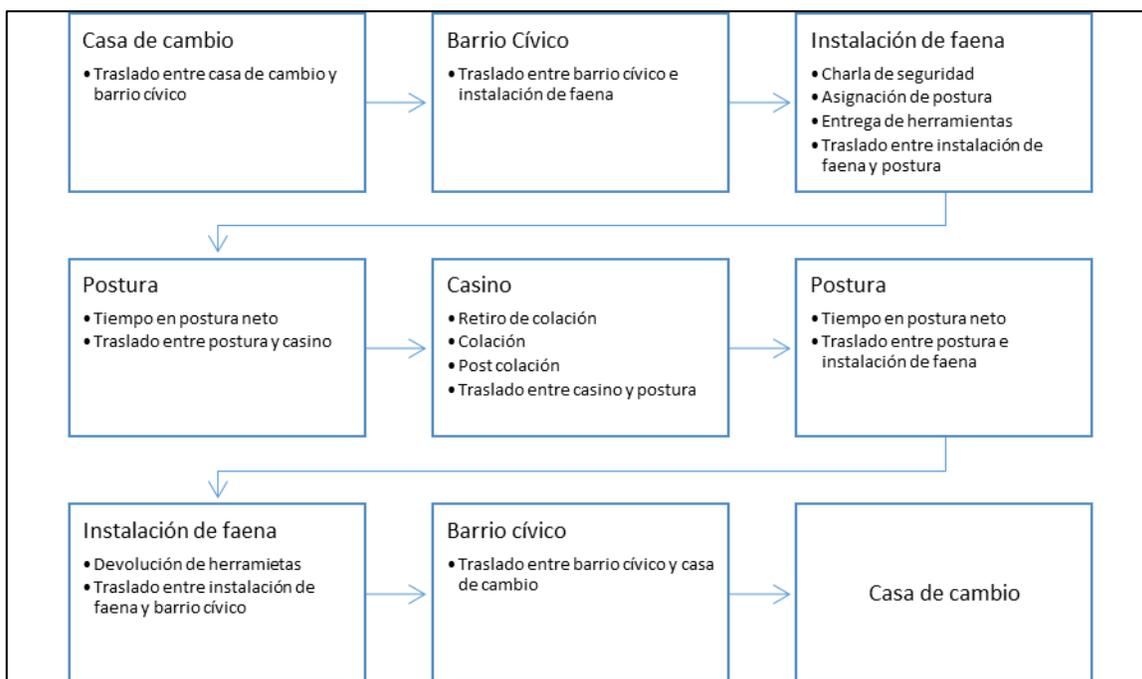


Figura 8 Desglose de actividades en jornada laboral de EE.CC. El Teniente.

En DET están fijos los horarios disponibles para realizar las tronaduras, por lo que no es posible realizar ciclos continuos de avance en las frentes de trabajo, puesto que pese a tener la frente lista y preparada para realizar la tronadura, se debe esperar hasta el cambio de turno. Los horarios corresponden a las 08:00 horas, las 16:00 y las 24:00 horas, siendo el horario más utilizado las 08:00 horas. Además, es necesario evacuar y aislar las áreas cercanas a la frente de tronadura, durante al menos 30 minutos, con el fin de ventilar y disminuir a niveles admisibles la concentración de gases tóxicos en el ambiente producidos por las reacciones químicas producto de la tronadura.

Dentro de los principales tiempos de las jornadas de trabajo de las EE.CC se encuentran:

- Tiempo de traslado entre casa de cambio y barrio cívico.
- Tiempo de traslado entre barrio cívico e instalación de faena.
- Tiempo en instalación de faenas (charla de seguridad, asignación de postura y a la entrega y devolución de herramientas).
- Tiempo entre instalación de faena y postura
- Tiempo en postura.
- Tiempo de traslado entre postura y casino.
- Tiempo en colación.

La efectividad del turno corresponde al nivel de tiempo trabajado en actividades que agregan valor, sin re-trabajo ni sobre-procesamiento, en función de la meta establecida. En base a esto es posible definir 3 desagregaciones a los tiempos de procesos:

- **Tiempo en postura:** Tiempo que las cuadrillas se encuentran en la frente de trabajo dispuestas para trabajar.

- **Tiempo en Postura Trabajando:** Tiempo en que las cuadrillas trabajan en actividades que agregan valor al proceso (ART³ y esperas declaradas no son consideradas).
- **Tiempo que se agrega valor:** Tiempo en que las cuadrillas trabajan en actividades que agregan valor al proceso, sin considerar el retrabajo ni el sobreprocesamiento. Se obtiene a partir de la comparación entre la sumatoria de horas trabajadas en una misma actividad y en una misma frente, con respecto al valor teórico de la actividad, tiempo meta (estándar). Si la sumatoria de tiempos es mayor al estándar, existen horas de sobre procesamiento o re trabajo, lo cual corresponde al delta entre el tiempo total de desarrollo de la actividad y el tiempo meta definido. En caso que las horas de desarrollo sean menor o igual al estándar, no habrá sobre procesamiento ni re trabajo.

Por otra parte, es posible clasificar los principales eventos que retrasan las labores en interior mina en las siguientes desagregaciones:

- **Pérdidas Operacionales:** Son de carácter interno a las EE.CC, es decir, todas aquellas demoras producidas por la misma EE.CC y que afectan al proceso normal de las tareas mineras.
- **Interferencias:** Tienen un carácter externo a las EE.CC, es decir son todos aquellos eventos que no dependen directamente de la EE.CC y son atribuidas a Codelco.
- **Gestionables – No Gestionables:** Indica la incidencia que se puede tener sobre la espera declara. Gestionable es toda espera que puede ser disminuida por efecto de la gestión de los responsables (EE.CC o DET) y no gestionable son aquellas que su manifestación no puede ser controlada.
- **Nivel 1 – Nivel 2:** La discriminación en niveles permite el procesamiento de las pérdidas operacionales e interferencias, a distintos niveles de detalle. El nivel 1 representa las pérdidas operacionales y/o interferencias bases identificadas al interior de la mina, y el nivel 2 a una desagregación detallada del nivel 1.

En la Figura 31 en la sección ANEXO A es posible observar el desglose de interferencias y pérdidas operacionales de asociadas a las empresas contratistas y sus respectivos niveles

Por otra parte, es posible diferenciar en dos grupos los tiempos utilizados en otras actividades que no son directamente productivas:

- **Tiempos contributivos:** Corresponde al trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo producto. Actividad necesaria pero que no aporta valor (transporte de material y/o herramientas, mediciones, limpiezas, dar o recibir instrucciones, entre otros)
- **Tiempos no contributivos o que no agregan valor:** Análogamente, corresponden a los trabajos que no generan valor y no contribuyen a otra actividad (viajes sin transportar nada, esperas del personal, hacer trabajos sin valor, descanso, retrabajo, entre otros).

El tiempo nominal de trabajo de una EE.CC en una jornada de trabajo, independiente de la duración de esta, se compone de tiempos institucionales y tiempos operacionales, el cual a su vez se descompone en Tiempos *Overhead* y Tiempo Efectivo de Trabajo. Tanto los Tiempos Institucionales como los Tiempos *Overhead*, restringen el tiempo que se agrega valor que tiene el

³ Análisis de Riesgo de Trabajo: Es una herramienta que ayuda a identificar los riesgos asociados con el trabajo: Condiciones del Sitio, Estado de las Herramientas y Equipos, Materiales y Productos y Procedimiento de Trabajo.

trabajador para ejecutar la tarea, corresponden a los tiempos contributivos. Los cuales deben ser minimizados para aumentar la productividad de los servicios de terceros, garantizando la excelencia operacional y la continuidad de los procesos. El detalle y desglose de los tiempos mencionados se muestran en Figura 9 y Figura 10. En la sección ANEXO B se encuentra la descripción de los Tiempos *Overhead* en detalle.



Figura 9 Composición tiempo nominal de puesto de trabajo.



Figura 10 Descripción de actividades de tiempos institucionales y Overhead.

3.4 Efectos de los sistemas de turnos en los trabajadores

Numerosas investigaciones han señalado que el trabajo en sistemas de turnos y jornadas nocturnas puede llegar a comprometer la salud, bienestar y rendimiento laboral de los trabajadores. El impacto, habitualmente se mide en el trastorno del sueño, alteraciones físicas y psicológicas, y trastornos sociales y familiares.

A continuación, se profundizará en el impacto de los aspectos mencionados anteriormente en los trabajadores de jornadas de turnos.

3.4.1 Factores condicionantes

Al momento de evaluar un sistema de turno se deben tener en cuenta al menos los siguientes factores (Folkard, 1993; Jimenez, 2014): adaptación a los ciclos biológicos; vida socio-familiar; rendimiento en productividad; seguridad; salud física y mental; bienestar; tiempos de traslados y calidad del tiempo libre en campamentos u hogar.

3.4.2 Adaptación humana frente a los sistemas de turno

3.4.2.1 Tolerancia

No todos los trabajadores tienen la misma tolerancia y respuesta a una jornada de trabajo en particular. El nivel de tolerancia es afectado por factores como la tranquilidad del trabajo, patrones de sueño y, la vida social y familiar de los trabajadores. Un cambio en la tolerancia del trabajador puede provocar malestares generales, acumulación de fatiga, pérdida de la armonía del ritmo circadiano⁴, e incluso problemas digestivos y neuronales.

Se pueden mejorar los niveles de tolerancia o disminuir los efectos adversos de los sistemas de turnos, con medidas tan simples como alimentarse adecuadamente y a tiempo, tomar los medicamentos correspondientes en caso de sufrir algún tipo de patología, y promover y estimular patrones de sueños regulares.

Si llega a ser necesario, es posible mejorar la tolerancia a las jornadas de turnos mediante la utilización de medicamentos y estando atento constantemente a los signos vitales del trabajador (Costa, 1997).

3.4.2.2 Siestas y estado de alerta

Tomar siestas durante los tiempos de descanso de al menos 30 minutos permiten mejorar el estado de alerta de los trabajadores en turnos de noche (Saito y Sasaki, 1996). Sin embargo, es sumamente difícil estimar el tiempo necesario o requerido para eliminar el sueño y cansancio del trabajador.

Además, brindar descansos para dormir no es común en ningún tipo de industria, por lo que es necesario promover apropiados patrones de sueños a los trabajadores en sus respectivos hogares. Tener un balance adecuado entre el tiempo en que se está despierto y durmiendo mejoran las aptitudes físicas.

⁴ Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo diario, y que responden, principalmente, a la luz y la oscuridad en el ambiente de un organismo

3.4.2.3 Horarios de comidas y descanso

Generalmente los horarios de comida y de ir a dormir están relativamente establecidos dentro de un hogar, por lo que ajustarse al horario de los trabajadores por turnos es prácticamente imposible para el resto de la familia. En muchas ocasiones el trabajador realiza su alimentación en solitario al tener distintos horarios de alimentación, escogiendo alimentos de fácil y rápida preparación.

Sobre el 50% de los trabajadores en turnos de noche presentan trastornos en su apetito, en comparación con el 20% de trabajadores que desempeñan sus labores en jornadas diurnas (Rutenfranz, 1982). Los trabajadores de jornadas nocturnas frecuentemente tienen poco tiempo para alimentarse, prefiriendo comidas rápidas. Es necesario que el trabajador mantenga una dieta balanceada para evitar malestares físicos.

3.4.2.4 Adaptación a los horarios de turnos

Cada trabajador tiene distintas capacidades para adaptarse física y mentalmente a los distintos horarios de turnos. Esta adaptación depende de la naturaleza y carga de trabajo y de la tolerancia a la fatiga (Folkard, 1984). Para una correcta adaptación al sistema de turno debe estar correctamente diseñado en cuanto a la rotación entre turnos de día, tarde y noche.

Los problemas de adaptación se reflejan en los trabajadores teniendo periodos de sueños cortos luego de los turnos de noche. En general, el ajuste del reloj biológico circadiano de los trabajadores por turno necesita al menos una semana (Knauth, 1993). Lo anterior, debe considerarse en el sistema de turnos a adoptar, el nivel de desempeño esperado y las precauciones a tomar en cuanto a salud y seguridad de los trabajadores.

Las perturbaciones en el ritmo circadiano influyen considerablemente en el desempeño de los trabajadores (Foldkard et al, 1979). Es por esto que se debe conocer en profundidad los efectos de los cambios del ritmo circadiano con el fin de disminuir la acumulación de fatiga de los trabajadores.

La adaptación del ser humano a los sistemas de turnos está influenciada por las características individuales cognitivas, psicológicas, económicas y culturales de los trabajadores. Los niveles de fatiga son afectados por condiciones de medio ambiente y clima de trabajo, la relación entre la familia y el trabajo, las condiciones de trabajo, el trabajo y tareas a desempeñar, la organización de la empresa, entre otras.

3.4.2.5 Problemas físicos

El 60% de los trabajadores tanto diurnos como trabajadores por turnos sienten en general que los sistemas de turnos perjudican de alguna forma su salud (Spencer, 1970). Además, los trabajadores por turnos alcanzan menos horas de sueños que los trabajadores diurnos, el motivo principalmente de este problema es el ruido durante las horas de descanso generado por la familia y por la comunidad en general (Wyat y Marriott, 1953; Mott et al, 1965).

Por otra parte, los trabajadores por turnos frecuentemente presentan trastornos en cuanto al apetito y la digestión, presentando además una mayor cantidad de desórdenes alimenticios que los trabajadores diurnos, sobre todo los trabajadores con turnos de noche (Mott et al, 1965; Wyatt y Marriot, 1953).

Para los trabajadores con turnos de noche les es más difícil adaptar su organismo a las constantes rotaciones de turnos, afectando directamente sus ciclos de alimentación y los problemas asociados

a esto. Es más, uno de los factores del aumento de los problemas gastrointestinales es el trabajar en un sistema de turno rotativo (Duesberg y Weiss, 1965) .

3.4.3 Efecto del cambio de turno de 10 a 12 horas diarias

Si se decidiese cambiar la jornada a una de 12 horas, se debe considerar que esta decisión cambiará la vida de los trabajadores drásticamente. Lo primordial es saber cómo se implementará, cuál será el cronograma diario y como se comunicará a los empleados la decisión, siendo lo ideal la participación de estos. Un error frecuente es seleccionar unilateralmente el cronograma e imponerlo a los empleados, incluso si el cronograma propuesto los beneficia. Los empleados, al sentirse sin derecho a opinión ni voz en la selección, probablemente desconfíen de los motivos de la administración y no respalden el cronograma escogido. Involucrar a los empleados desde el principio trae mejores resultados a largo plazo.

Al integrar a los trabajadores en el proceso de transición aumenta la probabilidad de éxito del cambio de jornada. De la misma forma, al entregarle cierta flexibilidad y control a los trabajadores en cuanto a la elección de la jornada de trabajo, aumentaría la aceptación de estos y el impacto de la implementación (Smith y Barton, 1995). Otros autores coinciden, afirmando que la forma en que se implemente la jornada de 12 horas es crucial para tener como resultado buena actitud y preferencia por parte de los trabajadores, el éxito de la transición está en incorporar a los trabajadores en el diseño e implementación de la jornada (Smith et al, 1998).

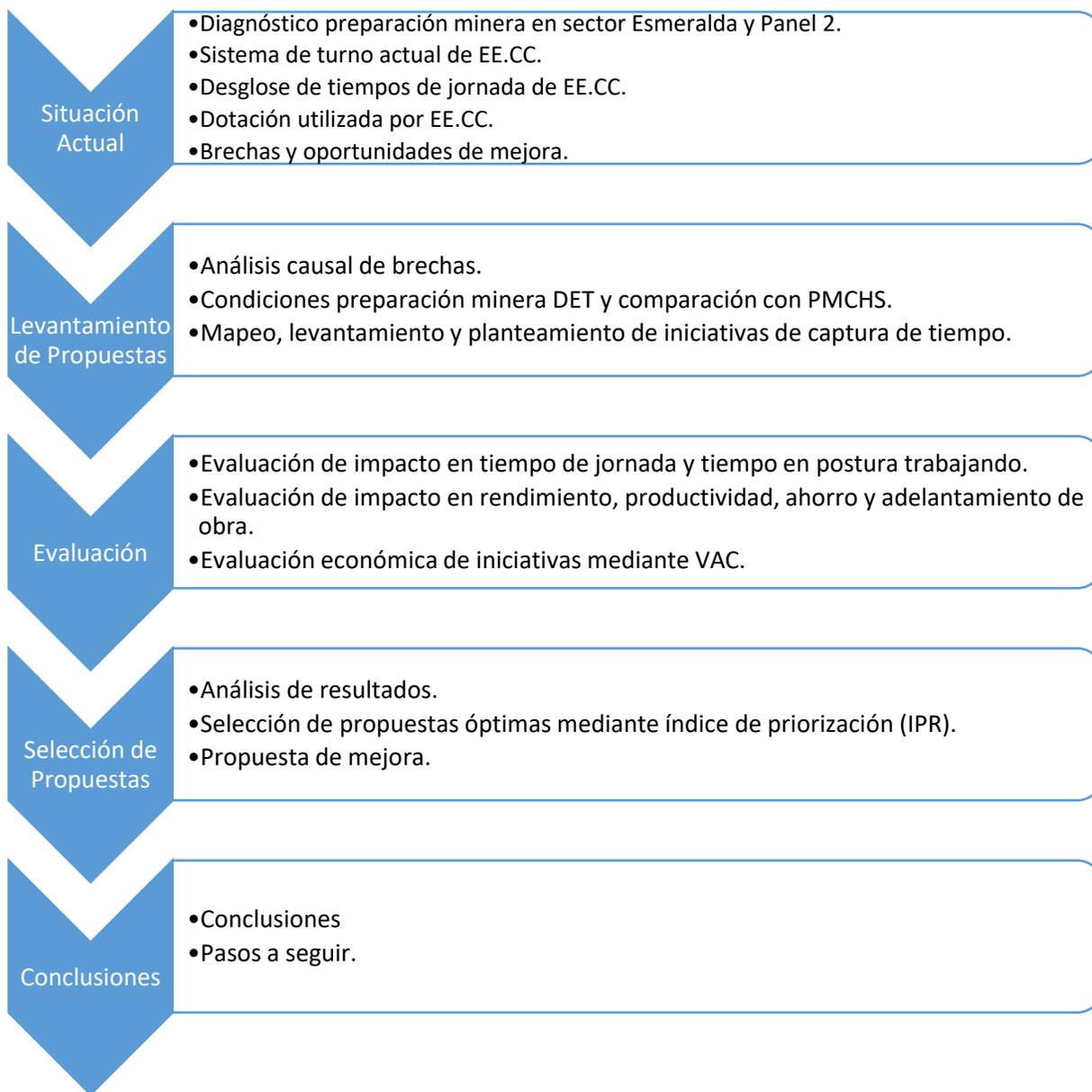
Se debe tener claro que, pese a todas las ventajas y desventajas de una u otra jornada, no es posible realizar una transición en todas las empresas, producto de limitaciones ambientales, demográficas y ergonómicas de cada faena.

Tabla 2 Jornada de 10 y 12 horas, ventajas y desventajas.

Carga física	Al tener una menor duración, la jornada de 10 horas posee una menor carga de trabajo. Siendo beneficioso si se cuenta con una mayor cantidad de mano de obra envejecida.
Tiempos de exposición (gases nocivos, altas temperaturas, levantamiento de carga, etc)	Al tener una menor duración, la jornada de 10 horas posee una menor exposición de los trabajadores a las distintas condiciones de trabajo.
Vuelta a rutina de trabajo (reorientación)	Al tener más días libres la jornada de 12 horas tiene una mayor dificultad para volver a la rutina de trabajo y reconectarse con este.
Cantidad de turnos	Para cubrir las 24 horas del día la jornada de 12 horas necesita una menor cantidad de turnos
Comunicación	Al tener una mayor cantidad de turnos la jornada de 10 horas, tienden a tener una peor comunicación y traspaso de información. La disminución de eficiencia tiende a ocurrir en la transición entre turnos.
Planificación	Al tener una menor cantidad de turnos, la jornada de 12 horas necesita una menor planificación de recursos durante el día.
Probabilidad de errores	Al tener más turnos la jornada de 10 horas, es más probable que ocurra algún error al tener que transmitir información entre más turnos
Productividad general	Al tener menos turnos la jornada de 12 horas obtiene una mayor productividad, teniendo menos detenciones y tiempos inactivos, además de menos actividades de inicio y cierre de turno. Jornada de 12 horas realiza lo mismo y más con una menor dotación.
Productividad por persona	No existen antecedentes que una jornada sea mejor o peor que otra
Salud, bienestar y vida social	Indicadores de salud, bienestar y vida social de jornada de 10 horas son levemente inferiores que los de jornada de 12 horas
Ausentismo	No existen grandes diferencias, sin embargo es levemente menor en la jornada de 12 horas al tener más tiempo libre y vida familiar durante los días de descanso.
Consumo de drogas y alcohol	Al tener menos horas libres la jornada de 12 horas, es menos probables que los trabajadores beban o consuman drogas, gran cantidad de horas de día es utilizada en dormir, trabajar, comer y viajar durante los días de trabajo.
Fatiga	Algunos estudios sugieren que la jornada de 12 horas tienen a tener mayor fatiga y disminución de la concentración al final del turno. Sin embargo, otros estudios concluyen que la fatiga y concentración es la misma al finalizar ambas jornadas de trabajo.
Sueño y somnolencia	Estudios no muestran indicios de que jornada de 12 horas traiga inconvenientes a los trabajadores en comparación a la jornada de 10 horas.
Seguridad	Algunas estudios concluyen una disminución de accidentes y mayor seguridad en jornada de 12 horas, sin embargo otros afirman que no existe evidencia suficiente para afirmar lo anterior.

CAPITULO IV METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir los objetivos propuestos en la memoria, se desarrolló la siguiente metodología de trabajo. Los pasos que se llevaron a cabo se describen a continuación:



CAPITULO V INICIATIVAS PARA DISMINUIR TIEMPOS NO PRODUCTIVOS DE LA JORNADA DIARIA DE EE.CC

A continuación, se procede a describir el cuerpo central de la memoria. El estudio se realizó en colaboración con la Gerencia de Proyectos (GPRO) de DET. La GPRO está a cargo de los proyectos inversionales y tiene incidencia en la preparación minera de los sectores de la mina hasta que entra la primera roca a producción, luego la preparación minera queda a cargo de la GOBM hasta que el sector entra en régimen.

El presente, se enfoca principalmente en 3 áreas de acción:

1. **Estructural:** Detectar condiciones y proponer iniciativas que permitan capturar más tiempo interior mina no utilizado en la jornada de trabajo.
2. **Disciplina:** Detectar condiciones y proponer iniciativas higiénicas que disminuyan los tiempos no productivos, apalancando el tiempo en postura trabajando, y en consecuencia el tiempo que se agrega valor.
3. **Excelencia Operacional:** Detectar falencias operacionales y sugerir iniciativas que disminuyan los tiempos no productivos, apalancando el tiempo en postura trabajando, y en consecuencia el tiempo que se agrega valor.

5.1 Situación actual

Actualmente las obras de preparación minera son llevadas a cabo por 3 empresas contratistas, Geovita S.A., Gardilic Ltda y Mas Errazuriz Ltda, entre las cuales se distribuyen entre los sectores y niveles que en preparación.

Las EE.CC se rigen bajo sistemas de turnos, el cual es de 10x5 para jefes de turno, operadores y cuadrillas; y de 5x2 para jefaturas técnicas, vale decir operación, oficina técnica y administración. Esto implica que el primer grupo mencionado trabaja 10 días y luego descansa 5, de igual forma el segundo grupo de jefatura, trabaja 5 días y descansa 2.

Se cuenta con 3 grupos de trabajos, puesto que durante la jornada diaria se trabaja mediante dos turnos y jornadas rotativas. Un grupo en turno A, comenzando su jornada a las 09:00 horas y terminando a las 19:00 horas, otro grupo en turno B, comenzando a las 19:00 y terminando a las 05:00, y el último grupo en descanso.

La evaluación se enfoca principalmente en las actividades de desarrollos horizontales, ya que el volumen de obra esta actividad es notablemente superior al resto de las actividades críticas desarrolladas por la GOBM, en los sectores Esmeralda Sur y Panel 2 en los cuales entre los años 2017 y 2019 se deben desarrollar 19.052 metros de desarrollo horizontal.

La Tabla 19 en la sección ANEXO C desglosa los tiempos de las actividades cotidianas del turno 1 y 2 de la EE.CC Geovita en DET. Por otra parte, el tiempo que se agrega valor es estimado como el 75% del tiempo en postura trabajando.

Es posible observar que gran parte de los tiempos perdidos es debido a actividades no productivas, principalmente a traslados entre las distintas dependencias dentro de la mina. El tiempo en postura trabajando entre ambos turnos es de 10,45 horas, en consecuencia 7,84 horas de tiempo que se agrega valor.

Se identifican las siguientes brechas de tiempo:

- 4 horas no utilizadas al día.
- 4,66 horas al día son utilizadas solo en traslados.
- 52,58 minutos al día se pierden por el retraso de los buses hacia el barrio cívico.
- 1,7 horas de colación, considerando traslado de ida y vuelta.
- Al menos 26 minutos al día son perdidos por extender el tiempo asignado a la charla de seguridad, retiro y devolución de herramientas.

5.2 Condiciones de la jornada DET y análisis causal de brechas

Se identificaron las condiciones existentes de la División El Teniente, las cuales conducen al aumento del tiempo no productivo, y en consecuencia a la disminución del tiempo en postura trabajando y tiempo que se agrega valor. Las condiciones encontradas se describen a continuación.

- **Jornada de trabajo:** Las jornadas de trabajo utilizadas actualmente por las empresas contratistas que realizan las labores de preparación minera solo abarcan 20 de las 24 horas del día, dejando 4 horas de trabajo sin realizar actividades durante el día.
- **Distancia entre residencia a casa de cambio:** La residencia de la mayoría de los trabajadores es la ciudad de Rancagua, por lo cual, los buses deben recorrer grandes distancias hacia las casas de cambio. Si bien esta condición no afecta directamente a las jornadas de trabajo, al disminuir estos tiempos de viaje permitiría mejorar la calidad de vida de los trabajadores. Esta iniciativa resulta atractiva al considerar la jornada NxN.
- **Distancia entre casa de cambio a barrio cívico interior mina:** De igual forma, son grandes las distancias entre las casas de cambio y los respectivos barrios cívicos, en particular los trabajadores de la GPRO no se encuentran en la casa de cambio más próxima a la mina, a diferencia de los trabajadores de la GOBM los cuales se encuentran en la casa de cambio en Sewell.
- **Logística de transporte deficiente (atraso de buses):** Producto de que, en ciertos tramos, Túnel Copado y Puente Negro, se cuenta con solo 1 vía de transporte, se generan retrasos de buses por el tope de buses de subida y de bajada de diferentes turnos.
- **Tiempo de traslado interior mina:** Las distancias dentro de la mina son muy grandes, y recorrerlas caminando conlleva una pérdida considerable de tiempo, al ser una de las actividades más recurrentes. Más de 4,5 horas son utilizadas en estas actividades.
- **Tiempo de colación:** Los trabajadores deben recorrer grandes distancias desde la postura hasta el casino y viceversa, además, existe un horario único de colación para todos los trabajadores, por lo cual no es posible distribuir los tiempos y trabajos para realizar la colación, debiendo parar todas las actividades. Debido a la falta de control por parte de las jefaturas, los trabajadores se quedan más tiempo del que corresponde en post colación.
- **Logística de materiales y hormigón:** La logística de materiales es deficiente, por lo que se produce un gran número de interferencias, ya que, muchas veces los vehículos encargados de traer los materiales y el hormigón sufren retrasos, demorando la entrega y continuidad de las operaciones.
- **Poco control y seguimiento en tiempo real:** no existe control en tiempo de real del personal, activos y procesos, lo cual facilitaría la toma de decisiones durante el turno, además de llevar un control óptimo de KPI's de los distintas actividades y procesos de la GOBM y de las EE.CC, junto con realizar un seguimiento de equipos y personal.

5.3 Benchmarking: Proyecto Mina Chuquicamata Subterráneo

A modo de complementar el estudio de la situación actual de las jornadas de trabajo y utilización del tiempo de estas por parte de las empresas contratistas, se realizó una comparación con las obras de preparación minera realizadas en PMCHS, donde hoy en día es considerablemente menor los tiempos no productivos durante la realización de las labores mineras.

A modo de síntesis de ambas jornadas se muestran la distribución de tiempos en las Figura 11 y Figura 12 a continuación. Es clara la diferencia entre el tiempo en postura trabajando y que se agrega valor entre PMCHS y de DET, apalancado principalmente por los Tiempos Institucionales y *Overhead*, es decir, tiempos no productivos. La distribución de tiempos de PMCHS se encuentra en la Tabla 20 en la sección ANEXOS C.

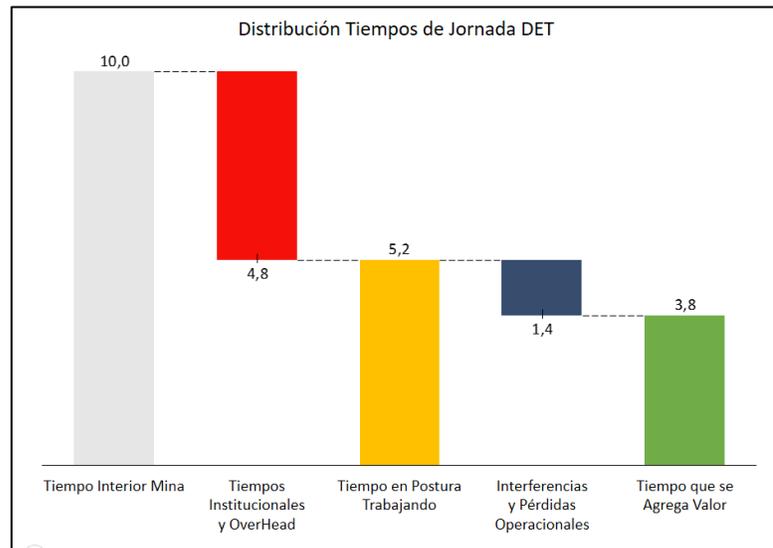


Figura 11 Distribución de tiempos de jornada DET.

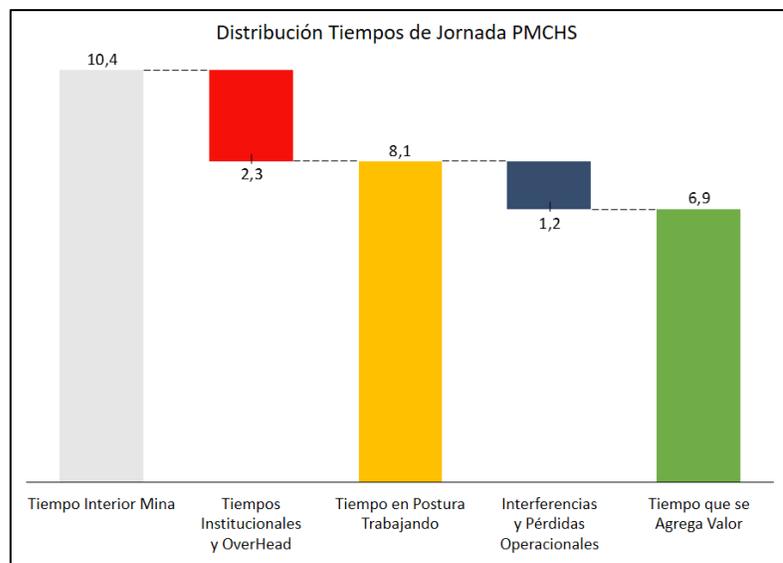


Figura 12 Distribución de tiempos de jornada PMCHS.

Las características más relevantes de cada proyecto se describen a continuación.

Preparación minera en DET:

- Proyecto Brown-Field.
- Vía unidireccional en Acceso Mina, Túnel Copado y Puente Negro.
- No se cuenta con campamento.
- Jornada 10x5 de 10 horas.
- Grandes distancias de postura a casino, horario restringido para terceros.
- Interferencias estructurales:
 - Polvorazos.
 - Rutas de marina.
 - Disponibilidad de pique.
 - Ventanas de operación.
 - Interferencias con otros contratistas.
 - Sismicidad.

La distribución espacial de las dependencias de DET y sus respectivas distancias se muestra en la Figura 13, a su vez se esquematiza las jornadas de trabajo en la Figura 14 destacándose la no utilización de las últimas 4 horas del día.



Figura 13 Distancias entre dependencias DET.

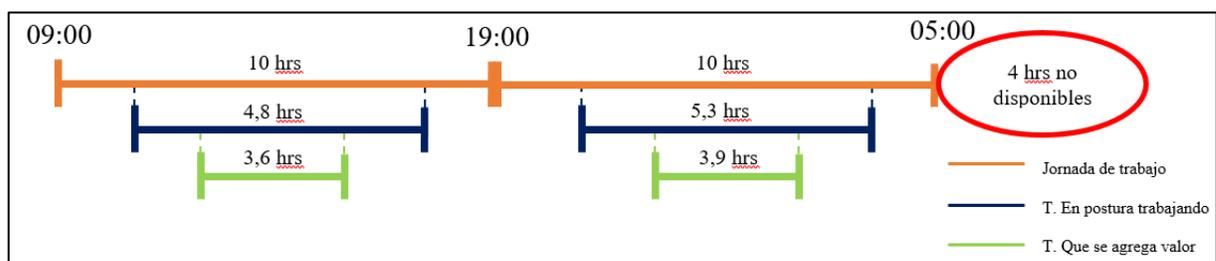


Figura 14 Esquema de jornadas de trabajo DET.

Preparación minera en PMCHS:

- Proyecto Green-Field.
- Túnel de acceso bidireccional.
- Jornada 10x10 de 12 horas.
- Distancia a botadero de marinas de 3,9 km.
- Interferencias estructurales:
 - Disponibilidad de marinas
 - Evacuación por tronadura rajo.
 - Ruta de acceso y marina.

De igual forma que para DET, la distancia entre dependencias de PMCHS se muestran en la Figura 15, junto con el esquema de las jornadas de trabajo en la Figura 16.

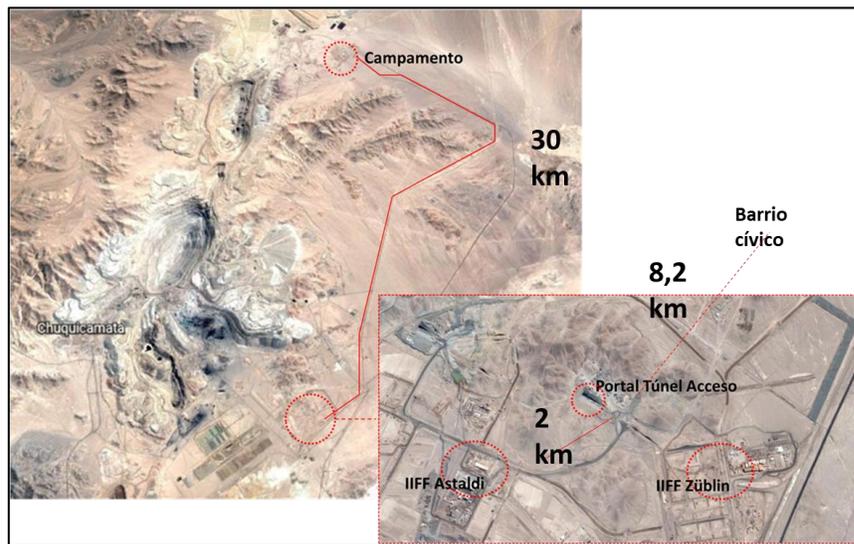


Figura 15 Distancias entre dependencias PMCHS.

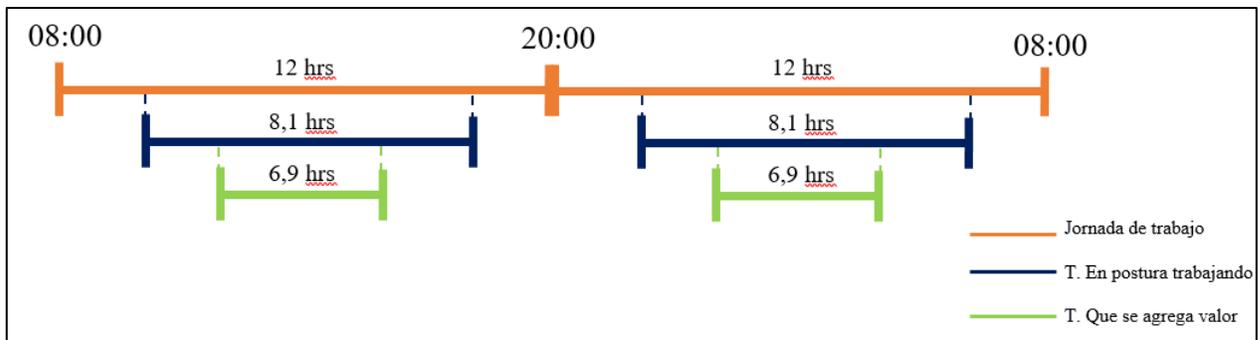


Figura 16 Esquema de jornadas de trabajo PMCHS.

5.4 Mapeo y levantamiento de propuestas

Encontradas las condiciones que afectan a las jornadas de trabajo, mediante mesas de trabajo y talleres de productividad se levantaron iniciativas que permiten disminuir los tiempos no productivos, aumentar tiempos en postura trabajando y tiempos que se agrega valor.

En la Figura 17 se observan la mayoría de las iniciativas levantadas, sin embargo, para el estudio y evaluación se consideraron solo las alternativas de menor dificultad de implementación y de alto impacto en productividad (recuadro superior izquierdo verde), además se considera la Habilitación Campamento puesto que fue una iniciativa atractiva al momento de evaluar la jornada NxN.

Tanto el impacto en productividad como la dificultad de implementación fueron estimados en conjunto por un panel de expertos de las gerencias involucradas en el modelo de gestión de la preparación minera: GMIN, GOBM y GRMD.

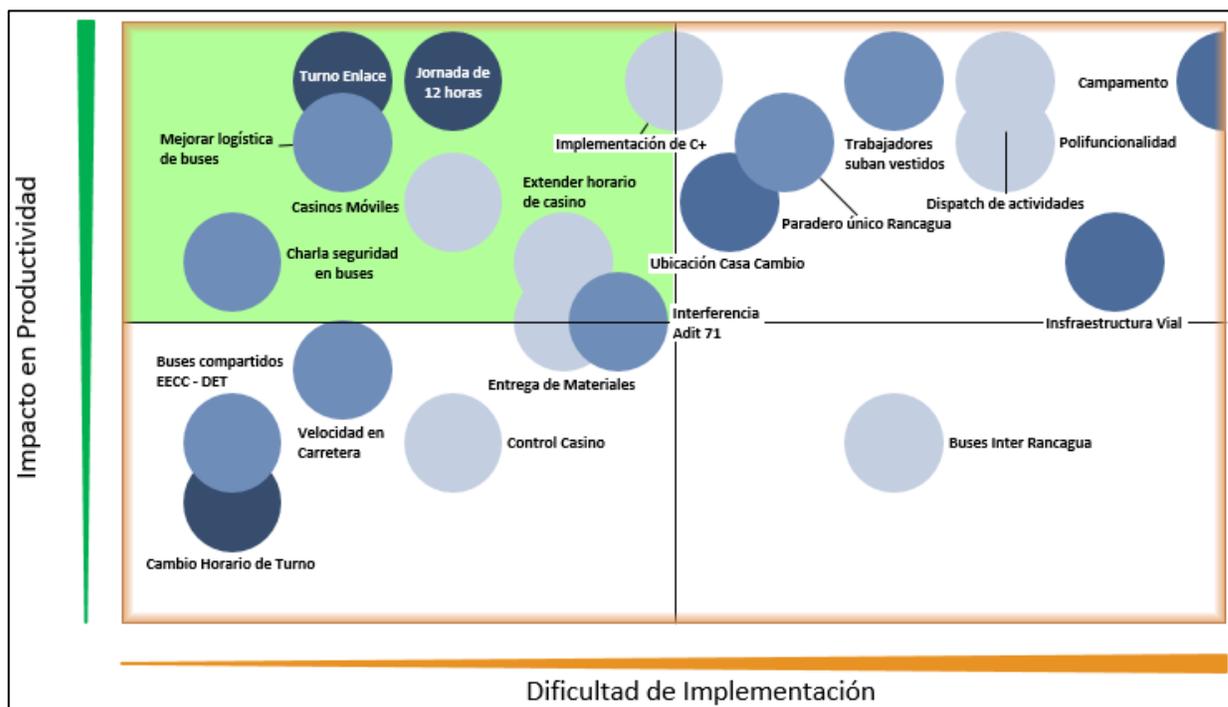


Figura 17 Impacto en productividad vs Dificultad de Implementación de iniciativas propuestas.

5.4.1 Iniciativas Estructurales

5.4.1.1 Cambio de jornada

Con el fin de recuperar el total o parte de las 4 horas no utilizadas al día del sistema actual de turnos, se propone cambiar el sistema de turnos utilizados por las empresas contratista.

Existen un sinnúmero de sistemas de turnos que se podrían implementar, sin embargo, los que sobresalieron al momento de la evaluación son el sistema de turno NxN, donde se descansa la misma cantidad de días trabajados, y siendo un turno de 12 horas. La otra jornada a evaluar, es el Turno de Enlace, el cual consiste en agregar un turno más corto, cubriendo las horas que no están siendo utilizadas.

El potencial impacto de esta iniciativa es de 4 horas al día, al cubrir el tiempo que no está siendo utilizado actualmente.

5.4.1.1.1 Cambio a Jornada 10x5 + Enlace

El objetivo es dar continuidad a las actividades críticas de preparación minera, aumentando el tiempo que se agrega valor y/o utilización de los equipos. Esta jornada de trabajo sería del modo

6x1 de 6 horas con nochero rotativo con jornada 10x5 y, utilizaría el 30% de dotación de un turno normal de la jornada 10x5. El esquema de esta jornada de trabajo se muestra en la Figura 18.

Se busca dar continuidad a actividades críticas de preparación minera, por lo que las labores realizar durante las jornadas son:

1. Continuación del ciclo de desarrollo horizontal.
2. Continuación de actividades de hormigonados.
3. Traslado de equipos a posturas.
4. Petróleo de equipos.
5. Manejo de marinas.
6. Gestión de Rises.
7. Habilidad de servicios.
8. Abastecimiento de insumos en la frente.

El potencial ganancial, como ya se mencionó, es la mejora en la utilización de los equipos de minería, aumentar el tiempo que se agrega valor en frentes para desarrollo horizontal y disponer del total o parte de las 4 horas que no se están aprovechando durante cada día laboral.

Es necesario tener en consideración los acuerdos sindicales, puesto que se daría fin a las horas extras, lo que podría causar problemas. Se debe considerar que esta jornada debe ser aprobada por la Dirección del trabajo, además de evaluar la factibilidad logística de transporte y alimentación.

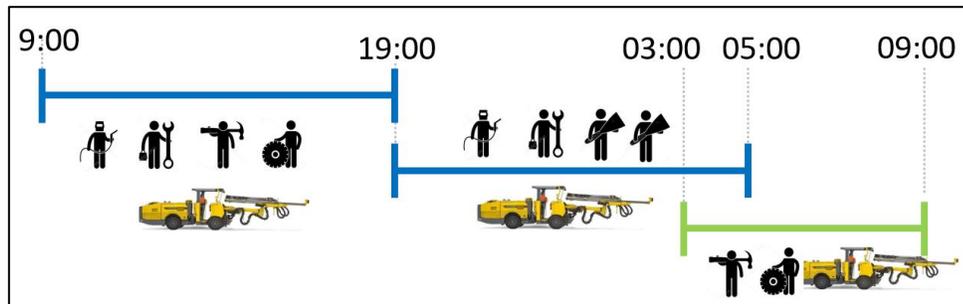


Figura 18 Esquema de jornada 10x5 + Enlace.

Algunas de las ventajas de esta jornada son:

- Se ajusta legalmente a los sobretiempos de minería.
- Aumento de productividad y de tiempo en postura trabajando para desarrolla actividades críticas.
- Facilita el adelanto de programa de obras.
- Mejora de eficiencia de equipos.
- Mayor eficiencia en el uso de las rutas de transporte.
- Mayor eficiencia en las coordinaciones previas a los trabajos.
- Sincronía con horarios de quemadas.
- Mayor flexibilidad en la planificación de las obras.
- Desafía y garantiza el programa de mantenimiento.
- Avanza en la resistencia al cambio de jornada por parte de las EE.CC.

5.4.1.1.2 Cambio a Jornada NxN

El tiempo de esta jornada es de 12 horas, y, a diferencia del turno 10x5, se debe considerar dentro de la jornada de trabajo el traslado entre la casa de cambio y el barrio cívico.

Al igual que el turno de enlace, el objetivo de este turno es aumentar el tiempo en postura trabajando en las 4 horas no cubiertas, además de entregar una continuidad las 24 horas. Algunas de las ventajas y ganancias de esta jornada son:

- Hasta 4 horas extras por día.
- Mejor utilización y eficiencia de equipos de minería.
- Menor dotación física por turno, ya que se necesita una menor cantidad de trabajadores por grupo de trabajo.
- Facilita logística y planificación.
- Se ajusta a las disposiciones legales respecto a horas de permanencia en faena.

De la misma forma se deben tener ciertas consideraciones con los acuerdos sindicales, debido al término de horas extras. Además, de considerar el aumento de dotación al momento de la evaluación. Por otra parte, respecto del descanso a que tiene derecho un trabajador luego de terminada su jornada laboral, cabe señalar que la Dirección del Trabajo ha establecido mediante dictamen 946/046 de 10.02.94, que entre una jornada efectiva de trabajo y otra, debe existir un espacio de tiempo destinado al reposo, cuya duración debe ser equivalente, por lo menos, al período laborado. El esquema de esta jornada de trabajo se muestra en Figura 19.

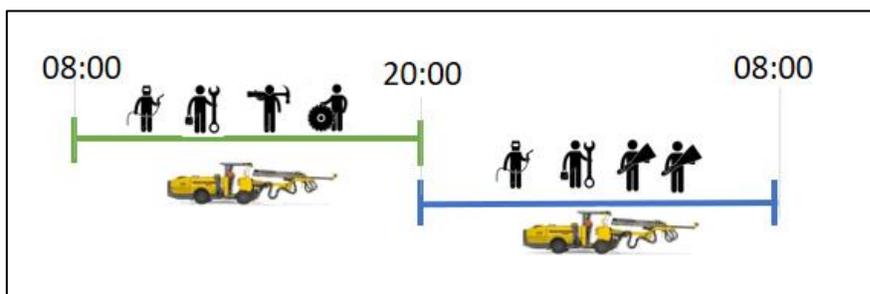


Figura 19 Esquema de jornada NxN.

5.4.1.2 Habilitación de Campamento

Debido a la lejanía del complejo minero, es inevitable tener que recorrer grandes distancias y ocupar una gran cantidad de tiempo en traslado entre las residencias de los trabajadores y la mina, esto en conjunto con la cantidad de tiempo necesaria para descanso del trabajador si se deseara implementar una jornada del tipo NxN.

Si bien la implementación de un campamento, no resulta funcional para el sistema actual de turnos, en el caso de que esta se cambiase a un sistema de turno NxN con jornada de 12 horas, la incorporación de un campamento incrementaría considerablemente el tiempo en postura trabajando y que se agrega valor de la jornada.

En la actualidad existe el campamento Hostal Coya, ubicado en la Ruta H-35, km 20, sector Río Claro (ruta del ácido entre Coya y Rancagua) el cual podría ser utilizado para alojar a los trabajadores. Este está conformado en base a edificios dormitorios modulares de distintos estándares y edificios auxiliares para entregar los distintos servicios a cada trabajador. El

campamento ofrece servicio de hotelería integral y alimentación para contratista y proveedores de los distintos proyectos mineros y de construcción, operando 7 días a la semana los 365 días del año. Por otra parte, este tiene una capacidad para 2.050 personas y una capacidad de producción de 6.150 servicios diarios de alimentación. Además, se cuenta con edificios y servicios para satisfacer las necesidades de alojamiento, recreación, casino comedor, oficinas de administración, agua potable y planta de tratamiento de aguas servidas, como también la urbanización, los accesos y áreas de estacionamiento para buses y camionetas de transporte.

Esta iniciativa no tiene impacto en la jornada actual de trabajo, ni tampoco lo tendría en la jornada 10x5+Enlace. Solo impacta a la jornada NxN.

5.4.1.3 *Habilitación Casa de Cambio en Sewell*

Una de las condiciones que utiliza una gran cantidad de tiempo de traslado es el transporte del personal entre la casa de cambio, donde el personal se cambia ropa y realiza su higiene personal al terminar las jornadas de trabajo, y el barrio cívico. Si bien este tiempo no está imputado dentro de la jornada de trabajo 10x5, es posible mejorar la calidad de vida de los trabajadores al reducirlo. Por otra parte, estos tiempos si deben considerarse en una jornada del tipo NxN de 12 horas.

Hoy en día, el personal de las empresas contratista GOBM utiliza la casa de cambio ubicada en Sewell, de todas formas, se considera esta iniciativa, puesto que para la GPRO impactaría en el tiempo en postura trabajando el cambio de casa de cambio de sus trabajadores a una casa de cambio más cercana a la mina. Los tiempos, tanto de ida como de vuelta, entre cada casa de cambio y la mina se muestran en la Figura 20, donde se puede ver que el traslado entre casa de cambio y la mina que emplea un menor tiempo es la ubicada en Sewell, por el contrario, la casa de cambio de Barahona es la que está más alejada de la mina.

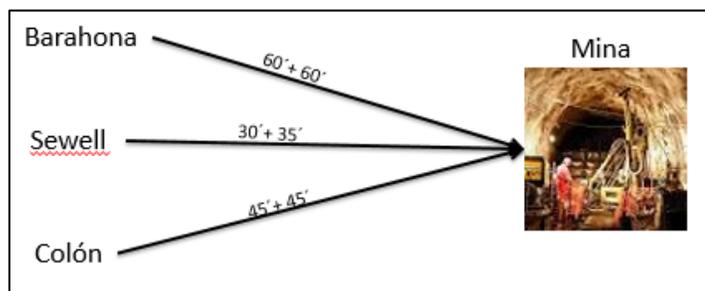


Figura 20 Tiempos de ida y vuelta entre casas de cambio y mina El Teniente.

Según el artículo 21 del Código del Trabajo, el cual define la jornada de trabajo como el tiempo durante el cual el trabajador debe prestar efectivamente sus servicios en conformidad al contrato, se considera dentro de la jornada de trabajo el tiempo en que el trabajador se encuentre a disposición del empleador sin realizar labor, por causas que no le sean imputables.

En varias ocasiones se ha demandado en los tribunales de justicia para que se declare como actividades de carácter no productivas, el cambio de ropa al inicio de la jornada, los traslados entre la casa de cambio y la postura y, el aseo personal y cambio de ropa al final de la jornada, entre otros, y que pasen a formar parte de la jornada trabajo. Sin embargo, los criterios adoptados por la Corte Suprema que ha debido resolver las demandas han sido divergentes.

Producto del conflicto con los contratistas entre mayo y julio del 2011 en DET, donde la demanda consistía en compensar los tiempos de viaje, dio como resultado el pago de un bono de arreglo a

10.500 trabajadores por un total de US\$ 30.000.000 para la empresa, además del pago mensual de bono por tiempo de viaje, lo cual significó un incremento en el costo anual de servicios terceros de aproximadamente US\$ 1.600.000. DET actualmente paga bono por tiempo de viaje, a los trabajadores de obras mina les entrega un total de \$30.000 bruto al mes, y a los trabajadores de servicios mina un total de \$20.000 bruto al mes.

Al igual que la iniciativa anterior, no tiene impacto en la jornada actual de trabajo, ni tampoco lo tendría en la jornada 10x5+Enlace, pero si en la jornada NxN.

5.4.2 Iniciativas de Disciplina

5.4.2.1 Vehículos de Acercamiento Interior mina

Durante el turno, cada operador debe caminar grandes distancias para poder llegar a las distintas dependencias y realizar las labores encomendadas. Como se puede observar en la Tabla 19 en la sección ANEXO C, una parte importante del turno se utiliza en traslados, 4,7 horas aproximadamente, disminuyendo considerablemente el tiempo en postura trabajando y que se agrega valor de la jornada.

Es por esto, y con el fin de disminuir estos tiempos se propone implementar vehículos de acercamiento al interior de la mina, del tipo minibuses, disminuyendo el tiempo de traslado entre las instalaciones de faena y el frente de trabajo, y entre el barrio cívico y las instalaciones de faenas, puesto que en estos traslados es donde más tiempo emplea.

El potencial impacto de esta iniciativa es aproximadamente 3 horas al día en tiempo que agrega valor al reducir el tiempo de traslado entre Barrio Cívico e Instalación de faena y entre Instalación de Faena y la Postura.

5.4.2.2 Habilitación Casino Móvil

Junto con considerar el tiempo utilizado en traslado entre la postura y el casino, se debe tener en cuenta que los trabajadores de las empresas contratistas se ven obligados a ir almorzar en un horario restringido, puesto que después se quedan sin su respectiva colación. Esto conlleva a que se detengan todas las actividades productivas y se pierda la continuidad de los procesos.

Al implementar casinos móviles, será posible distribuir los tiempos y trabajos al momento de que el trabajador deba ir a almorzar, realizando la colación por turnos, logrando así, que las detenciones de las actividades sean parciales y no deba ir todo el personal al mismo tiempo a comer. Por otra parte, se controlará los tiempos destinados a colación, traslados y post-colación, los cuales no deberían sumar más de 1 hora.

El potencial impacto de esta iniciativa es aproximadamente 1,1 horas al día en tiempo que agrega valor al controlar que el tiempo destinado a colación no exceda la hora estipulada.

5.4.3 Iniciativas Excelencia Operacional

5.4.3.1 Descongestión Tramo 5 y ADIT 71

Actualmente el acceso al interior de la mina se realiza mediante el ADIT 71, el cual presenta restricciones de capacidad y circulación dada las características del acceso, como lo son túneles angostos, baja iluminación, secciones unidireccionales y el uso de estocadas, las cuales permiten la circulación en ambos sentidos.

En vista de las restricciones existentes y que muchas veces la capacidad del acceso es superada, se produce congestión y grandes tiempos de esperas. Agregándole a esto el gran volumen de transportes requerido para los proyectos PDA, es necesario realizar cambios estructurales y de gestión para mitigar los tiempos perdidos en transporte.

La red vial antes de llegar a la mina puede dividirse en varios tramos, ver Figura 13, las características de los principales tramos son:

- **Tramo 1 y 2:** Tramo de alto estándar, cuenta con 3 pistas de adelantamiento y radios de giros adecuados. Velocidades elevadas circulación.
- **Tramo 5:** Corresponde a tramo de alto montaña con muchas curvas, muchas de estas cerradas. Velocidades de circulación reducidas.
- **Túnel Copado y Puente Negro:** Sección del tramo 5 donde solo se cuenta con solo una vía de circulación.

El cuello de botella se encuentra en el Túnel Copado, debido a la condición de tránsito unidireccional. Se debe evitar que se encuentren dos turnos, uno subiendo y otro bajando en este tramo, si esto llegase a ocurrir uno de los *convoyes* deberá detenerse impactando en los tiempos de desplazamiento de ese grupo de trabajadores. Lo descrito anteriormente ya está ocurriendo en la subida del Turno A de Obras Mina, el cual coincide con la bajada del Turno C Mina.

La implementación de un segundo túnel en el Túnel Copado permitiría eliminar los retrasos de buses producto del paso alterno utilizado en el Túnel Copado, donde el retraso del primer convoy impacta en el tiempo de traslado del resto de los buses, retrasándolos. Otra medida de mitigación es cambiar el horario de turno del grupo de Obras Minas, para esto es necesario visualizar los movimientos de flota en el Tramo 5, Túnel Copado, Puente Negro y en el ADIT 71, analizando los mejores horarios factibles.

Mediante datos recopilados por GPS se obtuvieron los tiempos de traslados entre la ciudad y la casa de cambio, la cual varía entre 35 y 45 minutos según las condiciones que se presenten. En la Figura 21 se representan los movimientos de los buses entre las 00:00 horas y las 12:00 horas. El eje vertical representa el kilometraje de la carretera, y el eje horizontal la hora del día. La figura fue construida a partir de los datos de GPS de la flota de buses y taxi buses, donde cada rectángulo corresponde al movimiento y posición de los buses a través del tiempo.

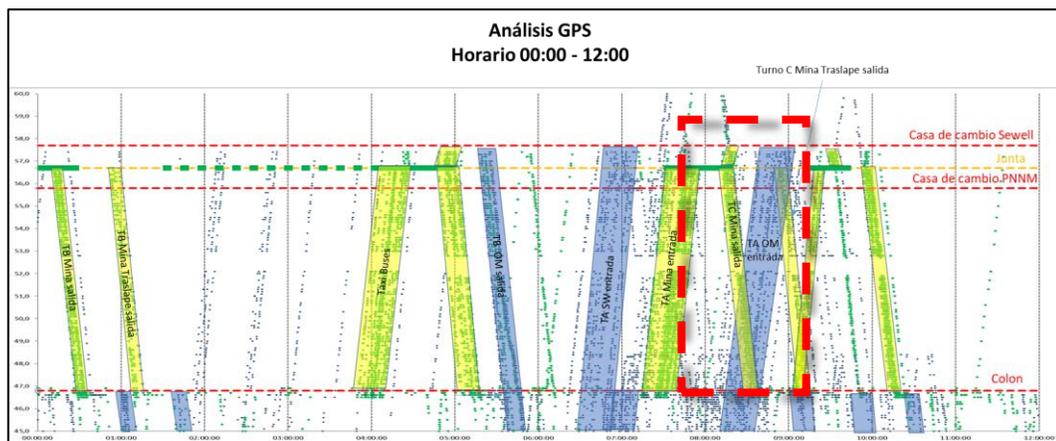


Figura 21 Análisis GPS subida y bajada de turnos mina y obras minas. Fuente: Everis, 2017.

Los glones con pendiente positiva corresponden a la entrada de turno y los con pendiente negativa a la salida. Se observa que alrededor de las 09:00 horas (recuadro rojo) coincide la entrada del turno A de Obras Mina (azul) con la salida del turno C Mina (amarillo), generando retrasos y pérdidas de tiempo.

Al año 2020 se espera gran congestión en la carretera El Cobre, concentrada en los horarios peak de la mañana, especialmente con foco en el tramo 5 y el ADIT 71. Producto de esto, se pronostica que el transporte en superficie aumentará en 42 minutos para el transporte de personal para el año 2023. Se recomienda a GSYS gestionar *convoyes* de transporte de personal de manera de evitar interferencias en puntos críticos (Puente Negro, Túnel Copado y Curva del Espejo).

El potencial impacto de esta iniciativa es aproximadamente de 50 minutos al día en el tiempo que agrega valor al quitar los retrasos en la llegada de los buses al barrio cívico.

5.4.3.2 Adelantar Habilitación ADIT 77

Debido a problemas con la logística de materiales y hormigón, en muchas ocasiones no llegan en el tiempo indicado y se pierde tiempo esperando el abastecimiento de estos. Así, al reducir los tiempos de actividades de soporte, contributivas y no contributivas, ayudaría a recuperar parte de este tiempo perdido, aumentando el tiempo en postura trabajando y que se agrega valor de la jornada de trabajo de las EE.CC.

En la Figura 22 se puede observar la frecuencia de las interferencias operacionales más recurrentes durante el año 2017. En esta se observa que las pérdidas operacionales relacionadas a esperas por materiales y hormigón representa aproximadamente el 46% del total de pérdidas operacionales. Es por esto que, al mejorar la logística de ingreso de materiales y hormigón a la mina (ADIT 77) se espera disminuir el porcentaje que representa este ítem, y aumentar al menos el tiempo en postura trabajando.

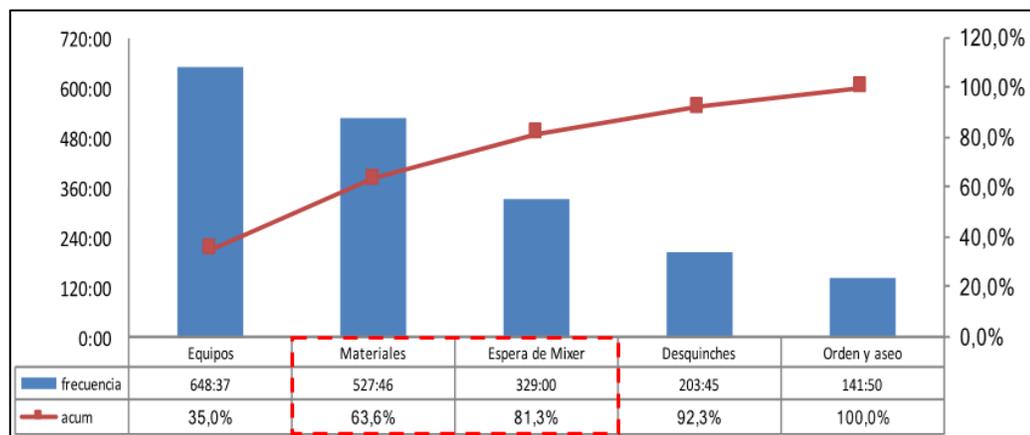


Figura 22 Interferencias operacionales totales 2017.

La solución consiste en la habilitación de un nuevo túnel de acceso paralelo al ADIT 71, el cual conecta a la altura de la estocada 5 y donde comienza la rampa a Teniente 7, el cual es el nodo principal de toma de decisiones de viajes. El objetivo de este nuevo acceso, logísticamente hablando, es que evita la utilización de las estocadas del ADIT 71, facilitando además el flujo bidireccional de entrada y salida de la mina.

El estudio de Everis encontró que los intervalos de tiempo de 10:00 a 15:30 horas se elevan significativamente los tiempos de traslado, el sistema funciona por sobre su capacidad produciéndose congestión y aumentando los tiempos de viaje. En líneas generales, el sistema funciona bajo su capacidad máxima el 86% del tiempo. Es por esto que los beneficios que trae la habilitación del ADIT 77 sería la disminución de los tiempos de viaje y de la congestión en general, mejorando los servicios de la mina

Una medida alternativa es la habilitación de 3 túneles mineros como accesos, los cuales fueron diseñados en sus inicios como túneles de ventilación. Estos son el ADIT 65, ADIT 74 y P4600. Se debe tener en consideración que para la habitación de estos como túneles de acceso continuo se requiere instalaciones y condiciones de operación de forma de garantizar la seguridad de todos los usuarios.

Se pronostica para el año 2023 un aumento en 78 minutos del transporte en superficie de carga. En cuanto al transporte interior mina, se tendrán 25 minutos adicionales en tiempo de traslado para el transporte de carga en el trayecto entre ADIT 71 y los respectivos barrios cívicos⁵.

Una forma de mitigar todo lo anterior, es adelantar la construcción y habilitación del ADIT 77 y utilizarlo como acceso dual con el ADIT 71, así, será posible disminuir en un 50% el tiempo de traslado de cargas del ADIT 71. Por otra parte, al habilitar el ADIT 65 como transporte de carga y acceso para proyectos Andesita y Diamante, provocaría una fuerte descongestión en el ADIT 71.

El potencial impacto de esta iniciativa es aproximadamente de 45 minutos al día en tiempo que agrega valor al reducir esperas e interferencias producto de no contar materiales y hormigón.

5.4.3.3 Centro Integrado Obras Minas

Una de las mayores falencias que tiene hoy en día la preparación minera en DET es que no cuenta con un sistema integrado de operaciones con el cual poder realizar gestión y seguimiento en tiempo real de las distintas actividades desarrolladas por la GOBM.

Con el fin de poder gestionar en tiempo real las distintas actividades y aumentar la productividad de estas, se propone implementar un Centro Integrado de Obras Minas (CIOBM), el cual debe diseñarse considerando seguridad, productividad y continuidad operacional. Con el CIOBM será posible tener una visión global y exhaustiva de las actividades que se desarrollan día a día y de cualquier imprevisto que interrumpa el proceso productivo, pudiendo recuperar datos reales de las mediciones en terreno, para ser analizados y tomar las medidas correctivas pertinentes.

Dentro del diseño debe considerarse la estructura organizacional, la estrategia y plan de implementación, los planes de mantención y fallas, la estandarización y la transferencia tecnológica de la fase de construcción, además de la eventual integración con el CIO de DET en el caso de ser necesario. Con esto se tendrán mejores y más rápidas respuestas, se podrán controlar los costos y procesos y, reducir pérdidas.

El potencial impacto de esta iniciativa es aproximadamente de 2,9 horas al día en tiempo que agrega valor al controlar traslados y tiempos de cada actividad, desde la llegada de los trabajadores al barrio cívico, pasando a la charla de seguridad hasta la espera del bus en el andén del barrio cívico.

⁵ Everis (2017), *Servicio de modelamiento y simulación vial*.

5.5 Impacto de iniciativas

Cada una de las iniciativas tiene un impacto ya sea en la jornada y tiempo en postura trabajando diario, esto se observa en detalle en la Tabla 21 en la sección ANEXO D, en ella se muestra el impacto al implementar cada una de las iniciativas, recuperando parte del tiempo utilizado en actividades contributivas y no contributivas como lo son traslados, demora en llega de buses, sobre tiempo en actividades, entre otros.

En la Figura 23 se detalla el impacto en tiempo en postura trabajando debido a la implementación de las iniciativas, las consideraciones que se tuvieron en el cálculo se encuentran en la Tabla 22 la sección ANEXO E. Se puede ver 4 iniciativas que destacan por sobre el resto, teniendo un mayor impacto, estas son Cambio a Jornada 10x5+Enlace, Habilidadación Casino Móvil, Vehículos de Acercamiento Interior Mina y el CIOBM.

Además, se puede observar gráficamente que la Habilidadación Campamento y Habilidadación Casa de Cambio en Sewell no tienen efecto en las jornadas 10x5 y 10x5 + Enlace, puesto que en estas jornadas no se considera el tiempo de traslado entre casa de cambio y el barrio cívico, y los trabajadores ya se encuentran en la situación óptima en cuanto a la casa de cambio utilizada.

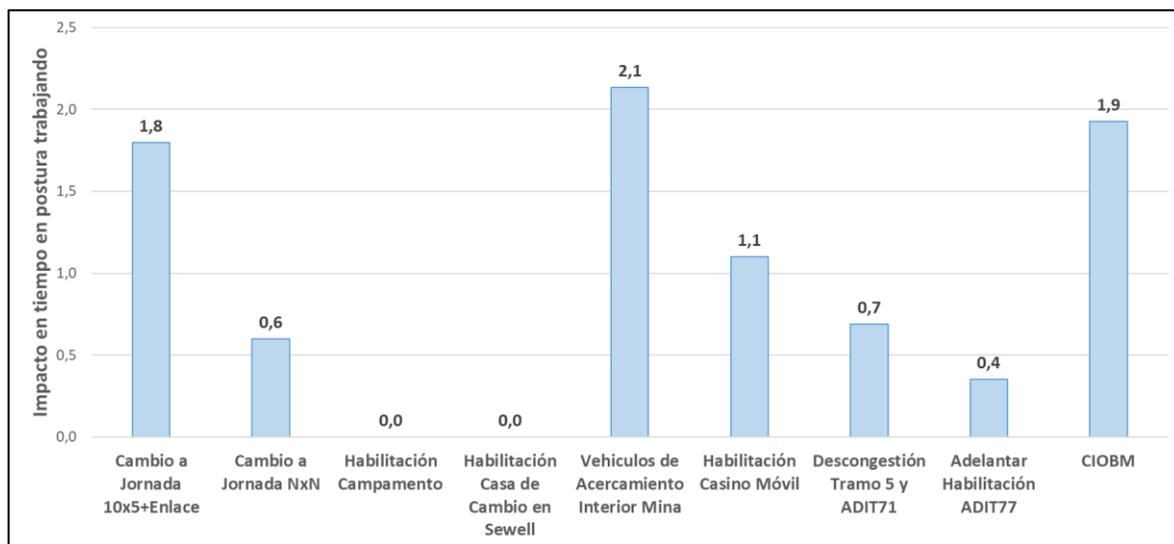


Figura 23 Impacto de iniciativas en tiempo en postura trabajando.

5.6 Simulación de rendimientos

Con el fin de obtener el rendimiento mensual de avance de desarrollo horizontal se realizó una simulación de avance para el sector Esmeralda Sur para distintos tiempos que se agrega valor, considerando las condiciones del sector, un total de 34 frentes de trabajo, 3 jumbos de 2 brazos, 2 jumbos de 1 brazo, 4 LHD, 2 Roboshot, 2 Mixers, 7 Equipos de Levante y 3 Cuadrillas de Trabajo, además de un avance promedio por disparo de 3,2 metros. El tiempo de cada sub-actividad considerado en la simulación se muestra en la Tabla 3, en el cual se obtiene un tiempo de ciclo total de desarrollo horizontal de 25,42 horas.

Tabla 3 Duración de actividades de desarrollo horizontal.

Actividad	Duración (h)
Tronadura	1,58
Ventilación	1,00
Regado frente/Retiro de marina	3,33
Foto/Acuñadura	1,33
Perforación de pernos	2,83
Splitset	0,87
Limpieza de piso y Colocación pernos	2,33
Fragüe pernos	2,00
Malla	1,92
Hilteo	1,63
Shotcrete	0,75
Fraguado	2,00
Perforación de frente	3,00
Malla fibra/Limpieza zapatera	0,83
Tiempo Ciclo	25,42

Los resultados obtenidos de la simulación pueden verse en la Tabla 23 en la sección ANEXO F, como resumen se muestra la Figura 24, donde se observa la relación entre el tiempo que se agrega valor y el rendimiento de avance mensual, siendo esta directamente proporcional.

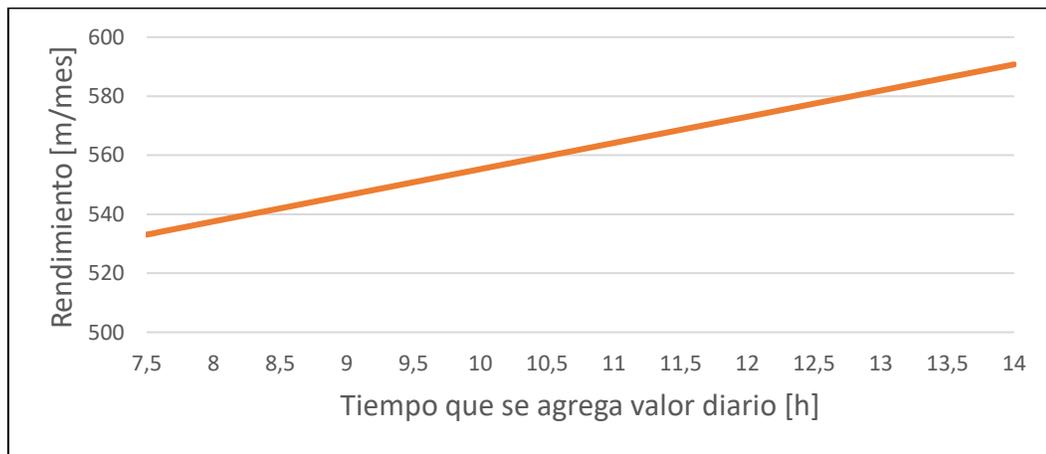


Figura 24 Rendimiento versus tiempo que se agrega valor, 34 frentes.

Esto fue corroborado con los resultados de rendimientos obtenidos por la GPRO, los cuales también mostraron un comportamiento lineal, y con el avance físico del año 2017 de los sectores Esmeralda Sur y Panel 2, ver Figura 32 y Tabla 24 en la sección ANEXO F.

5.7 Evaluación Económica

La evaluación económica se realizó utilizando el indicador económico Valor Actual de Costos (VAC), el cual trae a valor presentes los costos de periodos futuros. Este indicador es utilizado puesto que es difícil medir los beneficios de cada alternativa. La fórmula utilizada para el cálculo del VAC se muestra a continuación.

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- C_t corresponde al costo total al final del periodo t .
- r corresponde a la tasa de descuento o costo oportunidad.
- I_0 corresponde a la inversión inicial.

Como consideraciones a tener en el cálculo de VAC se tienen:

- No se considera restricción de presupuesto anual de obras (desarrollo de obras en función del rendimiento).
- Se considera la obra de desarrollo y construcción de PQ2017 de los años 2017, 2018 y 2019.
- Se estima el ahorro generado por el aumento de productividad, en mano de obra y posesión de equipos.
- La tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAC es del 8% anual.
- La simulación de rendimiento para desarrollos horizontales fue realizada en función del tiempo que se agrega valor con recursos, dotación y frentes disponibles, mediante el *software* UDESS.
- Todos los escenarios simulados consideran el mismo número de recursos.

Cabe mencionar que los costos asociados a la Habilidad Casa de Cambio en Sewell, Descongestión Tramo 5 y ADIT 71 y la Adelantar Habilidad ADIT 77, no corresponden a costos directamente asociados a la GOBM.

5.7.1 Dotación

La dotación utilizada en la evaluación económica corresponde a los trabajadores de las empresas contratistas a cargo de realizar las labores de preparación minera en Esmeralda y Panel 2, Geovita, esta se desglosa según jornada en la Tabla 4.

Tabla 4 Dotación directa por jornada.

	Situación Actual: Jornada 10x5	Jornada de Enlace	Jornada NxN
<i>Turno 1</i>	160	160	160
<i>Turno 2</i>	160	160	160
<i>Turno descanso 1</i>	160	160	160
<i>Turno descanso 2</i>			160
<i>Turno Enlace</i>		48	
Total	480	528	640

En cuanto al costo de mano de obra, se estimó en \$1.350.000 por trabajador, el detalle se encuentra en la Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27 en la sección ANEXO G.

5.7.2 Costo Habilitación de Campamento

Mediante benchmarking fue posible estimar el costo de inversión y costo de operación de la construcción de un campamento. La información se obtuvo del Hotel Mejillones y de la Hostal Coya, ambos campamentos de la empresa PROMET. La conversión utilizada para la conversión de Dólar y UF a Pesos Chilenos se observan en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5 Conversiones monetarias utilizadas para cálculos.

UF	\$ 26.784,32
Precio dólar	CLP \$ 603

Los costos de operación se obtuvieron en base al Hostal Coya, estos se muestran en la Tabla 6. Como se dijo anteriormente el Hostal Coya tiene una capacidad total de 2.050 personas y el casino puede entregar un total de 6.150 servicios diarios.

Tabla 6 Costo operacional por hombre día, Hostal Coya.

Costo Hombre Día			
	UF	CLP	Dólar
Operarios	0,346	\$ 9.267	\$ 15,37
Supervisores	0,451	\$ 12.080	\$ 20,03
Gerentes	0,694	\$ 18.588	\$ 30,83
Servicios	0,218	\$ 5.839	\$ 9,68

De igual forma, el costo de inversión se obtuvo del Hotel Mejillones, este se detalla en la Tabla 7. El Hotel Mejillones tiene una capacidad total de 1.800 personas y el casino puede entregar un total de 6.000 servicios diarios.

Tabla 7 Costo inversión campamento, Hotel Mejillones.

Costo Inversión	
Costo inversión [CLP]	\$11.224.500.000
Costo inversión [USD]	\$ 18.614.428
Área HM [m2]	16.000
USD/m2	\$ 1.163
Capacidad de personal	\$ 1.800
Inversión [USD/persona]	\$ 10.341
m2/persona	8,89

Así, el costo asociado a habilitar un campamento para los trabajadores de las empresas contratistas a cargo de las labores de preparación minera de Esmeralda y Panel 2 se detallan en la Tabla 8. Para

el cálculo del costo de operación solo se consideraron operadores, puesto que corresponde a la mayoría del personal que utilizaría estas instalaciones.

Tabla 8 Costo de inversión y operación según jornada.

	10x5	10x5 +E	NxN
Personal por día	320	320	320
Área necesaria (m2)	2844	2844	2844
Costo inversión (MUSD)	0,09	0,09	0,09
Costo Operación (MUSD)	0,24	0,24	0,24

5.7.3 Costo Casino Móvil

El costo de inversión y operación necesario para la implementación de un casino móvil se muestra en la Tabla 9 el detalle de los costos asociados se encuentra en la Tabla 28 en la sección ANEXO H.

Tabla 9 Costo de inversión y operación mensual implementación casino.

	CLP	USD	MMUSD
Inversión casino móvil	\$ 8.196.039	\$ 13.592	\$ 0,014
Operación casino móvil	\$ 3.629.701	\$ 6.019	\$ 0,006

Estos costos fueron estimados en base a información obtenida de la evaluación económica de la implementación de un casino móvil en el nivel de acarreo de AGD Dacita.

5.7.4 Costo Vehículos Acercamiento Interior Mina

Los costos asociados a la incorporación de vehículos de acercamiento para transportar a los trabajadores en el interior de la mina se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Costos vehículos de acercamiento interior mina.

Costo Minibús para 15 personas, con chofer y petróleo	
Cantidad	5
Costo Vehículo	\$ 5.000.000
Costo Adicional	\$ 245.000
Total	\$ 5.245.000
Total [MMUSD/mes]	\$ 0,045

Se debe realizar una evaluación en profundidad de esta iniciativa, dada las condiciones de tráfico y operación de las minas, podría ser no recomendable incorporar vehículos adicionales, manteniendo el traslado entre la instalación de faenas y las frentes de trabajo a pie.

5.7.5 Habilitación Casa de Cambio en Sewell

Los costos asociados a habilitar una casa de cambio, en el caso de GPRO, más cercana al ADIT 71 se muestran en la Tabla 11. El costo operacional es estimado en 1000 USD por persona al año y el costo de inversión de 5.000.000 USD.

Tabla 11 Costo operacional casa de cambio.

Año	\$USD
2017	575.000
2018	613.000
2019	763.000

5.7.6 Adelantar Habilitación ADIT 77

El costo aproximado de la habilitación del ADIT 77 es aproximadamente US\$ 55.000.000, los costos anuales estimados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12 Costo estimados habilitación ADIT 77.

Año	US\$
2017	13.000.000
2018	18.000.000
2019	24.000.000

5.7.7 Descongestión tramo 5 y ADIT 71

Los costos asociados a la construcción de un segundo túnel para reducir la congestión en el Túnel Copado se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13 Costo construcción túnel.

ÍTEM	COSTO UNITARIO (US\$)	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL (kUS\$)
Túnel	10.000	m	800	8.000
Carpeta rodado	1.000	m	800	800
Portales	2.000.000	un	2	4.000
Subtotal Costo Directo				12.800
Gastos Generales (40%)				5.120
Contingencias (30%)				3.840
TOTAL				21.760

5.7.8 Costo Centro integrado de Operaciones

Si bien la información existente de costos asociados a la inversión en centros integrados de operaciones alrededor del mundo es escasa y muy reservada, fue posible recopilar la de algunas faenas, las cuales se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14 Benchmark Inversión CIO's.

Empresa	Faena	Año	IPC	Inversión [USD]	Inversión Actualizada [USD]
Codelco	Andina	2010	14,16%	\$ 1.000.000	\$ 1.141.600,00
Rio Tinto	Perth	2008	17,37%	\$ 10.000.000	\$ 11.737.000,00
IPACS	Australia	2015	4,99%	\$ 2.000.000	\$ 2.099.800,00
Newtrax	El Teniente	2018	0,00%	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000,00

Así, se estimó el costo de inversión del Centro Integrado de Obras Mina en MMUS\$ 1.7

5.8 Adelanto de obras y calculo VAC

Para realizar el cálculo del VAC se estimó el adelanto de obras en meses al ir aumentando el tiempo que se agrega valor de la jornada de trabajo, se utilizaron los resultados de rendimiento obtenidos de la simulación. Según el PQ2017 de Esmeralda y Panel 2 entre los años 2017 y 2019 se requiere realizar un total de 19.052 metros de desarrollo horizontal, el detalle se muestra en la Tabla 17. Para simplificar el análisis, se consideró que en cada mes del año se desarrolla la misma cantidad de obra de desarrollo horizontal.

Tabla 15 Total de desarrollo horizontal 2017-2019 sector Esmeralda y Panel 2.

	2017	2018	2019	2017-2019
Esmeralda	3.568	6.116	4.672	14.356
Panel 2	3.421	1.275	0	4.696
Total	6.989	7.391	4.672	19.052

Se calculó el ahorro en mano de obra y posesión de equipo producto de adelantamiento labores, la cantidad de meses de adelantamiento, el rendimiento y la productividad en función del tiempo que se agrega valor y, el indicador económico VAC para cada una de las jornadas e iniciativas levantadas. El detalle se encuentra en la Tabla 21 en la sección ANEXOS D.

5.9 Selección de Iniciativas

Se seleccionaron entre las iniciativas planteadas, solo aquellas de mayor valor para corporación. Para esto, se utilizó como herramienta una tabla de priorización de las iniciativas propuestas, la cual opera con un índice de priorización (IPR). Cada solución es evaluada en una escala de 1 a 10 en tres criterios:

- Costos (Co): a menor costo, mayor puntaje.
- Dificultad de implementación (Di): a menor dificultad, mayor puntaje.
- Impacto en tiempos (I): a mayor impacto, mayor puntaje.

Así, el IPR es el resultado del producto de los criterios mencionados. Con esto se podrá recomendar la implementación de la(s) solución(es) cuyo IPR sea superior a cierto valor establecido, en este estudio 200. A continuación, en la Tabla 16 se muestran los IPR obtenidos para cada iniciativa propuesta. Cabe recordar que el impacto en productividad como la dificultad de implementación fueron son estimados con la ayuda de un panel de expertos de la GMIN, GOBM y GRMD.

Tabla 16 IPR Iniciativas Propuestas.

	Iniciativa	Costo	Dificultad Implementación	Impacto Implementación	IPR
Estructural	Cambio a Jornada 10x5+Enlace	7	8	8	448
	Cambio a Jornada NxN	5	9	6	270
	Habilitación de Campamento	4	1	3	12
	Habilitación Casa de Cambio en Sewell	6	5	2	60
Disciplina	Vehículos de Transporte Interior Mina	10	2	10	200
	Habilitación Casinos Móviles	8	7	5	280
Excelencia Operacional	Adelantar Habilitación ADIT 77	1	4	4	16
	Descongestionar Tramo 5 + ADIT 71	3	3	6	54
	CIOBM	9	6	9	486

Las propuestas con IPR mayor a 200 corresponden al Cambio de Jornada 10x5 + Enlace, Cambio de Jornada NxN, Vehículos de Transporte Interior Mina, Habilitación de Casinos Móviles y la Implementación del CIOBM. En consecuencia, se descartan el resto de las alternativas producto del bajo índice de priorización obtenido, además de que algunas inversiones no están asociadas directamente a la GOBM, en el caso de Descongestionar Tramo 5 + ADIT 71 y Adelantar Habilitación ADIT 77.

CAPITULO VI DISEÑO GENERAL DEL CENTRO INTEGRADO DE OBRAS MINAS

Debido a la situación actual de la industria minera, es más recurrente escuchar que las empresas han puesto su foco en mejorar la productividad y reducir los costos. Las principales causas de la baja productividad son las coordinaciones necesarias que se realizan en terreno y la pérdida de tiempos en distintas actividades no productivas. Producto de la coordinación existe una pérdida del 46%, por la metodología del trabajo un 20%, mientras el abastecimiento de materiales en un 16%, a la supervisión un 13% y la cifra restante a otros factores.⁶

Es por esto que, cada día más faenas están implementando modelos de información inteligentes con el fin de identificar y controlar sus procesos y costos, monitorear en tiempo real, aumentar la productividad, agregar valor a la cadena productiva, y por sobre todo lo anterior, disminuir la exposición de personal a los riesgos presentes al interior de la mina.

Es posible obtener una gran cantidad de datos e información con el aumento en la utilización de estructuras sensoriales. Sin embargo, esta gran cantidad de información es prácticamente imposible ser manipulada por una sola persona y extraer lo relevante al momento de tomar alguna decisión. Así, nace la necesidad de contar con un sistema computarizado central que almacene y analice los datos obtenidos, facilitando la toma de decisiones y controle los procesos de la mina (Saayman, 2005).

El objetivo principal de estos sistemas de información inteligentes es maximizar los rendimientos de los procesos de la cadena productiva, la disponibilidad de activos y recursos humanos, y cumplir con las normativas de seguridad.

6.1 Definición de centro integrado de operaciones

Un centro integrado de operaciones (CIO) es un modelo de información inteligente, el cual, mediante un ambiente colaborativo en torno a la cadena de valor, es capaz de reunir todos o una gran cantidad de recursos y datos. Permite la identificación temprana de problemas y cuellos de botella, simplificando y mejorando la toma de decisiones, dando soluciones más acertadas y con menor tiempo de respuesta a los problemas de manera remota y en tiempo real.

El objetivo del CIO es agregar valor a los distintos procesos, para esto se basa en el modelo operacional del mejoramiento continuo. Como resultado de la implementación y utilización de un CIO se tiene⁷:

- Mayor colaboración.
- Reducción de trabajo de menor valor agregado (manipulación de datos).
- Toma de decisiones integrada y basada en hechos y datos, más y mejor información para la toma de decisiones.

⁶ Corporación de Desarrollo Tecnológico (2013), *Claves para crecer: Productividad en la construcción de grandes proyectos mineros*.

⁷ Ernst & Young Global Limited (2016), *¿Cómo Diseñar un Centro Integrado de Operaciones Remotas para Maximizar el Rendimiento?: Manejo de Factores de Éxito Clave y Riesgos Críticos*.

- Habilidad mejorada para diagnosticar problemas de rendimientos en toda la cadena productiva.
- Sincronización entre los procesos.
- Resultados medibles, repetibles y predecibles.
- Difusión de buenas prácticas y de la cultura de excelencia operacional.
- Transparencia de la información.
- Aumento de la seguridad, disminución de riesgos laborales y mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores.
- Visibilidad sobre la cadena extendida, lo que permite avanzar hacia la optimización global y la maximización de los rendimientos de los procesos.
- Racionalización de recursos.
- Mayor productividad y eficiencia.
- Aumento en la disponibilidad de los activos.
- Sinergia entre procesos centralizados.
- Reducción de variabilidad de los procesos

Un CIO es capaz de reunir capital humano, procesos, plataformas tecnológicas y el modelo gestión, logrando alinear la estrategia del negocio con el objetivo de maximizar la eficiencia y productividad de la cadena de valor. En otras palabras, integra las operaciones y obtiene una visibilidad global de la cadena de valor, pudiendo implementar conceptos de mejora continua, donde la planificación integrada, el monitoreo, la automatización e innovación, facilitan la pronta e inmediata identificación de problemas, permitiendo una rápida y mejor respuesta. A modo de esquematizar los beneficios y el funcionamiento de la implementación de un CIO se muestra la Figura 25.

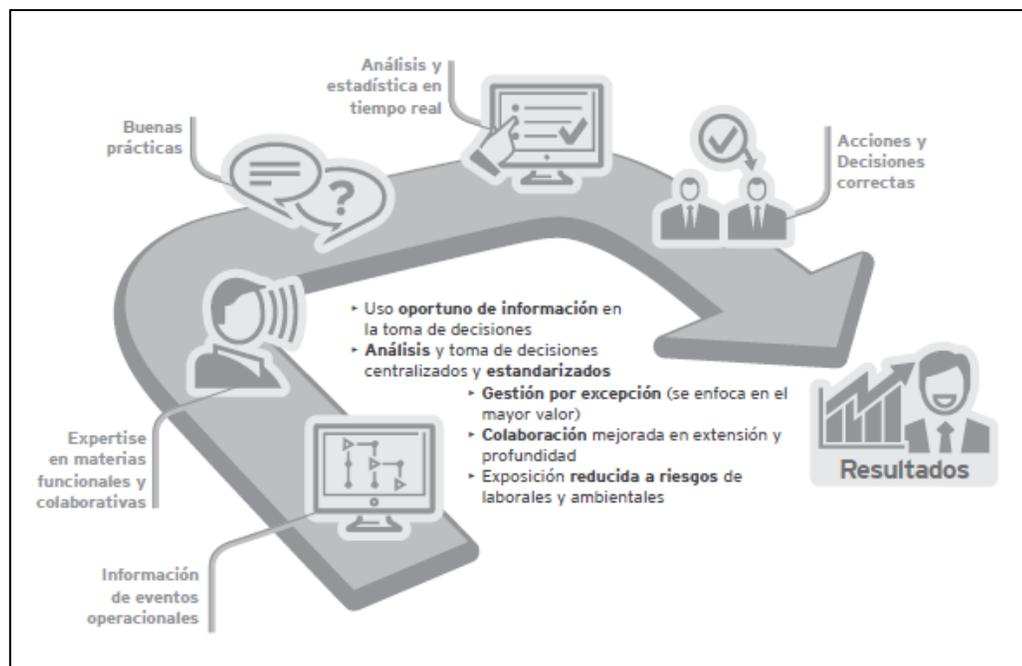


Figura 25 Esquema básico de funcionamiento y beneficios de un CIO.

La falta de integración en la cadena de valor existente, la cual impide el progreso y maximizar la utilización de recursos y activos, puede ser resuelta a través de un Centro Integrado de Operaciones.

Independientemente del nivel de madurez operacional existente en la faena minera, es posible comenzar la transición hacia la minería del futuro en forma progresiva, abordando los desafíos específicos de cada empresa.

Es necesario recalcar que el CIO no es solo una decisión tecnológica, sino que, una nueva forma de gestionar los procesos productivos y el negocio como tal. Estos modelos corresponden a un programa de mejoramiento y transformación de negocio, el cual incorpora la innovación, por lo cual no debe entenderse como un proyecto tecnológico tradicional.

6.2 Sistemas de despacho en minería subterránea

La minería subterránea tiene la particularidad de tener muchas restricciones en cuanto a la disponibilidad de informaciones, en contraste con la minería a cielo abierto, donde gracias a las tecnologías existentes es posible conocer la posición de los equipos y el personal en cada instante durante el desarrollo de cada actividad de los procesos productivos (Lavado, 2014). Las labores llevadas en las operaciones subterránea tienen que convivir con un ambiente mucho más hostil que en cielo abierto, se deben desarrollar los trabajos muchas veces con escasa y nula visibilidad, además de existir la dificultad de integrar nuevas tecnologías en sectores donde aún no existe la disponibilidad de infraestructura y energía eléctrica, es más, en sectores nuevos hasta la comunicación radial tiene problemas de funcionamiento en sus inicios, ya que la roca intacta bloquea de cierta forma que se lleve a cabo la radio propagación como ocurre en superficie, donde las ondas electromagnéticas casi no se ven afectadas, por lo que se deben instalar puntos de transmisión para que el sistema de comunicación funcione correctamente.

La automatización permite optimizar los procesos, puesto que al contar con mayor información y al ser procesos cíclicos, es posible realizarlos cada vez con una mayor precisión (Saayman, 2005). Además, es posible incorporar sistemas de control en etapas de producción y construcciones de obras mineras, puesto que existe una regularidad en las rutas de traslado, en las cuales es posible instalar sensores para identificar el tránsito de equipos en posiciones específicas y relevantes del proceso productivo (Lavado, 2014). Dentro de los KPI de interés, se pueden encontrar la cantidad de mineral transportado, niveles de mineral en puntos de extracción, utilización de equipos, alimentación a chancadores, metros perforados, rendimiento y estados de equipos, entre otros. Sin embargo, según el autor, aun no es posible que estos sistemas de control sean 100% confiables y deben seguir siendo evaluadas.

6.2.1 Sistemas de despacho en preparación minera subterránea

En vista del bajo porcentaje de utilización de los tiempos de la jornada de trabajo, se propone como solución la implementación de un Centro Integrado de Obras Minas (CIOBM), con el cual se pretende mejorar rendimientos y productividad de los equipos y cuadrillas de trabajo, optimizando los procesos y actividades a cargo de la GOBM, logrando aumentar el tiempo que se agrega valor de las jornadas de las EE.CC a cargo de la realización de las obras de preparación minera en DET.

La preparación minera subterránea no cuenta con ninguno de los beneficios de los sistemas inteligentes de información. Si bien existen avances enormes en cuanto a tecnología con el fin de mejorar la productividad, estas no tienen la finalidad de controlar y gestionar los recursos y procesos (Lavado, 2014). Por lo que aún es dificultosa la gestión de recursos por parte del Jefe de Turno al comienzo de la jornada.

Si bien, la preparación minera tiene la característica de ser actividades secuenciales y cíclicas, siendo sencillo para el Jefe de Turno realizar un bosquejo y asignación de tareas para alcanzar un ritmo de trabajo relativamente eficiente para una frente de avance, es sumamente distinto y complejo cuando se dispone de más de una frente. Se debe tener en cuenta la diversidad de equipos, dificultando la asignación de recursos, puesto que, cada actividad es realizada solo por un equipo en particular y no es posible realizar una etapa antes que otra.

Por lo anterior, contar con un Centro Integrado de Operaciones toma sentido, pudiendo gestionar y asignar recursos y tareas de forma óptima, teniendo la visión global de los procesos. Algunas de las empresas que en la actualidad ofrecen soluciones tecnológicas, monitoreo y seguimiento de las operaciones presentes en las faenas subterráneas son *Modular Mining*, *Mining Tag*, *Fleischmann* y *Nextrax*, entre otras, las cuales entregan herramientas, aplicaciones y sistemas para poder controlar y gestionar las operaciones.

6.3 Benchmarking CIO's

Alrededor del planeta existen un gran número de faenas mineras que utilizan CIOs para integrar y gestionar la información de sus procesos exitosamente. Entre ellas podemos encontrar:

6.3.1 Rio Tinto

Rio Tinto es una empresa que se dedica a la extracción de mineral de hierro, cobre, carbón, talco, dióxido de titanio, sal, aluminio e incluso diamantes a través de varias faenas a lo largo del planeta.

En Perth, Australia, se encuentra el centro de operaciones de Rio Tinto, el cual mediante su estrategia de “Mina del Futuro” opera remotamente 15 minas de hierro, sistemas ferroviarios, plantas, sistemas de distribución eléctrico, mantenibilidad de equipos, suministros, y las operaciones del puerto en la región de Pilbara.

El centro de operaciones está ubicado 1500 kilómetros al sur de la región de Pilbara, en la ciudad de Perth. Según Rio Tinto “El Centro de Operaciones proporciona niveles de control en paralelo, permite la planificación integrada y proporciona asistencia remota. Este centro permite a Rio Tinto optimizar sus minas de hierro de principio a fin, mejora su habilidad de maximizar su productividad operacional y al mismo tiempo minimizar los desperdicios”. Debido al éxito de la estrategia empleada, está siendo replicada en sus otros *commodities*, como lo son sus minas de carbón, en las cuales el año 2014 Rio Tinto inauguró el Centro de Procesamiento de Excelencia (*Processing Excellence Centre* (PEC)) en Brisbane, Australia, integrando la información de cinco minas de carbón del estado de Queensland.

Desde el centro de operaciones es posible controlar en forma remota equipo como camiones y perforadoras para extraer el mineral, así como también, trenes autónomos los cuales transportan el mineral a puerto. Se cuenta con más de 400 operadores, los cuales analizan los datos e información obtenida y sincronizan un sistema integrado en tiempo real.

Con todo lo anterior el centro de operaciones contribuye a una mayor eficiencia global, reduce los costos de producción y mejora la toma de decisiones operativas. Integra herramientas de visualización y colaboración, y optimiza actividades mineras, de mantenimiento y de logística.

6.3.2 BHP Billiton

BHP Billiton tiene implementado el Centro de Operaciones Remotas Integradas (IROC), el cual ha logrado incrementar la tasa de disponibilidad, la utilización de activos, productividad y seguridad para sus minas de hierro ubicadas en Pilbara, Australia. BHP ha establecido que “Sobretudo, el IROC nos proporciona el enorme y continuo beneficio de ser capaz de ver la más amplia visión del negocio”.

El IROC en Perth, cuenta con un sistema de flotas de gestión minera, control de trenes y sistemas de radio para comunicarse con los sitios remotos. Así, es posible controlar la cadena de suministro total, en tiempo real y desde un solo lugar, permitiendo tomar decisiones correctas para todo el negocio productivo.

A través del IROC, además, es posible optimizar los procesos, evaluar riesgos, tomar precauciones y prepararse para eventuales contingencias. En términos generales la sala de control del IROC es bastante similar a la propuesta por Rio Tinto, sin embargo, la organización es distinta. El área de planificación integrada tiene menos influencia y su función principal es coordinar las actividades de diversas minas, más que ser un mismo sistema productivo para todas. Ambos centros coinciden en el largo periodo de implementación, el cual incluyó una reestructuración organizacional profunda, además de modificar procesos y sistemas de información en sus unidades de negocios.

6.3.3 Codelco

Dentro de sus operaciones Codelco cuenta con Centros Integrados de Operaciones (CIOs), los cuales han sido implementados en las Divisiones El Teniente, Andina y Ministro Hales. A través de estos CIOs es posible gestionar de forma remota distintas operaciones del proceso productivo, ayudando a la toma de decisiones mediante plataformas tecnológicas focalizadas en la optimización de estos procesos con énfasis en la continuidad operacional.

De igual forma, el proyecto Chuquicamata Subterráneo considera en su operación la utilización de una plataforma de gestión operacional ubicada en el edificio del Centro Integrado de Operación y Gestión (CIOG), ubicado en el barrio industrial en superficie. Desde allí, será posible operar, supervisar y gestionar todos los sistemas relacionados con la explotación de la Mina Chuquicamata Subterránea. Dentro de estas dependencias se encontrará el centro de operaciones, donde se podrá realizar la respectiva gestión de flotas y la operación de carga asistida de LHD semi-autónomos y de picado tele-comandado.

Pese a que se han implementado centros integrados de operaciones en distintas faenas a lo largo de Chile, estos no han sido del todo exitosos, en relación al potencial valor alcanzado, puesto que estos son utilizados muy por debajo de sus capacidades de diseño (Ruiz, 2016).

6.3.4 Hancock Prospecting

Hancock Prospecting tiene dentro de sus proyectos a Roy Hill, el cual es un proyecto de extracción de mineral de hierro con una capacidad de procesamiento de 55 Mtpa. Se ubica a 115 kilómetros al norte de Newman, región de Pilbara en Australia occidental. El proyecto considera una mina a rajo abierto, chancado y transporte, planta procesadora, ferrocarril para carga pesada (344 km) y un edificio portuario en Port Hedland.

Dentro de los alcances del proyecto se tiene un Centro Integrado de Operaciones Remotas (ROC), el cual se encuentra en Perth. A diferencia del caso Rio Tinto y BHP Billiton, este centro integrado

es parte del proyecto completo desde sus inicios, por lo que los procesos y sistemas no tendrán que pasar por procesos de adaptación y transformación.

6.3.5 Santos Ltda

Con más de 50 años suministrando gas natural en el este de Australia, Santos Ltda. dentro de sus instalaciones cuenta con 10 estaciones de compresión, más de 1.000 pozos y concentradores regionales de control, los cuales producen gas natural cubriendo un área de varios cientos de kilómetros cuadrados.

Desde el 2010 Santos Ltda. diseñó y desarrolló un Centro de Control Primario (PCC), cuya construcción fue finalizada en el 2013. El PPC constituye una parte del Centro de Operaciones de Brisbane (BOC), mediante este se facilitará el abastecimiento del proyecto de gas natural Gladstone, el cual es un megaproyecto entre Santos Ltda, Petronas, Total y Kogas, logrando así aumentar el número de pozos de Santos Ltda. en la región oeste de Brisbane en aproximadamente 6.000 pozos durante la vida del proyecto. El PCC consiste en tres estaciones con capacidad de reserva, cuatro centros de trabajo para labores en conjunto, dos centros de trabajo para proyectos de pozos y mantenimiento, dos salas virtuales para brindar apoyo frente a eventos a través de video conferencias y una oficina en la ciudad de Roma.

El PPC cuenta con conexión 24/7 en tiempo real entre la oficina central de Santos Ltda y sus campos de gas. En el BOC se pueden encontrar 90 pantallas táctiles, 6 salas de videoconferencias simultáneas y más de 30 kilómetros de cableado. El BOC permite determinar donde es necesario realizar trabajos de mantenimiento o de infraestructura, detectando problemas en forma temprana y monitoreando en tiempo real los procesos, siendo posible enviar equipos directamente al sector a realizar actividades de mantenimiento correctiva o preventiva, o actividades de construcción. La empresa ha sido capaz de mejorar la seguridad y reducir al mínimo el impacto en la comunidad, disminuyendo el tráfico, requerimientos de vehículos y número de personas trabajado en terreno.

6.3.6 I2Mine

I2Mine es un proyecto compuesto por más de 25 empresas relacionadas con la industria minera de Europa, pudiendo encontrar empresas proveedoras de tecnologías, compañías mineras, institutos de investigación e innovación, consultoras, entre otros.

El fin de la alianza es desarrollar el concepto de minería subterránea inteligente del futuro, ser invisible e impacto cero. El planteamiento de I2Mine está constituido por tres sistemas diferenciadores:

1. **Sala de control:** En sus dependencias se recibe la información proveniente de las distintas operaciones, permitiendo el control y ajuste de la operación completa. El uso de sensores y cámaras permite el control de un sistema integrado completo, pudiendo ser manipulado y controlado desde la sala de control o del lugar que se estime necesario.
2. **Excavación mecánica continua:** Un tema crucial, en cuanto a automatización, es el flujo continuo. Es por esto que los procesos continuos son claves en la minería del futuro, por lo durante la explotación la operación será mecánica continua.
3. **Concentración previa:** El material estéril será separado bajo tierra, disminuyendo el consumo de energía utilizado en transporte, además del impacto ambiental en superficie.

La nueva minería que se está realizando en Europa utiliza en sus operaciones y procesos tecnologías de punta, permitiendo así, desarrollar una operación sustentable y eficiente en el largo plazo. Dentro de las tecnologías en desarrollo se pueden encontrar:

- Sistema integrado de gestión a lo largo de toda la cadena de valor, incorporando toma de decisiones, operación, rendimientos, riesgos y, análisis de costos y mantenimiento, los cuales se basan en datos en tiempo real. Con esto se pretende aumentar en un 20% la producción manteniendo el parque de equipos, disminuyendo además el consumo de energía en un 10%.
- Sistema logístico basado en la gestión de flujo de masa a través de todo el proceso de producción. Se estima un ahorro de costos entre 25 y 40% por equipo/maquina subterránea.
- Nueva metodología para el monitoreo de la eficiencia energética. Se estima un aumento de un 20% en cuanto a la utilización de equipos y productividad de estos.

Por otra parte, para el año 2030, I2Mine tiene como objetivos completar la automatización de los procesos productivos, sin presencia de operarios, reduciendo la tasa de accidente a prácticamente cero; disminuir la emisión de contaminantes de operaciones, reducción en un 30% de CO2 emitido, y 30% menos en desechos a depositar; disminuir en más del 30% de pérdidas de mineral; y disminuir en más de 30% el gasto en energía.

6.4 Control de procesos

Una de las características de las obras de construcción, es la gran cantidad de participantes y empresas operando en un área común. Esto se enfatiza en construcciones desarrolladas en minería subterránea, considerando la dificultad en las comunicaciones para poder coordinar las distintas tareas durante los turnos de trabajo.

El principal objetivo y desafío que tienen estas labores es conseguir que las actividades llevadas a cabo por las empresas contratistas cumplan los compromisos y metas de seguridad y de productividad establecidas en los distintos proyectos, siendo necesario realizar una adecuada gestión en la logística de recursos debido a evacuaciones de contingencias, interferencias entre actividades, requerimientos de servicios (agua, energía, drenaje, ventilación), evacuación de minas, entre otros factores que impactan la productividad y los resultados esperados.

El control es una de las etapas fundamentales en la administración y gestión de procesos. Pese a que una empresa tenga la mejor planificación, una adecuada estructura organizacional y una dirección eficiente, no será posible verificar la situación real de la empresa si no existe un protocolo o mecanismo que se cerciore y documente que lo realizado va acorde con los objetivos propuestos.

El concepto de control es bastante general, y usualmente se utiliza en las faenas y organizaciones para evaluar el desempeño frente a un plan estratégico. Algunos conceptos que se deben tener claro son:

- **Relación con los objetivos planteados:** Siempre se debe verificar el logro de los objetivos que se establecen en la planificación.
- **Medición:** Si se quiere controlar alguno proceso, será necesario medir y cuantificar los resultados.
- **Variabilidad:** Al controlar será posible detectar desviaciones, pudiendo observar las diferencias entre la ejecución y la planificación.

- **Medidas correctivas:** El objetivo final del control es poder prever y corregir errores.

6.4.1 Requisitos para un buen control

Lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar. Es por esto que el control es clave para hallar oportunidades de mejoras. Los requisitos para realizar un buen control son (Aliaga ,2010):

- **Corrección de fallas y errores:** El control debe ser capaz de detectar e identificar errores de planificación, organización, dirección y/o ejecución.
- **Previsión de fallas o errores futuros:** Al poder identificar los errores actuales, será posible mediante el control prevenir errores futuros.

6.4.2 Controlar es clave

Una de las razones fundamentales por la cual el control es indispensable es porque hasta el mejor plan puede desviarse. El control se emplea para (Aliaga ,2010):

- **Mejorar la calidad:** Al detectar y corregir las fallas y errores de los procesos, se intenta que no se repitan en un futuro o lograr anticiparse a estos.
- **Respuesta al cambio:** Debido a que los mercados cambian, la competencia aumenta ofreciendo nuevos y mejores productos, servicios, materiales y tecnologías, además se aprueban o caducan reglamentos gubernamentales, por lo que mediante el control de procesos las empresas pueden responder frente a las amenazas u oportunidades creadas por los factores mencionados, detectando que es lo que está afectando a los entregables de su organización.
- **Ciclos más rápidos:** Mediante el control es posible acelerar los ciclos de desarrollo y la entrega de productos y servicios a los clientes. Al corregir errores, los ciclos y metodologías de trabajo mejoran continuamente
- **Agregar valor:** Al mejorar los tiempos de ciclos y entrega de productos se obtiene una ventaja competitiva, agregando valor a la organización. El experto en administración japonesa Kenichi Ohmae explica que el principal objetivo de una organización debería ser agregar valor a sus productos y servicios, logrando así las preferencias de la clientela. Generalmente el valor agregado corresponde a una calidad por sobre lo logrado aplicando procedimientos de control.
- **Facilitar delegación de funciones y trabajo en equipo:** Hoy en día la tendencia de las organizaciones se focaliza en la administración participativa, delegando autoridad y fomentando el trabajo en equipo. Logrando con el proceso de control monitorear el avance y trabajo de los empleados, sin entorpecer su creatividad y su participación en el trabajo.

6.4.3 Elementos de control

El control es un proceso cíclico y repetitivo, se pueden identificar cuatro elementos fundamentales.

1. **Definición de estándares:** Corresponde a la primera etapa de control donde se establecen las bases, estándares y criterios de evaluación y comparación. Existen cuatro tipos de estándares:
 - a. Estándar de cantidad: Asociado a volúmenes de producción, cantidad de existencias, cantidad de materias primas, números de horas, etc.

- b. Estándar de calidad: Asociado a control de materia prima recibida, control de calidad de producción, calidad del producto final, entre otros.
 - c. Estándar de tiempo: Asociado a tiempos estándares para producir un determinado producto o servicio, tiempo medio de existencia de un determinado producto, entre otros.
 - d. Estándar de costos: Asociado a costos de producción, costos de administración, costos de ventas, entre otros.
2. **Evaluación de desempeño:** Tiene como finalidad evaluar lo que se está realizando y a quienes realizan las actividades.
 3. **Comparación de desempeño con estándar establecido:** Esta etapa tiene como objetivo comparar el desempeño medido con el que fue establecido como estándar, pudiendo así, verificar y observar la variabilidad de los procesos, además de errores y fallas en comparación al desempeño esperado.
 4. **Acciones correctivas:** Busca corregir el desempeño con el fin acercarlo y adecuarlo al estándar esperado. Se aplican medidas de corrección y adecuación de alguna variación en relación al estándar esperado, informando a los respectivos encargados del proceso o área para tomar las decisiones pertinentes.

6.5 Aspectos generales

El primer paso para realizar el diseño de un proyecto de este tipo es el levantamiento y diagnóstico de la situación actual y de lo esperado al implementar el CIOBM en cuanto a aspectos estratégicos, de procesos, tecnológicos, de gestión humana, arquitectónicos y ergonómicos.

- **Disposición física:** En la actualidad no se cuenta con una sala de control con monitoreo y control local de procesos, equipos y personal. Se busca contar con un solo Centro Integrado de Obras Mina con el cual poder realizar gestión sobre la cadena total de valor, este debe estar en una ubicación estratégica, de preferencia fuera de la faena.
- **Alcance de procesos:** La sala de control debe abarcar la mayoría de los procesos productivos, de no ser así, los más relevantes. El CIOBM permite tener visión, control y gestión sobre los procesos, incorporando mantenimiento, logística y planificación a corto plazo.
- **Recursos humanos:** La planificación diaria de las tareas es realizada por el Jefe de Turno, quien en base a su experiencia distribuye los recursos y asigna las labores diarias a las cuadrillas de trabajo. Al implementar el CIOBM será necesario definir los perfiles de puestos en base a competencias y habilidades.
- **Arquitectura y ergonómica:** La sala de control debe cumplir con los estándares mínimo de espacios, ventilación, disposición de equipos y pantalla; sillas y escritorios adecuados para el tipo de trabajo a desarrollar. Se debe contar con un ambiente aislado e ruidos y polvo.
- **Tecnologías de información, comunicaciones y automatización:** Se debe contar una red de datos exclusiva para el CIOBM, tolerante a fallas. Además de realizar las respectivas mantenciones y control de redes y tecnológicas.
- **KPI's:** Los KPI's obtenidos deben ser integrales para la cadena de valor, y en función de los objetivos estratégicos de la GOBM, teniendo una visión de conjunto.
- **Toma de decisiones:** En la actualidad es bajo el poder de decisión que tienen los operadores, los cuales deben consultar permanentemente a sus supervisores. Con la implementación del CIOBM, los operadores tendrán cierto poder acotado de decisión. La

toma de decisiones tendrá un escalamiento protocolizado, siendo el encargado del CIOBM quien tendrá el mayor poder de decisión.

Hecho esto, y para abordar la etapa de diseño se deben responder las siguientes preguntas según 7 tópicos.

- **Enfoque estratégico:** ¿Cuál es el enfoque estratégico del CIOBM? ¿Cuáles son los lineamientos de CODELCO, DET y la GOBM que deben plasmarse en el CIO? ¿Cuáles son los KPI a medir? ¿Qué experiencias, tanto exitosas como no exitosas existen en la industria?
- **Diseño de procesos:** ¿Cuáles son los procesos de la GOBM que serán controlados con el CIOBM?
- **Arquitectura tecnológica:** ¿Cuáles son los requerimientos tecnológicos de información, comunicación y automatización?
- **Arquitectura organizacional:** ¿Cuál es la organización requerida para el CIOBM? ¿Cómo se modifica la cadena de mando y la relación entre la sala de control y la operación en terreno? ¿Cómo se garantiza la toma de decisión?
- **Diseño arquitectónico y ergonómico:** ¿Cuáles son los principales criterios y estándares para el diseño arquitectónico y ergonómico? ¿Cuál es la normativa al respecto? ¿Cómo se relaciona la imagen corporativa con el CIOBM?
- **Beneficios y plan de implementación:** ¿Cuáles son los beneficios de la implementar el CIOBM? ¿Cuáles son los gastos de inversión, operación y mantenimiento requerida? ¿Cuál es la planificación de puesta en marcha?
- **Gestión de cambio:** ¿Cómo se asegura la correcta y exitosa implementación? ¿Qué se debe realizar la GOBM para comunicar, capacitar y controlar el cambio?

Los sistemas inteligentes de información y gestión en minería se han focalizados en operaciones a cielo abierto y operaciones de producción subterránea principalmente, en menor medida en obras de construcción en minera subterránea. Algunos ejemplos de Centros Integrados de Operación de Codelco, son los implementados en las Divisiones El Teniente, Andina y Ministro Hales, como se mencionó en la sección 6.3, además del CIO que se planean incorporar en el Nuevo Nivel Mina y Chuquicamata Subterránea, permitiendo que la toma de decisiones este apoyada en plataformas tecnológicas, las cuales están orientas en la optimización de estos procesos y la continuidad operacional.

La confiabilidad de las plataformas tecnológicas, la integración de estas y el cambio organizacional son los puntos claves para lograr la utilización e implementación de estos sistemas inteligentes de información y gestión.

6.6 Presente y futuro de la gestión

Las obras de preparación minera deben cumplir con la planificación diaria de obras, operando para su cumplimiento en coordinación con otras actividades. Las labores a realizar como los planes de emergencia frente a contingencias (accidentes, estallidos de roca, incendios) establecen el flujo de información, responsabilidades y coordinación a realizar frentes a estos eventos. La información generalmente se transmite a través de los sistemas de comunicación e infraestructura existe como lo son radio-comunicadores, teléfono o verbalmente

En contraste, un CIO se apoya de plataformas tecnológicas, las cuales integran la información capturada en línea, pudiendo así coordinar las distintas operaciones a su cargo. En vista de esta clara diferencia, se muestran los beneficios que se pueden obtener al contar con un Centro Integrado de Obras Minas en la Figura 26.

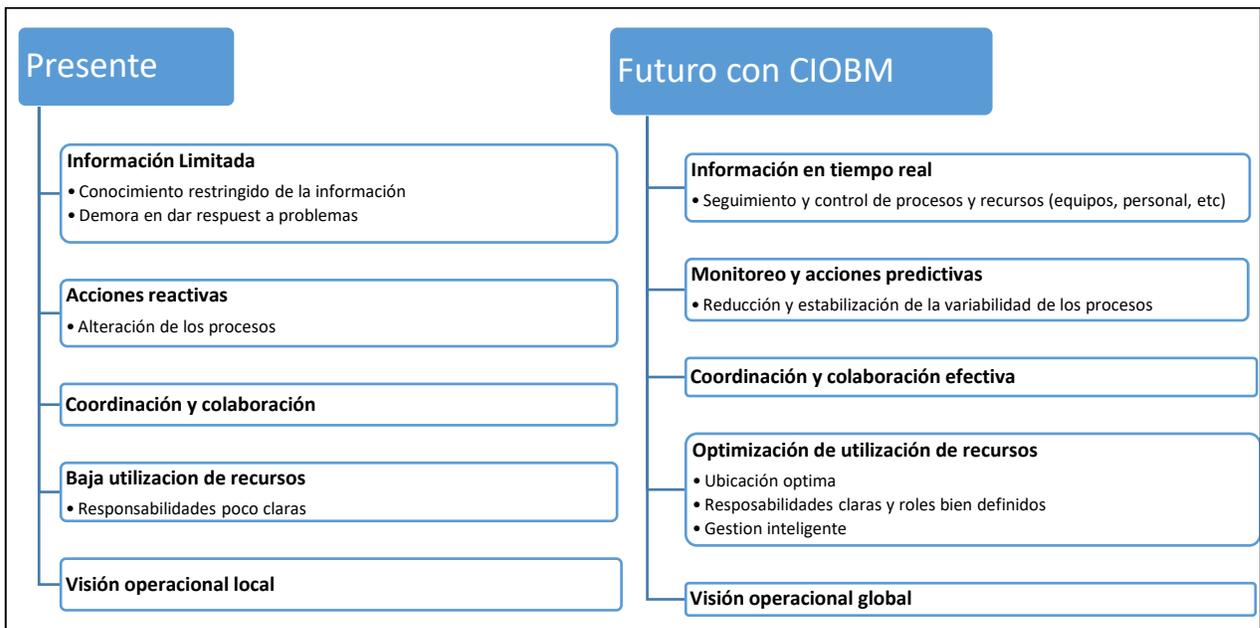


Figura 26 Presente versus situación futura con CIOBM.

El objetivo es optimizar la utilización de recursos durante el turno según lo planificado y agilizar las respuestas frente a contingencias de seguridad y/o contingencias operativas.

6.7 Diseño General del CIOBM

Si bien la finalidad entre un CIO y el CIOBM es prácticamente la misma, facilitar la toma de decisiones y gestión de recursos, se diferencian en que cada uno de estos se enfoca en operaciones diferentes. Mientras el CIO se enfoca en la producción, el CIOBM lo hace en las actividades de preparación minera, siendo la misma tecnología base la que permite integrar la información, para luego gestionar y tomar decisiones.

Al igual que los CIO's, la operación del CIOBM se llevará a cabo desde una sala de control donde los operadores recibirán la información de entrada de los procesos en conjunto con información proporcionada por las empresas contratistas, facilitando así las coordinaciones mediante radio comunicadores, señalética dinámica, teléfonos inteligentes, correos electrónicos, entre otros. Para esto será necesario contar con personal clave en terreno, actuando como coordinadores de cada contrato y coordinadores de Codelco.

Mediante la captura de información en tiempo de real, se facilitará la toma de decisiones y coordinaciones diarias de las operaciones. Además, basándose en la información recopilada será posible generar reportes diarios de avance de operaciones; novedades principales; disponibilidad, utilización, estado y ubicación de equipos; tiempo en postura trabajando y que se agrega valor; productividad y rendimientos; cumplimientos de pautas de mantenimiento de equipos; interferencias y fallas operacionales; e información relevante para continuidad operacional, entre otras.

Así, las empresas contratistas contarán con información relevante al inicio (información de entrada) y durante la jornada de trabajo, pudiendo generar ellos mismos información relevante para el siguiente turno (información de salida). A modo de resumen se tiene la Tabla 17, donde se propone algunos indicadores claves a medir y controlar con la implementación del CIOBM, además de permitir crear una base de datos histórica otorgando trazabilidad a los proyectos de preparación minera de la GOBM.

Tabla 17 Aspectos a medir y controlar con CIOBM.

Obras	Estado de postura	Ubicación de cuadrillas en postura
	Estado de frente	Cumplimiento de tronaduras
	Condiciones de acceso y terreno	Productividad y rendimientos
	Avances y plan de tronaduras	Estado de gases
Equipos	Disponibilidad y rendimientos de equipos	Ubicación de equipos
	Estado de equipos	Tiempos efectivo de utilización
	Flota disponible	Tiempos de ciclos
Marinas	Disponibilidad de puntos de vaciado	Tonelaje transportado
Mantenciones	Pauta de mantenciones	Cumplimiento de pautas de mantención
	Fallas de equipos	Tiempos de duración de mantención
Interferencias	Contingencias	Registro y cuantificación de tiempos de interferencias
General	Fallas en sistema de control	Estado de servicios y/o facilidades
	Disponibilidad de accesos principales y estado de sismicidad	Alertas por emergencias y plan de evacuación

El modelo de negocio de DET y los constantes avances tecnológicos han permitido poder integrar, centralizar y automatizar distintas operaciones mineras. Hoy en día es posible tener una visión global de las operaciones productivas de DET mediante el CIO existente en el edificio 351 en Rancagua, llamado Plataforma de Operación del Centro de Inteligencia Integrado de Toma de Decisiones Mina (CIITM), donde se integran distintas operaciones a distancia y se integrarán las futuras operaciones PNNM en su fase de producción, esto se muestra en la Figura 27.

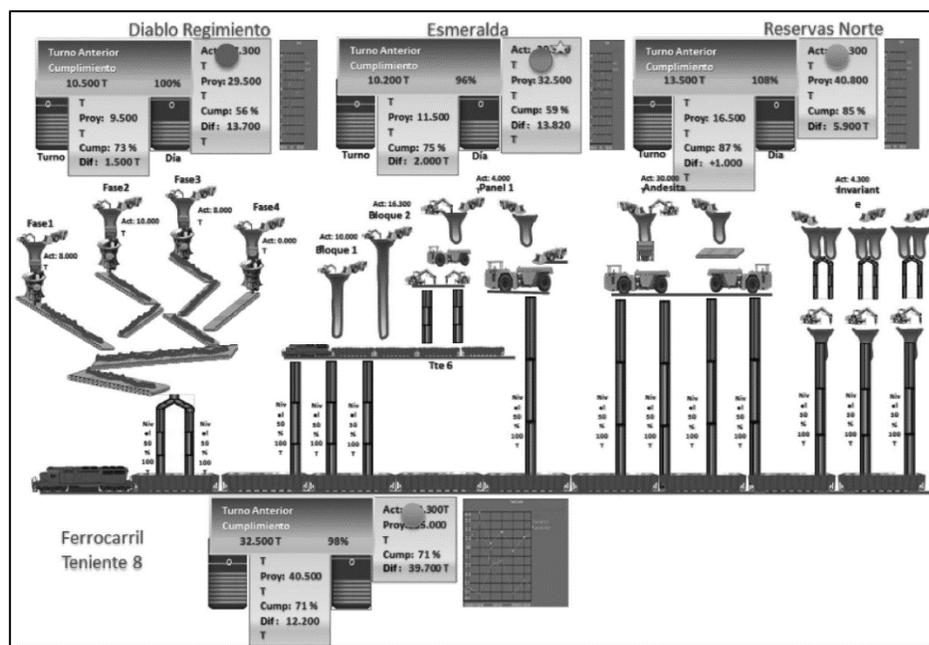


Figura 27 Esquema general de CIITM.

Así, es posible extrapolar estos avances tecnológicos a las obras de preparación o parte de ellas, puesto que es técnicamente factible, empleando los mismos sistemas de automatización y control, telecomunicaciones e información industrial implementados en las operaciones en producción.

Uno de los principales desafíos es estandarizar los sistemas de información, maximizando la compatibilidad, interconexión, interoperabilidad, interfuncionamiento, mantenibilidad, seguridad e integración de los diferentes sistemas involucrados. La estandarización tecnológica es un componente crítico en este tipo de proyectos.

Todos los sistemas de información a utilizar deben tener la capacidad de interconectarse⁸, interfuncionar⁹ e integrarse¹⁰ con todos los sistemas de la Red Integrada de Supervisión y Control (RISC) y Red Administrativa General (RAG), el cual corresponde al modelo de redes de DET y la corporación. La conectividad se realiza mediante interfaces del tipo Ethernet (ópticas, alámbrica e inalámbricas) con facilidades de calidad de servicio y protocolo TCP/IP en la conexión de extremo a extremo. En la Figura 28 se muestra un esquema de las tecnologías utilizadas en CIITM.

⁸ Son los enlaces físicos y/o lógicas de los sistemas o redes distintas que permiten intercambiar datos y el interfuncionamiento.

⁹ Sistemas y/o redes distintas que se encuentran comunicadas capaces de realizar una actividad o función común.

¹⁰ A nivel de aplicación o software corresponde al tipo de integración en la cual existe una plataforma o software capaz de tomar la información de distintas fuentes, entregando una interfaz única para todos los usuarios. A nivel de datos corresponde a bases de datos abiertas para el traspaso de datos-información entre distintos sistemas. A nivel de red corresponde a la transmisión de los datos e información de distintos sistemas TICA por un mismo medio de telecomunicación.

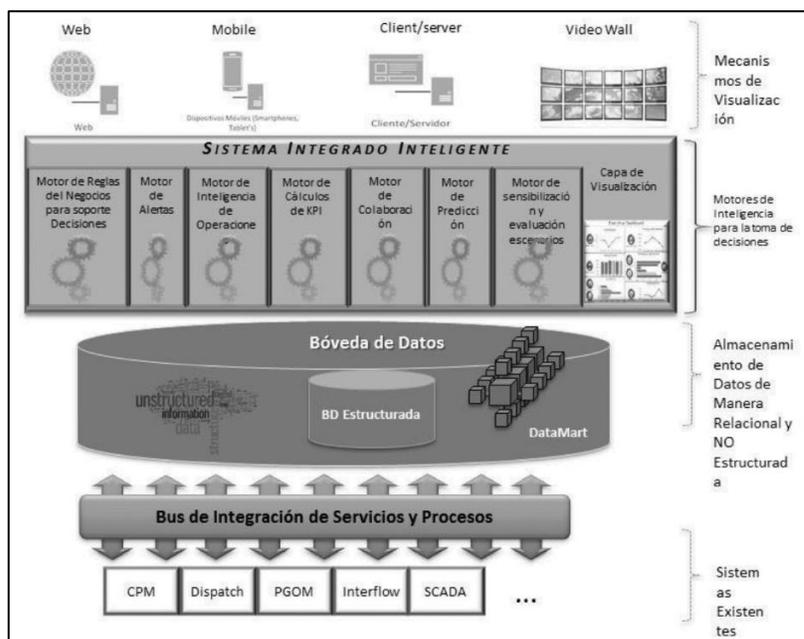


Figura 28 Plataforma tecnológica CIITM.

De modo general, para poder implementar el CIOBM es necesario contar con sistemas en terreno capaces de obtener información y datos, y enviarlos a los sistemas de almacenamiento; sistemas de almacenamiento capaces de guardar toda la información recopilada en terreno, creando y administrando una base de datos, la cual garantice la consistencia e integridad de los datos; plataformas de servicios que permita la integración de los componentes actuales y futuros de los procesos de obras de preparación minera; motores de inteligencia capaces de analizar e interpretar los datos obtenidos en terreno, dando alertas, obteniendo indicadores claves, facilitando la toma de decisiones y gestión de recursos, prediciendo eventos, etc.; y mecanismos de visualización o tableros de control, donde es posible observar de manera simple y en tiempo real aspectos claves de los distintos procesos.

Los sistemas de control utilizan tecnologías de Controladores Lógicos Programables (PLC)¹¹ y Sistemas de Control Distribuido (DCS)¹², dentro de sus características consideran la tolerancia a fallas, bases de datos abiertas con acceso total (propiedad de Codelco) y protocolos de comunicación abiertos.

En cuanto a los instrumentos y equipos a utilizar en terreno, estos deben ser definidos en base a tecnologías probadas tanto en la división como en otras faenas. Se deben tener en consideración los requerimientos y características de las obras de preparación minera.

¹¹ PLC o Controlador Lógico Programable son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.

¹² Los DCS trabajan con una sola Base de Datos integrada para todas las señales, variables, objetos gráficos, alarmas y eventos del sistema. En los DCS la herramienta de ingeniería para programar el sistema es sólo una y opera de forma centralizada para desarrollar la lógica de sus controladores o los objetos gráficos de la monitorización. Desde este puesto de ingeniería se cargan los programas de forma transparente a los equipos del sistema.

Si bien la infraestructura existente en DET, permite a los sistemas a utilizar en el CIOBM integrarse a estas plataformas tecnológicas, esto no debe ser necesariamente así, pudiendo estar la sala control apartada del CIITM.

6.7.1 Situación actual

En general, y como es recurrente en otras empresas, la mayoría de los problemas son generados por falta de comunicación y coordinación entre distintos procesos. Generalmente se identifican 3 problemas principales: débil predicción de falla de equipos, eventos relevantes no informados a tiempo, no cumplimiento de compromisos establecidos.

6.7.1.1 Débil predicción de fallas

Para poder llevar cabo esta actividad se debe analizar la tendencia y el comportamiento de los parámetros relacionados con el funcionamiento operacional de los equipos, con el fin de estimar la fecha en que se debe dar de baja un equipo, cambiar algún repuesto y realizar alguna mantención.

Este análisis no se realiza correctamente, muchas veces no se consideran las causas, fallas pasadas, condiciones de operación, etc., por lo que los equipos tienden a fallar más de lo planificado. Esto se debe a:

1. El registro de las fallas y de lo sucedido durante el turno es de manera manual, donde cada operador anota en su bitácora lo ocurrido durante su jornada de trabajo, sin ser esta información traspasada a una base de datos. Esto se hace así, pues toma menos tiempo anotar la información. No se cuenta con una base de datos para realizar los respectivos análisis.
2. Producto de lo anterior se realiza un deficiente análisis de información. Si bien cada empresa contratista deben llevar un registro de eventos, fallas e indicadores claves, y realizar los respectivos análisis, estos no se hacen con prolijidad. Hace falta un análisis en profundidad que integre toda la información disponible.
3. Dificultad de acceso a la información existente de los sistemas. Las plataformas existentes tienen baja utilización, en gran medida por el desconocimiento de los trabajadores, siendo muchas veces tediosa y lenta la captura de información, accediendo solo a parte de esta.
4. Sistemas de control poco o no integrados, cada subproceso tiene acceso a sus datos y no a la información general existente, dificultando la verificación de información u obtener en registros históricos.

6.7.1.2 Eventos relevantes no informados a tiempo

Se entiende por evento a cualquier falla producida en algún proceso o equipos, o cualquier detención que puedan afectar al proceso global o a otros procesos. Ocurrido algún evento, este en primer lugar debe ser evaluado y, dependiendo de la magnitud, se debe dar los respectivos avisos a otros procesos.

Este problema es causado principalmente por problemas de comunicación y colaboración entre procesos. Entre las principales causas se puede encontrar:

1. **Informalidad de las acciones:** No existe un protocolo establecido de la información clave que debe darse a conocer a cada uno de los procesos, ni cuándo debe ser enviada.
2. **Baja colaboración y comunicación entre operadores de diferentes procesos:** No existen instancias establecidas de interacción entre operadores.

3. **Falta de comunicación con las operaciones GMIN:** No existen protocolos establecidos para reportar información relevante entre gerencias. Al realizarse poco análisis de información, muchas veces la información entregada es en base a experiencia de los operadores bajo sus propios criterios.
4. **Cultura organizacional:** Al utilizar un enfoque burocrático-funcional, mediante el cual cada proceso opera de manera independiente, trae como consecuencias:
 - Poca coordinación entre procesos.
 - No existe un lenguaje común.
 - Los objetivos de los procesos no conversan entre sí.
 - Desviaciones entre lo planificado y lo realizado.Cada proceso se preocupa de su propio funcionamiento, sin preocuparse y tomar en cuenta a los otros procesos, ni de las actividades que estos realizarán una vez terminada sus labores.

6.7.1.3 No cumplimiento de compromisos establecidos

Para poder cumplir las metas de incorporación de área, cada proceso genera compromisos, por ejemplo, extraer marinas, entregar a tiempo puntos de extracción, puntos de vaciado, sistemas de traspasos, suministros eléctricos, etc., sin embargo, estos no siempre se cumplen, generando conflictos entre procesos. Dentro de las causas se encuentra:

1. **Reuniones poco frecuentes entre procesos:** No se realizan o se realizan muy pocas reuniones entre procesos.
2. **Baja colaboración y coordinación entre procesos:** De igual forma como se mencionó anteriormente, no existe una cultura de colaboración, comunicación y coordinación entre los procesos, puesto que no se ve el proceso como una cadena de valor, sino que como silos aislados, donde cada uno se preocupa por sus propios intereses.

6.7.1.4 Diagnóstico

En base a lo anterior se puede tener un diagnóstico general de la situación actual, el cual se resume en los siguientes tópicos.

6.7.1.4.1 Baja colaboración entre procesos

Existe muy poca y deficiente interacción entre procesos, lo que produce problemas y dificultades en el cumplimiento de los objetivos particulares de cada proceso y en el objetivo general del proceso global. Se debe:

- Evaluar cada proceso en base al resultado global, y no solo en base a los resultados de cada uno de ellos.
- Generar reuniones periódicas entre procesos, con el fin de que estos interactúen e intercambien opiniones acerca de cómo se están llevando a cabo las operaciones, como mejorarlas, como actuar frente a eventos críticos, etc.

6.7.1.4.2 Deficiente análisis de información

En vista de la poca información disponible y de los pocos datos que se capturan de los distintos sistemas, resulta dificultoso realizar análisis de información. Se debe:

- Crear una base de datos donde se introduzca toda la información clave y relevante del turno, quedando toda esta almacenada y a disposición para análisis.

- Contar con base de datos y acceso a estas de manera sencilla, facilitando el trabajo de análisis y hacerlo más expedito.
- Contar con ingenieros a cargo de realizar esta tarea para cada uno de los procesos.
- Instar y generar la comunicación entre los operadores y los ingenieros que controlan los procesos, con el fin de que todos comprendan e interioricen las causas y consecuencias de su trabajo.
- Coordinar y establecer reuniones cotidianas entre todos los ingenieros a cargo del control y análisis de los procesos, para que estos compartan sus conclusiones y observaciones.

6.7.1.4.3 Comunicación entre operadores

En la actualidad es escasa la comunicación existente entre operadores de distintos procesos, generando poco compromiso entre estos. Se debe:

- Generar vínculo de confianza entre operadores y procesos, mejorando la comunicación entre estos, dando aviso entre ellos de cualquier evento relevante lo más rápido posible.
- Interiorizar en los operadores que deben velar por el cumplimiento de todo el proceso productivo, y no solo de su proceso, con el fin de cumplir las metas generales y no solo las metas de su proceso particular.

6.7.1.4.4 Baja supervisión, monitoreo y control en tiempo real

No existe una sala de control desde donde se supervise toda la cadena de valor en la actualidad, la supervisión de las obras se realiza mediante la experiencia de las jefaturas y las decisiones diarias que se estimen convenientes. Se debe:

- Supervisar el cumplimiento del reglamento.
- Supervisar productividad, rendimientos y cumplimiento de metas, además de realizar análisis de rendimiento de operadores.
- Realizar mantenciones y cumplir con las pautas de mantención.
- Realizar reportes de eventos importantes ocurridos, con el fin de poder anticiparse a errores o fallas.
- Revisar desviaciones y variabilidad de procesos, buscando la causalidad de esto.
- Contar un sistema inteligente e integrado de supervisión monitoreo y control.

6.7.2 Dirección de cambio

Corresponde a línea de acción a seguir con la propuesta de diseño del Centro Integrado de Obras Minas a realizar. Su foco es identificar los cambios entre la situación actual y la situación con la implementación de la propuesta. Así, se puede identificar la dirección de cambio en los siguientes tópicos:

- **Colaboración entre áreas:** Tiene como fin optimizar el proceso global de las obras de preparación minera, mejorando rendimientos operacionales y cumpliendo metas planificadas. Para esto es necesario incentivar la colaboración entre las distintas áreas a lo largo de la cadena productiva integrando todos los procesos, siendo cliente y proveedor de otros procesos.
- **Supervisión, monitoreo y control:** La finalidad es supervisar en mayor profundidad los procesos, estableciendo qué y cómo se reporta la información, definiendo estrategias y bases para la correcta toma de decisiones por parte de los operadores de la sala de control.

- **Análisis integrado:** Consiste en analizar los procesos en términos del proceso global en lugar de áreas aisladas, logrando cooperación mutua. El análisis debe considerar condiciones, restricciones y aspectos relevantes de cada proceso involucrado.
- **Cooperación entre agentes de una misma área:** El objetivo es fomentar la colaboración entre los distintos grupos de trabajo de un área y entre los mismos trabajadores de un mismo grupo de trabajo, logrando potenciarse entre ellos mismo, pudiendo así obtener mejores resultados y quedar conforme con los trabajos realizados.
- **Incentivos y reajuste de prácticas:** Definir e implementar incentivos que promuevan las conductas de colaboración y cumplimiento de compromisos, dejando en claro las “reglas del juego” desde un comienzo. Además, llevar a cabo actividades cuyo fin sea el cambio cultural de la organización, donde todos se sientan partícipes de los buenos resultados y apunten al mismo objetivo.
- **Mejora de las condiciones de trabajo:** Establecer las condiciones óptimas y legales para poder desarrollar los respectivos trabajos de los operadores, de acuerdo al D.S 594 y D.S 132.
- **Implementación y mejoramiento de tecnología:** El soporte tecnológico debe enfocarse en la integración de los procesos, la representación gráfica de indicadores claves del negocio, facilitar la toma de decisiones en tiempo real y, el almacenamiento y análisis de datos.

6.7.3 Propuesta de diseño

En base al análisis de la situación actual y a las direcciones de cambio definidas, la propuesta de diseño es detallada a continuación, la cual se basa en los siguientes elementos claves.

1. **Sistema integrador y unificador de información de los distintos subsistemas de control:** Es necesario adquirir o desarrollar un software con la capacidad de recolectar y almacenar datos e indicadores relevantes de los distintos procesos y subsistemas de control, donde todos los operadores puedan acceder y visualizarlos, sin importar el lugar físico, las circunstancias y condiciones en las que se encuentre, favoreciendo el análisis integrado de la información levantada.
2. **Estructura y cultura organizacional que respalde la integración:** es necesario adquirir un esquema organizacional, el cual otorgue autoridad, respaldo y credibilidad al control de procesos, logrando así asegurar la continuidad y el éxito del CIOBM.

La propuesta de diseño del monitoreo y control de los procesos asociados a la preparación minera se describe a continuación.

6.7.3.1 Integración de los sistemas

6.7.3.1.1 Software de integración de datos

Es necesario desarrollar o adquirir tecnologías que tengan la capacidad de interconectar e integrar la información de los distintos procesos, ya sea de planificación, operación y, de monitoreo y control, dando paso y habilitando la gestión de los procesos operacionales en tiempo real y aumentando la capacidad predictiva, los cuales son factores claves para la toma de decisiones en tiempo oportuno y de mayor calidad. En relación a esto, las tecnologías necesarias son:

- **Servidor central:** Todas las aplicaciones y sistemas deben utilizar un servidor central. Para esto se debe tener acceso remoto al servidor central, es decir, acceso a la red de área local

de la mina donde operara el CIOBM, además de tener acceso a las direcciones IP de la red del servidor central y de la infraestructura del CIOBM. Se recomienda el uso de máquinas virtuales para la ejecución del servidor, puesto que estas son más eficientes y rentables en cuanto al despliegue de sistemas, sin necesidad de espacio físico en la sala de servidores.

- **Niveles de la mina:** Relacionado al punto anterior, es necesario contar con los niveles de la mina en el servidor central, los cuales son entregados por Codelco en un formato compatible. Una vez cargados estos, los usuarios podrán conectarse al sistema
- **Sistemas de control:** Tienen como objetivo facilitar una plataforma de automatización con capacidad de conectividad, creando un sistema flexible, integrado y colaborativo. Debe poseer aplicaciones y mecanismos para obtener toda la información disponible y entregarla al personal de control. Además, debe:
 - Promover la colaboración a través de sistemas y aplicaciones integrados.
 - Mejorar productividad y eficiencia de operadores mediante el uso de información integrada.
 - Contar con un control de recursos, como lo son la energía, el agua y la ventilación, con el fin de lograr mayor eficiencia y reducir costos. A su vez, se debe contar con un sistema de gestión de materiales, insumos, repuestos, y en general, de cualquier necesidad de servicios y suministros programada, favoreciendo la continuidad operacional.
- **Sistema de comunicaciones:** La comunicación es uno de los aspectos claves para lograr el correcto funcionamiento del CIOBM. Es necesario contar con un sistema adecuado de fibra óptica, red datos, voz y video.
- **Sistema cerrado de televisión y cámaras:** Se debe contar con un sistema de televisión, por el cual se podrá monitorear equipos, rutas, frentes y labores.

Una vez seleccionados los softwares, será posible acceder a los indicadores relevantes para el control de los procesos, permitiendo el posterior análisis de información en forma integrada. Se deben considerar las variables, condiciones y restricciones influyentes en el funcionamiento de cada proceso. En la actualidad el análisis realizado es independiente para cada actividad, por lo cual no es posible incorporar todos los factores que afectan en el funcionamiento óptimo del proceso.

Otro punto relevante es la transición del control actual a un control global del proceso, el cual integre toda la información disponible y mejore la toma de decisiones en tiempo real, evitando el control de procesos aislado y enfocado en objetivos individuales. Es de suma importancia que el control realizado considere todos los factores claves para lograr los objetivos planificados, anticipando cualquier tipo de problema que pueda causar una detención no programada o errores que afecten a la continuidad operacional de los procesos. Se recomienda:

1. **Almacenar y generar reportes en el sistema:** Los operadores deberán registrar todos los eventos relevantes en el sistema.
2. **Analizar reportes generados:** Cada supervisor tendrá disponible los reportes de los eventos relevantes ocurridos durante los turnos de control de los operadores en la sala de control, por lo cual, deberán analizar tales reportes con la finalidad de detectar patrones, causas, predecir eventos, etc.
3. **Cargo de analista de proceso:** Se deberá contar con un analista de cada proceso para que analice la información obtenida, el cual supervise el área, trabajando en conjunto con los supervisores y otros analistas.

4. **Capacitación de operadores:** Un aspecto relevante es que cada operador conozca y maneje perfectamente el sistema, pudiendo realizar un control eficiente de los procesos, además de otorgarles mayores responsabilidades que solo el control del mismo, como ejemplo que puedan registrar y analizar la variabilidad del proceso, compararla con los estándares establecidos, detectar alguna anomalía, logrando predecir y evitar a tiempo alguna detención o problema a futuro.
5. **Gestionar íntegramente la cadena de valor:** Controlar, administrar y tomar decisiones sobre la cadena de valor global, privilegiando la maximización de la agregación de valor para el negocio integral de la preparación minera, en vez de solo beneficiar a los procesos individualmente.
6. **Monitoreo y control de operaciones:** En vez de solo monitorear resultados finales, se debe controlar y monitorear de manera íntegra los procesos y elementos claves que repercuten en estos resultados. Esto implica enfocarse no solo en labor realizada (el qué), sino también en los distintos factores que afectan en el cumplimiento de la labor (el cómo), pudiendo orientar el comportamiento de los trabajadores y de la organización hacia los objetivos globales del negocio, cumpliendo cada uno de los compromisos establecidos.

6.7.3.1.2 Estructura y cultura organizacional

Para poder lograr lo descrito anteriormente es necesario cambiar la estructura organizacional actual, logrando una mayor colaboración y coordinación entre cada uno de los agentes involucrados en los procesos.

Como se mencionó en apartados anteriores, no existe una completa colaboración entre los distintos procesos, es por esto, que parte de la propuesta del CIOBM se focaliza en mejorar las relaciones y vínculos de confianza entre los trabajadores. Logrando así, al momento de desempeñar sus funciones, todos vayan en busca del mismo objetivo y un buen trabajo en equipo.

Una de las implicancias de que no exista una buena colaboración entre los operadores es que se les dificulta el acceso a la información necesaria para poder lograr un control y trabajo eficiente, lo cual se refleja en constantes fallas, problemas y detenciones de operaciones.

En cuanto a la cultura organizacional los aspectos a corregir son:

1. **Visión íntegra del proceso productivo:** En primer lugar, se debe definir la visión integrada del proceso, privilegiando la incorporación de área. De manera conceptual, cualquiera operación se planifica, ejecuta, controla, abastece y mejora acorde a pautas, criterios, restricciones, procedimientos, indicadores, sistemas y dispositivos permitiendo interconectar la relación entre estos.

La visión del proceso productivo está enfocada en el proceso productivo general, alineada con las estrategias de la organización y las nuevas tecnologías, de forma de asegurar la continuidad operacional.

2. **Enfoque de cultura organizacional:** Se requiere cambiar el enfoque a uno basado en los procesos, esto quiere decir que:
 - Provee mecanismos explícitos y diseñados entre las áreas.
 - Alta flexibilidad.
 - Foco en el proceso global, como un todo.
 - Decisiones en conjunto.

- Empoderamiento de operadores que ejecutan actividades operativas.
- Actividades se vuelven controlables y predecibles en cuanto a tiempo, costos, etc.
- Es posible incorporar mejores prácticas.
- Lenguaje común entre áreas funcionales.

Este tipo de enfoque logra una coordinación explícita entre las distintas áreas para cumplir con los objetivos establecidos, a diferencia del enfoque burocrático-funcional, el cual cada área se maneja de forma independiente.

Así, es posible tener una visión integrada del proceso, donde cada proceso es cliente del proceso anterior y proveedor del siguiente, cumpliendo con compromisos de cantidad y calidad.

Otro aspecto relevante es la cultura de colaboración y coordinación, la cual se logra mediante la visión integrada y por tener objetivos comunes. Al encontrarse los operadores en el mismo espacio físico, será posible debatir directamente cada aspecto del control de todo el proceso productivo. Además, de tener una estrategia común de operación, operando bajo las mismas condiciones y reglas.

Es necesario asegurar la colaboración entre los operadores de la sala de control del CIOBM y de los operadores de terreno, explicándoles a estos últimos que, pese a que sus colegas se encuentran a grandes distancias de la faena, cuentan con mayor información. Siendo ambos igual de importantes y necesarios para poder mantener el funcionamiento óptimo del proceso.

Por otra parte, se debe contar con un sistema o protocolo formal de comunicación, mediante el cual se estandarice el procedimiento ante situaciones específicas. Será necesario definir situaciones de contingencia y emergencia donde se necesite el apoyo de cada uno de los procesos involucrados, con el fin de lograr los objetivos y/o superar estos eventos.

3. **Compromisos mutuos:** Con el fin de generar compromisos mutuos es necesario realizar reuniones frecuentemente, al menos una vez al mes, con cada uno de los procesos, con la finalidad de generar compromisos y responsabilidades entre estos para el cumplimiento de las distintas metas. Se generarán procedimientos estableciendo a los responsables de las actividades y compromisos adquiridos, además de las medidas a tomar en casos críticos o de emergencia. Los compromisos deben ser conocidos por todos, respetados y a libre disposición entre cada uno de los procesos, de manera de que todo se desarrolle de la manera más transparente posible.

Sera necesario crear un instrumento dentro de la organización que fiscalice y genere las reuniones y procedimientos referentes a los compromisos adquiridos

4. **Incentivos y reconocimientos:** Reconocer cuando los operadores hayan realizado bien sus respectivos trabajos, haciéndoselo saber personalmente e incentivándolo a continuar de la misma forma y contagiando a sus compañeros a desempeñarse de igual manera.

Por su parte, con la estructura organizacional se debe:

1. **Asignar a un supervisor para cada subprocesso:** Será necesario nombrar como supervisor a un ingeniero del área de Ingeniería y Control de Procesos para cada uno de los subprocessos, es decir uno para las obras mineras y otro para las obras civiles, además uno destinado a abastecimiento. Estos deben realizar su trabajo desde el CIOBM, contando con toda la información necesaria.
2. **Reuniones diarias de supervisores:** Al comenzar el día todos los supervisores deben reunirse con el fin de compartir ideas, análisis, predicciones y sugerencias en cuanto al

lineamiento estratégico operacional común para todos, el cual debe ser compartido a sus respectivos operadores.

3. **Reuniones diarias entre supervisores y operadores:** Al igual que el punto anterior, cada día los supervisores deben comunicarles a los operadores las estrategias de operación a seguir, entregando la información respectiva y clave de sus análisis para ayudarlos a anticiparse y corregir desviaciones o posibles errores.
4. **Protocolos:** Se deben definir los protocolos que estimulen la colaboración y cumplimiento de compromisos, algunos de estos son:
 - Reunión diaria entre ingenieros analistas de cada proceso.
 - Interacción frecuente entre operadores de distintos procesos en la sala de control, comunicar oportunamente cualquier evento, y establecer cuál es la información clave que debe darse a conocer entre ellos o que deban incorporar en sus respectivos sistemas de control.
 - Operadores de terreno operarán según lo decidido en la sala de control del CIOBM.
 - Cada operador del CIOBM debe reportar al respectivo supervisor (Ingeniero de Análisis y Control) del proceso.
5. **Cargos del CIOBM bien definidos:** Los operadores de la sala de control del CIOBM estimados, los cuales operaran desde este, serian:
 - 1 Operador de obras mineras
 - 2 Operadores de obras civiles
 - 1 Supervisor de obras mineras
 - 1 Supervisor de obras civiles
 - 1 Supervisor de suministros
 - 2 Jefes de análisis y control, el cual coordinará con jefes de operaciones.

Las labores de cada uno de los operadores son las siguientes:

- Controlar y monitorear sus procesos, siendo la incorporación de área su principal objetivo. Será necesario proyectar en una ubicación estratégica, a vista de todos los operadores, los indicadores principales del proceso global y la variabilidad de estos.
- Seguimiento en tiempo real del cumplimiento de la planificación diaria.
- Reportar eventos y como estos se controlaron para lograr el cumplimiento de las metas diarias.
- Determinar anomalías y sus causas, siendo lo óptimo la anticipación a estas.
- Reporte de novedades a su respectivo supervisor.

Por su parte, los supervisores, que deberán reportar al ingeniero de control y análisis, el cual deberá reportar al Gerente de Obras Mina, deben realizar las siguientes actividades.

- Analizar la variabilidad de sus procesos, tanto el histórico como en tiempo real.
- Analizar la disponibilidad y utilización de su parque de equipos, como también las pautas de mantención de estos.
- Realizar la planificación de corto plazo, colaborativa y centralizada.
- Realizar análisis predictivo de eventos y su causalidad en línea.
- Generar reportes de gestión.
- Definir, en conjunto con los otros supervisores, estrategias de operaciones para los operadores de la sala de control, coordinándose con el jefe de operaciones.

- Buscar innovar, mejorar y agregar valor a los procesos constantemente.

6.7.4 Implementación

Uno de los aspectos más relevante es la gestión de cambio, es por esto que se sugiere utilizar los pasos de Kotter y Cohen.

- **Paso 1:** Se debe crear una sensación de urgencia entre las personas más relevantes, convenciéndolas de la necesidad y mostrando los potenciales beneficios que la implementación del CIOBM traerá a la GOBM. El proyecto debe presentar de forma simple, atractiva, con sus beneficios y detallando como el CIOBM solucionaría los principales problemas existentes.
- **Paso 2:** Se debe conformar un equipo conductor, sus principales características deben ser la credibilidad, preparación, contactos, experiencia, reputación y autoridad formal necesaria para liderar la implementación. Se debe determinar el número de personas necesarias con habilidades claves, las cuales serán lideradas hacia un objetivo común.
- **Paso 3:** El equipo conductor debe crear una visión y estrategia adecuada para poder sacar adelante el cambio y el proyecto. Los objetivos deben ser claros, simples y constructivos.
- **Paso 4:** Se debe comunicar y dar a conocer la visión y estrategias, mediante mensajes simples y verídicos, facilitando la comprensión. Se debe desarrollar un compromiso profundo. Se deben mostrar hechos más que palabras.
- **Paso 5:** Se debe dar autoridad y responsabilidades de acción a los participantes, removiendo obstáculos, logrando que las personas se sientan capacitadas para actuar y desenvolverse, eliminando las barreras existentes en la mente de las personas.
- **Paso 6:** Lograr a corto plazo pequeños éxitos, puesto que así es posible proporcionar credibilidad e impulsar el esfuerzo global. De no existir estos pequeños éxitos a corto plazo, las personas reacias a cambios pueden hundir el proceso.
- **Paso 7:** La constancia es clave en el proceso, se debe preservar a partir de los éxitos iniciales, introduciendo gradualmente los cambios hasta consolidar la visión, sin tratar de implementar o hacer muchas cosas al mismo tiempo.

Por otra parte, para poder llevar la implementación a cabo de la mejor forma es necesario:

1. Definir y realizar análisis de los alcances del proyecto, indicando y evaluando el mejor lugar para instalar equipos y sistemas. Deben definirse condiciones técnicas, logística y prácticas a llevar a cabo durante la implementación del proyecto. Además, se debe contar con información en detalle de:
 - a. Base de datos de trabajadores de todas las empresas y de cada turno involucrado en el sector donde se implementarán los sistemas y equipos de monitoreo y control.
 - b. Zonas y áreas de instalación de red de comunicaciones, conociendo en exactitud la ubicación de los puntos de conexión, ubicación de nodos y ubicación de sensores, entre otros.
 - c. Parque global de equipos, indicado el tipo, modelo, año e imagen de estos.
 - d. Configuración del servidor y de sus componentes.
 - e. Responsable de instalación de cada sistema y equipo respectivo de monitoreo y control.
 - f. Perfil de usuarios, según el área y proceso a monitorear.

2. Seguimiento de implementación e instalación de los servicios, estableciendo fechas e hitos, además del cumplimiento de estos.
3. Comprobar el funcionamiento de los sistemas y equipos con pequeñas pruebas de funcionamiento una vez teniendo instalado y funcionando un porcentaje significativo de los componentes del sistema. Así, será posible medir y comprobar el funcionamiento y traspaso de información entre plataformas y dependencias.
4. Entrenar a todo el personal que estará involucrado con el sistema, desde operarios hasta los cargos más alto de la gerencia. Las capacitaciones deben ser orientadas según el área y el nivel de acceso y privilegios de cada usuario.
5. Control de calidad de los componentes, sistemas y equipos instalados y configurados.

Se deben establecer y dejar claro los indicadores de desempeño a medir, como lo son avances, productividad, rendimientos, disponibilidad y utilización de equipos, entre otros. La implementación debe realizarse progresivamente mediante un plan piloto, en un área a definir para este fin. El objetivo de este plan es calibrar el sistema, poder identificar mejoras y posibles fallas que puedan presentarse en la operación del sistema. Los otros sectores, si así se desea, deben incorporarse gradualmente, integrando en cada uno de ellos los sistemas requeridos para el monitoreo y control.

6.7.5 Beneficios

A continuación, se muestran algunos de los beneficios derivados de implementar el CIOBM y mejorar el control de los procesos, mediante la integración de información.

- Se tendrá mayor satisfacción del personal, puesto que los procesos y estrategias estarán mejor definidas.
- Existirá un mayor conocimiento y control de los distintos procesos y labores asociadas a la GOBM.
- Se logrará mejora la calidad, fluidez, acceso, confiabilidad, precisión y tiempo de entrega de la información.
- Procesos serán más flexibles en cuanto a nuevas condiciones, eventos, fallas o necesidades particulares.
- Se tendrá una visión global del proceso y de cada subproceso, optimizando los procesos de manera general y no local.
- Se monitoreará y controlará el proceso productivo global, considerando todas las variables y condiciones que afectan a los rendimientos, logrando reducir la variabilidad de los procesos.
- Aumentará la productividad y rendimiento tanto de los procesos, equipos y de los trabajadores
- Aumentará la seguridad del personal, disminuyendo accidentes e incidentes.
- Al programar y cumplir con las pautas de mantención de los equipos, mejorar la gestión de activos y controlar las variables que son determinantes en la operación de estos, se logrará disminuir el costo de mantención

CAPITULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Iniciativas levantadas

De la Figura 30, se observa que la jornada 10x5 + Enlace es la que consigue mayores tiempos en postura trabajando en todos los escenarios evaluados, alcanzando 12,3 horas e incluso tiempos mayores al analizar el impacto de la jornada en conjunto con a la implementación de las otras iniciativas, como ocurre con la utilización de Vehículos de Acercamiento Interior Mina, donde alcanza su máximo de 15,4 horas, o con la implementación del CIOBM con 15 horas de tiempo en postura trabajando.

Por su parte, la jornada NxN consigue aumentar el tiempo en postura trabajando, obteniendo buenos resultados pero inferiores a la jornada 10x5+Enlace, siendo su máximo al igual que en el caso anterior, en conjunto con el uso de Vehículos de Acercamiento Interior Mina y la implementación del CIOBM, con 13,2 y 13 horas de tiempo en postura trabajando respectivamente.

En cuanto a las iniciativas, se desprende que las tres iniciativas que tienen mayor impacto en el tiempo en postura trabajando en todas las jornadas, en orden decreciente, son el uso de Vehículos de Acercamiento Interior Mina, el Centro Integrado de Obras Mina y la Habilidad de Casino Móvil, logrando aumentar en 20%, 18% y 11% respectivamente. Si se implementaran estas iniciativas en conjunto con la jornada 10x5+Enlace sería posible aumentar en 48%, 44% y 33% en el tiempo en postura trabajando. Es más, si se implementará el uso de Vehículos de Acercamiento Interior Mina, el Centro Integrado de Obras Mina en conjunto con la jornada 10x5+Enlace aumentaría aún más el tiempo en postura trabajando.

Caso aparte es el caso de la Habilidad de Campamento, en vista de que solo impacta a la jornada NxN. Por otro lado, como ya se mencionó, La Habilidad Casa de Cambio en Sewell y la Habilidad de Campamento no impactan a las jornadas 10x5 y 10x5 + Enlace.

Al analizar los resultados, ver Tabla 21 en sección ANEXO D, se observa nuevamente que las iniciativas uso de Vehículos de Acercamiento Interior Mina, Centro Integrado de Obras Mina y la Habilidad de Casino Móvil obtienen los mejores resultados, seguidas por el Cambio a jornada 10x5+Enlace. En cuanto al VAC las 3 iniciativas logran una disminución de un 6%. Si se implementaran en conjunto con la jornada 10x5+Enlace, el VAC se reduciría en 10%, 6% y 7% respectivamente. Al implementar el uso de Vehículos de Acercamiento Interior Mina, el Centro Integrado de Obras Mina en conjunto con la jornada 10x5+Enlace el VAC se reduce en un 9%.

Producto del aumento del tiempo en postura trabajando y en consecuencia del tiempo que se agrega valor, las mismas iniciativas mencionadas obtienen los mejores resultados en cuanto a productividad, ver Tabla 21 en sección ANEXO D, siendo las jornadas 10x5 y 10x5+Enlace las que obtienen las mayores productividades, manteniéndose bastante pareja entre las iniciativas evaluadas, entre 1,1 y 1,2 [m/mes-HD]. El uso de Vehículos de Acercamiento Interior Mina, Centro Integrado de Obras Mina y la Habilidad de Casino Móvil permiten aumentar la productividad en 9%, 8% y 5% respectivamente y, en un 11% en el de caso de implementar en conjunto la jornada 10x5+Enlace, la Habilidad de Casino Móvil y el Centro Integrado de Obras Mina.

En cuanto a los rendimientos, es la jornada 10x5+Enlace es la que obtiene los mejores resultados, sin embargo, al aumentar la dotación provoca la disminución de la productividad de esta jornada, emparejando la productividad con la jornada 10x5.

En consecuencia, las 3 iniciativas mencionadas en conjunto con la jornada 10x5+ Enlace son las que obtienen un menor costo por metro de desarrollo horizontal y menor costos por hora, además de una mayor cantidad de meses de adelanto de obra.

De la Tabla 16 se puede ver que las iniciativas con mayor IPR y las cuales deben seguir en evaluación son Cambio a Jornada 10x5 + Enlace, Cambio a Jornada NxN, Habilidad de Casinos Móviles, Vehículos de Acercamiento Interior Mina y el CIOBM. Así, se puede observar en la Figura 29 la variación del VAC al implementar las iniciativas cuyo IPR obtenido fue mayor a 200. Se descarta la iniciativa Vehículo de Acercamiento Interior Mina debido a las dificultades de implementación y ya que tiene un IPR bastante inferior al resto de las iniciativas. Se observa que la jornada 10x5 o 10x5+Enlace obtienen resultados parecidos, una disminución de un 9% en comparación al caso base, y una diferencia de 4% entre jornadas. Contrariamente, la jornada NxN incrementa el VAC en 14% en relación al caso base y un 25% mayor en relación a la jornada 10x5+Enlace. Por otra parte, la implementación de esta jornada en conjunto de estas dos iniciativas logra el aumento de un 49% en tiempo en postura trabajando.

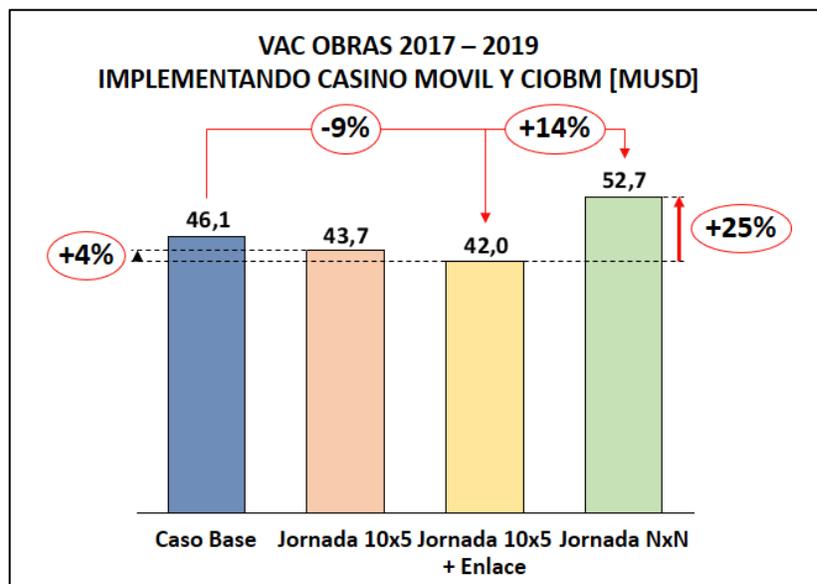


Figura 29 VAC de Jornadas Implementando Casino Móvil y CIOBM.

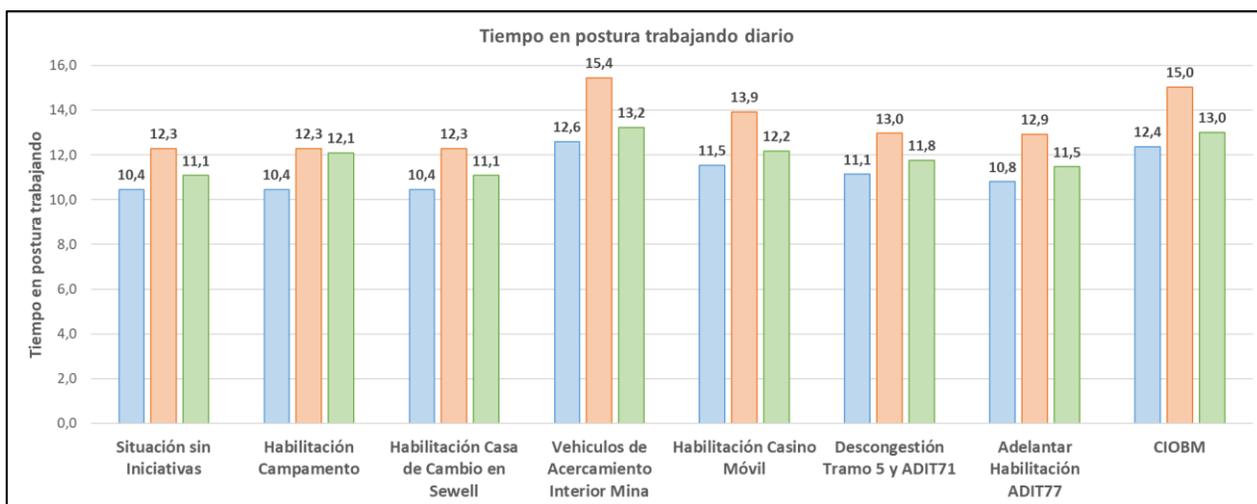


Figura 30 Impacto de iniciativa Casino Móvil y CIOBM en conjunto con jornadas evaluadas.

7.2 Gestión sobre tiempos de jornada de trabajo

Es posible realizar gestión sobre algunas actividades de la jornada de trabajo y recuperar tiempos no productivos. Los posibles tiempos a recuperar se detallan en la Tabla 18, los deltas traslado corresponden a la diferencia entre los traslados de ida y de vuelta entre distintas dependencias; se considera que 5 minutos es prudente para el tiempo esperando el bus en el andén a la salida del turno; de igual forma se considera 5 minutos el tiempo necesario para realizar actividades como charla de seguridad, asignación de postura, retiro y devolución de herramientas.

Tabla 18 Tiempos recuperados al realizar gestión.

	Turno 1	Turno 2
Delta Traslado IF-BC [min]	33,00	2,20
Delta Traslado IF-Postura [min]	21,78	39,60
Espera Buses [min]	31,68	20,90
Charla seguridad [min]	6,22	6
Asignación de postura [min]	0,28	0,5
Retiro de herramientas [min]	0,28	0,5
Devolución de herramientas [min]	6,22	6
Total [min]	99,46	75,70
Total [h]	1,66	1,26

De la tabla anterior se observa que al realizar gestión sobre los traslados y las actividades en instalaciones de faenas (charlas, postura, entrega y devolución herramientas) es posible recuperar hasta 2,9 horas. Siendo posible además adelantar y atrasar la primera y última hora de actividades que agregan valor respectivamente, logrando aumentar el tiempo en postura trabajando y el tiempo que se agrega valor.

Es necesario controlar la duración de los traslados entre dependencias por parte de los trabajadores, puesto que, si bien se entiende que puedan demorarse algunos minutos más en recorrer el mismo

trayecto, en algunas ocasiones se exceden como en el caso del tiempo de traslado entre instalación de faena y barrio cívico y, el tiempo de traslado entre instalación de faena y postura.

Otro aspecto a tener en consideración es el tiempo utilizado en traslado entre la postura y el casino, puesto que, el tiempo de colación previsto en el artículo 34 del Código del Trabajo debe computarse a partir del momento en que el dependiente abandona su puesto de trabajo con tal objeto. Así, el tiempo de traslado entre la postura y el casino, y viceversa, debe estar contemplado dentro de la hora de colación establecida, pudiendo así recuperar sobre 30 minutos de la jornada en el mejor de los casos.

Un punto importante es controlar el tiempo de espera en el andén del barrio cívico, puesto los trabajadores esperan 30 minutos aproximadamente. Es necesario conocer por qué los trabajadores están terminando sus jornadas de trabajo antes de tiempo.

Las charlas de seguridad es otro punto sobre el cual se debe realizar algún tipo de gestión, puesto que si bien no es una actividad en la que se emplee mucho tiempo, esta no debería durar más de 5 minutos, lo que en muchos casos no ocurre. Las causas más comunes en este tipo de retraso es que el encargado de realizar la charla debe entregar demasiada información y utiliza bastante tiempo preparándola, junto con esto en muchas ocasiones se realizan otro tipo de charlas como de jefaturas, EPP, motivacionales y administrativas. Además, en muchas ocasiones se debe esperar a que las cuadrillas estén completas puesto que algunos trabajadores llegan tarde por quedarse fumando, tomando desayuno o simplemente conversando.

En cuanto a la asignación de postura, se puede ver que esta se realiza en un lapso de tiempo adecuado, no obstante, puede ser aún mejor, al tener más claro las actividades que deben realizarse durante la jornada, esto es posible lograrlo al mejorar la comunicación y coordinación entre los diferentes turnos y, la información que estos proporcionan, puesto que así será posible distribuir tareas y atacar los distintos focos de una mejor manera.

De igual forma, es posible disminuir tiempos no productivos utilizados en la entrega y devolución de herramientas, el gran problema de esta actividad es la aglomeración en la entrada de la bodega, lo que aumenta el tiempo de espera al realizar este tipo de actividad. Es necesario hacerlas más expeditas, mejorando la gestión de recursos y activos, evitando así, quedarse sin stock o esperar mucho tiempo por el equipo indicado para mover o trasladar algún material.

CAPITULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Iniciativas de productividad

Entre las jornadas evaluadas, la jornada 10x5 y 10x5+Enlace presentan un VAC similar al implementar un Centro Integrado de Obras Mina y un Casino Móvil, y así mejorar algunas condiciones de la División El Teniente, reduciendo tiempos de traslados y mejorando el control sobre los procesos y recursos. De estas dos jornadas es la 10x5+Enlace la que presenta mejores atributos y un costo, si bien insignificante, 4% menor a la jornada 10x5. Sin embargo, consigue el mayor aumento en tiempo en postura trabajando, en un total de 18%.

En base a los resultados del Índice de Priorización, se indica que la implementación de un Centro Integrado de Operaciones, Habilitación de un Casino Móvil, cambio a Jornada 10x5+Enlace y cambio a Jornada NxN, son las iniciativas que obtienen los mejores IPR (mayores a 200), permitiendo reducir los tiempos no productivos, alcanzando mayores tiempos en postura trabajando y en consecuencia un mayor tiempo que se agrega valor. Además, de otros atributos como lo son rendimientos y productividad.

Considerando los resultados obtenidos de IPR, tiempo en postura trabajando, tiempo que se agrega valor, costo por metro y costo por hora, VAC, rendimientos y productividad. Se recomienda el cambio de jornada a una del tipo 10x5+Enlace, utilizando un diseño manilla a manilla para garantizar la continuidad operacional de los procesos. Para esto se sugiere realizar pruebas pilotos de este tipo de jornadas utilizando diferentes diseños horarios.

Las iniciativas Habilitar Campamento, Habilitación Casa de Cambio en Sewell, Adelantar Habilitación ADIT 77 y Descongestión de tramo 5 y ADIT71, incrementan el VAC en todos los escenarios debido a los OPEX y CAPEX de estas iniciativas y a los bajos tiempos en postura trabajando obtenidos.

Las iniciativas CIOBM y Habilitación Casino Móvil permiten disminuir el VAC en un 6% y en un 9% evaluarlas en conjunto con la jornada 10x5+Enlace. Además, permiten aumentar en un 18% y 11% respectivamente el tiempo en postura trabajando en el caso de mantenerse la jornada 10x5, y un 44% y 33% respectivamente en el caso de cambiar a la jornada 10x5+Enlace. Si se implementaran las 3 iniciativas en conjunto sería posible aumentar en 48% el tiempo en postura trabajando.

Se recomienda, diseñar, realizar prueba piloto e implementar el CIOBM, puesto que, además de aumentar el tiempo en postura trabajando y tiempo que se agrega valor a la jornada, permitirá realizar seguimiento y control en tiempo real de los procesos e indicadores claves.

Se sugiere realizar pruebas pilotos de casinos móviles, ya que mediante estos será posible disminuir el tiempo de traslado entre postura y casino, además de controlar el tiempo post colación de los trabajadores de las empresas contratistas.

Si bien el uso de vehículo de acercamiento interior mina obtiene buenos resultados, se sugiere evaluar en profundidad debido al aumento de congestión que esta iniciativa generaría. Se recomienda realizar estudio mediante algún software de simulación.

8.2 Utilización de tiempos de jornada

Es necesario mejorar los tiempos asociados a las instalaciones de faenas, evitando alargar actividades como charlas, asignación de postura y retiro y devolución de herramientas. Siendo posible recuperar más de 25 minutos al día. Se recomienda mejorar la coordinación entre turnos con el fin de que la información este más ordenada, y no se pierda tiempo en la preparación de ésta durante la charla de seguridad y asignación de postura. Otra medida que ha sido tomada por algunas empresas es realizar la charla de seguridad solo algunos días de la semana o en la casa de cambio en algunas ocasiones, logrando así utilizar este tiempo en otras actividades al llegar a turno. Es necesario, además, poner mano dura y rigurosidad a los trabajadores, no permitiendo el retraso de estos a las charlas y asignación de postura, puesto que por la ausencia de algunos se retrasan las actividades de toda la cuadrilla y grupo de trabajo. Lo mismo con los trabajadores que se quedan más de lo habitual tomando desayuno o conversando, retrasando toda la cadena de actividades futuras.

Otro punto relevante es mejorar el sistema de entrega y devolución de herramientas y materiales, puesto que los trabajadores deben hacer largas filas esperando la entrega de estos, retrasando el inicio de los trabajos. Es sumamente necesario mejorar la gestión de materiales, recursos y activos, puesto que muchas veces los retrasos se producen por que no se cuenta con el equipo adecuado para mover materiales o para trasladarlo a la postura.

Los trabajadores no deben terminar el turno antes de tiempo, existe una pérdida de casi una hora entre ambos turnos producto de la espera anticipada del bus de salida por parte de los trabajadores. Es necesario realizar un control e investigación de las causas de estos hechos.

Por último, los traslados entre dependencias también deben ser controlados, puesto que no es posible que existan tales diferencias entre traslado de ida y vuelta recorriendo las mismas distancias.

8.3 CIOBM

Como mencionó anteriormente, uno de las grandes falencias que tiene la GOBM es que no cuenta con un sistema integrador de información, el cual facilitaría, en tiempo real, el cumplimiento de metas, la gestión de activos y recursos, el control y seguimiento del personal y de indicadores claves de los procesos, alcanzando la excelencia operacional deseada, además de alcanzar el objetivo de este trabajo, el cual consiste en apalancar el tiempo en postura trabajando y que se agrega valor de las jornada de trabajo de las empresas contratistas.

En conjunto con las iniciativas evaluadas para mejorar el tiempo que se agrega valor del turno de trabajo, se propuso como oportunidad de mejora para el control, análisis y gestión de los procesos de la Gerencia Obras Mina de la División El Teniente, la implementación de un centro integrado de información (CIOBM).

El CIOBM tiene como finalidad integrar la información relevante de cada uno de los procesos y actividades del proceso productivo, otorgando cierta flexibilidad y una visión global del proceso, mejorando la reacción ante cualquier evento, logrando en su optimo predecir fallas.

Otro aspecto que lograría mejorar el CIOBM son los problemas de coordinación, falta de información y no cumplimiento de compromisos entre procesos. Estos problemas se generan por

la pobre integración entre procesos, donde cada uno de estos se enfoca solo en sus propios resultados. Se debe establecer una cultura de colaboración, viendo todos los procesos en conjunto como una sola cadena de valor, donde quede claro que la eficacia y disponibilidad de información de cada proceso impacta en la eficacia de los otros procesos, y del proceso productivo global.

Al no realizar actualmente un análisis exhaustivo de la información de las condiciones y restricciones de cada proceso, conlleva a que no se controlen algunos aspectos relevantes, dificultando la obtención de metas, generando problemas imprevistos y planificaciones no óptimas.

Al no contar con un sistema de control y predicción de falla de equipos, se tienen mayores costos debido al aumento de mantenciones no planificadas, reduciendo la disponibilidad, y rendimiento de los equipos. Se debe además mejorar la gestión de repuestos, con el fin de poder reparar los equipos lo más rápido posible para que estos vuelvan sus funciones normales.

Debe mejorarse el traspaso de información entre turnos, puesto que muchas veces se omite información la cual es relevante para el siguiente turno, como lo es la ubicación de los equipos y el estado de estos, la disponibilidad de suministros, entre otros. El CIOBM solucionaría este problema al contar con toda la información en tiempo real y en línea.

Uno de los aspectos más importante en la implementación del CIOBM y en la integración de la información, es la gestión de cambio y como será difundido el mensaje a los trabajadores. Para esto, y como se recomendó anteriormente, se sugiere realizar la gestión de cambio mediante los pasos de Kotter y Cohen, en conjunto con actividades que generen confianza entre operadores, ingenieros, y todo el personal que estará relacionado de alguna forma con el CIOBM.

Por último, es necesario para un correcto funcionamiento del CIOBM, que todo el personal esté informado de cómo funciona este y sus características, realizar mantenciones y calibraciones frecuentemente al sistema y a los equipos y sensores encargados de recopilar la información en terreno.

8.4 Conclusiones Generales

El principal foco es mejorar la planificación diaria, en conjunto con llevar un control y seguimiento de los recursos y activos a nivel de cuadrilla. La mayoría de las ineficiencias presentes en la operación son producto del bajo control y seguimiento, y del desconocimiento de que se está haciendo, como se está haciendo y quienes lo están haciendo.

De modo general es necesario mejorar las coordinaciones relacionadas a tiempos de espera por interferencias, mantenciones y bloqueo de equipos, lo cual impacta en fuertemente en el tiempo que se agrega valor durante la jornada de trabajo.

Del mismo modo, se debe estandarizar y facilitar las actividades y tiempos relacionados a la seguridad como lo son firmas de documentos, ART, charlas de seguridad, asignación de posturas, entre otras.

Deben atacarse las demoras relacionadas con el horario de colación, puesto que la sobredemanda existente a ciertas horas y no poder entregar servicios de colación diferenciados implica un mayor tiempo de colación, además, se deben controlar los tiempos de traslados, los cuales según el código de trabajo están imputados dentro del horario de colación correspondiente, de la misma forma controlar los tiempos post colación, puesto que algunos trabajadores tiene la mala costumbre de

quedarse conversando largos periodos de tiempo antes de volver a trabajar durante la segunda parte del turno.

Se debe realizar una mayor coordinación y planificación entre turnos, permitiendo una mejor programación de tarea y una reducción del tiempo necesario en la asignación de estas. Además, en lo posible, realizar las actividades de inicio de turno paralelamente con la colación/desayuno.

Se debe mejorar la entrega de información relacionada con el estado herramientas, insumos, equipos, servicios y frentes de trabajo, con el fin de poder anticiparse y planificar el turno de la mejor forma posible.

En relación a las iniciativas propuestas, al contar con un sistema integrado de información será posible mejorar la reacción de las EE.CC ante eventualidades, cambios de pautas e incluso inasistencia por parte de sus trabajadores. Además de lo ya mencionado, de contar con un control en tiempo real de los procesos y KPI's claves, y de mejorar la respuesta y toma de decisiones ante eventualidades.

Por último, si se decidiera cambiar la jornada de trabajo utilizada, según la revisión bibliográfica realizada, no existirían impedimentos para poder realizarlo, puesto que la literatura concuerda que tanto la jornada de 10 y 12 horas no presentan diferencias en cuanto a los efectos secundarios sobre los trabajadores expuestos a estos sistemas de turnos.

8.5 Pasos a seguir

Alguno de los pasos a seguir son:

- Crear la urgencia y necesidad de que la GOBM controle y siga exhaustivamente los procesos involucrados de la gerencia desde lo macro a lo micro. Conformar el equipo que liderará el cambio, detallando el objetivo, la visión y estrategia para lograr lo propuesto.
- Implementar modelo internalizado con GOBM reforzado, cuyo foco sea la productividad y no el cumplimiento de obra, aumentando el tiempo que se agrega valor, la productividad y el control y seguimiento de actividades.
- Realizar seguimiento y control del personal contratista, equipos y recursos utilizados en las distintas actividades asociadas a los desarrollos horizontales, con el fin de actualizar la información y contrastarla con la existente.
- Realizar gestión sobre los tiempos encontrados que podrían recuperarse, reduciendo el tiempo empleado en actividades contributivas y no contributivas, las que generan demoras en los procesos y actividades, como lo son los traslados y tiempos perdidos en charla de seguridad, asignación de postura y espera del bus al final del turno.
- Realizar la evaluación económica de la creación e incorporación del CIOBM.
- Implementar en algún sector o área específica el CIOBM, con el fin de realizar la respectiva calibración de los sistemas y la marcha blanca correspondiente.
- Ampliar el análisis realizado incorporando otros sectores y proyectos de DET.

CAPITULO IX BIBLIOGRAFÍA

- Alegría, J. (2010). *Evaluación Técnica de la Preparación Minera para el Proyecto Nuevo Nivel Mina*. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil de Minas. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Aliaga, C. (2010). *Rediseño del Control del Proceso Productivo de la División Los Bronces para Implementar un Centro Integrado de Operaciones*. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Avaria, P. (2013). Claves para crecer: Productividad en la producción de grandes proyectos mineros. En *Construcción Minera* (págs. 50-56).
- Brannon, Charles, Carlson, Gordon and Casten, & Timothy. (2011). Block Caving. En *SME Mining Engineering Handbook*. Peter Darling.
- Bustos, O. (2015). *Análisis de Interferencias en Preparación Minera de Mina El Teniente*. Reporte Interno División El Teniente. Rancagua, Chile.
- Camhi, J. (2012). *Optimización de los Procesos de Desarrollo y Construcción en Minería de Block Caving. Caso Estudio Mina El Teniente Codelco Chile*. Tesis para optar al título de Magíster en Minería. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Carafí, J. M. (s.f.). *Análisis cualitativo y jerárquico de incertezas en la construcción de túneles*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Mención Estructuras-Construcción-Geotecnia. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Consejo Minero - Cámara Chilena de la Construcción. (2015). *Buenas Prácticas en la Construcción Minera*.
- Costa, G. (1997). Some Guidelines for Medical Surveillance of Shift Workers. En *Shift Work International Newsletter* (Vol. 14, pág. 130).
- Dirección del Trabajo. (2014). *Encla 2014. Informe de Resultados Octava Encuesta Laboral*.
- Duchon, J., Keran, C., & Smith, T. (1994). Extended Workdays in an Underground mine: a Work Performance Analysis. En *Human Factors* (Vol. 36, págs. 258-269).
- Duesberg, R., & Weiss, W. (1939). Reichsgesundheitsblastt. En *Arbeitsschutz* (Vol. 3).
- Ernst & Young Global Limited. (2015). *Riesgos de minería y metales*.
- Ernst & Young Global Limited. (2016). *¿Cómo Diseñar un Centro Integrado de Operaciones Remotas para Maximizar el Rendimiento?: Manejo de Factores de Éxito Clave y Riesgos Críticos*.
- Everis. (2017). *Servicio de modelamiento y simulación vial*.
- Folkard, S. (1984). Modelling Circadian Adjustment to Shift Work. En *Proceedings of the 11th International Symposium on Night and Shift Work*.
- Folkard, S. (1993). Editorial, Ergonomics. En *Ergonomics* (Vol. 36, págs. 1-12).

- Folkard, S., Monk, T., & Lobban, M. (1979). Toward a Predictive Test of Adjustment to Shift Work. En *Ergonomics* (Vol. 22, págs. 79-91).
- Gallesty, E. (2015). *Integrated Mine Operations: Visibility and Optimization from Mine to Port*.
- Gerencia de Obras Mina, CODELCO División El Teniente. (2017). *Presentación Preparación Minera en División El Teniente*. Charlas y Conversaciones Universidad de Chile 2017.
- Gerencia de Obras Mina-Servicios de Ingeniería y Administración GOBM 2017-2020. (2018). *Manual de KPI para la Estandarización de Procesos Constructivos*. C-507-JEJ-EO-MN-0002.
- Gerencia de Productividad, Excelencia y Costos, CODELCO. (2015). *Medición de Tiempos No Productivos*. GPEC-I-02.
- Gerencia de Recursos Mineros, CODELCO. (2017). *GUÍA DE PLANIFICACIÓN DE LARGO PLAZO PEX, PND-PQ Y CBO*. GRM-006.
- Gerencia Mina, CODELCO División El Teniente. (2014). *REGLAMENTO INTERNO DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE EXPLOSIVOS (TRAME)*. GMIN-GRL-RE-002.
- Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo. (2017). *PROGRAMA DE PREPARACIÓN MINA 2017 REVISIÓN B*. GRMD-SGP-I-0004-2017.
- Gerencia Recursos Mineros y Desarrollo, CODELCO División El Teniente. (2006). *Manual de Preparación Minera*. SGP-I-043-06.
- Jimenez, D. (2014). *Factores Condicionantes de Sistema de Turno en Faena Remota*.
- Knauth, P. (1993). The Design of Shift Systems. En *Ergonomics* (Vol. 36, págs. 15-28).
- Laubscher, D. (1994). Cave mining – the state of the art. En *The Journal of The South*.
- Lavado, D. (2014). *Metodología de Asignación de Recursos en Desarrollos de Minería Subterránea*.
- Lowden, A., Akerstedt, T., & Kecklund, G. (1997). Shifting from an 8 Hour to a 12 Hour Work Schedule. En *New Challenges for the Organisation on Night and Shiftwork*.
- Luxford, J. (2006). Project Development and Construction Management. En *International Mine Management Conference 2006* (págs. 99-105).
- Morales, E., & Díaz, G. (2008). *Tunneling and construction for 140.000 tonnes per day - El Teniente mine - Codelco Chile*.
- Mott, P., Mann, F., McLoughlin, Q., & Warwick, D. (1965). *Shift Work*.
- Northrup, H. (1991). The 12 Hour Shift in the North American Mini-Steel Industry. En *Journal of Labor Research* (Vol. 12, págs. 261-278).
- Oraee, K., Basiri, M., Sajidan, M., & Hayati, M. (2011). Risk Assessment in Block Cave. En *SME Annual Meeting & Exhibit and CMA 113th National Western*. Denver, Colorado.
- Rutenfranz, J. (1982). Occupational Health Measures for Night and Shift Workers. En *Journal of Human Ergol* (Vol. 11, págs. 67-86).

- Saayman, C. (2006). *Optimization of an autonomous vehicle dispatch system in an underground Mine*.
- Saito, Y., & Sasaki, T. (1996). The Effects of Length of a Nocturnal Nap on Fatigue Feelings During Subsequent Early Morning Hours. En *Journal of Science of Lab* (Vol. 72, págs. 5-23).
- Salgado, J. (2009). *Secuenciamiento genérico de obras para la planificación de preparación minera. Mina el Teniente*.
- Sherliker, A. (2004). *An Integrated Underground Mining and Processing System for Massive Sulphide Ores*. Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Applied Science. University of British Columbia.
- Smith, L., & Barton, J. (1995). Shiftwork and Personal Control. En *European Work and Organisational Psychologist* (Vol. 4, págs. 101-120).
- Smith, L., Folkard, S., Tucker, P., & Macdonald, I. (1998). Work Shift Duration: a Review Comparing Eight Hour and 12 Hour Shift Systems. En *Occupational and Environmental Medicine* (Vol. 55, págs. 217-299).
- Spencer, C. (1970). Employee Attitudes to Shift Work. En *Personel Practitioners Bulletin* (Vol. 26, págs. 25-33).
- Stewart, P., Ramezanzadeh, A., & Knights, P. (2006). Benchmark Drill and Blast and Mechanical Excavation Advance Rates for Underground Hard-Rock Mine Development. En *Australian Mining Technology Conference*.
- Super Intendencia de Planificación Minero Metalúrgica, Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo. CODELCO División El Teniente. (2017). *Informe Plan Minero P1*. GRMD – SPL – INF –001- 2017.
- Toro, H. (2017). *Programación Multicriterio de Excavaciones Horizontales en el Corto Plazo*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de Minas. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Tucker, P., Barton, J., & Folkard, S. (1996). Comparison of 8 and 12 Hour Shift: Impacts on Health, wellbeing and Alertness during the Shift. En *Occupational Environmental Medicine* (Vol. 53, págs. 767-772).
- Ugrovics, A., & Wright, J. (1990). 12 Hour Shift: Does Fatigue Undermine ICU Nursing Judgements? En *Nursing Management* (Vol. 21, pág. 64).
- U-Mining 1º Congreso Internacional en Minería Subterránea: Productividad y Costos*. (2016).
- Williamson, A., Gower, C., & Clarke, B. (1994). Changing the Hour of Shiftwork: a Comparasion of 8 adn 12 Hour Shift Roster in a Group of Computer Operators. En *Ergonomics* (Vol. 37, págs. 287-298).
- Wilson, J., & Rose, K. (1978). *The 12 Hour Shift in the Petroleum and Chemical Industries of the United State and Canada: a study of current experience* (Industrial research reports No 26 ed.). Philadelphia: Industrial Research Unit, The Wharton School, University of Pennsylvania.
- Wyatt, S., & Marriott, R. (1953). Night Work and Shift Changes. En *British Journal of Industrial Medicine* (Vol. 10, págs. 164-172).

ANEXOS

ANEXO A: Tipos de interferencias y niveles asociadas a las empresas contratistas

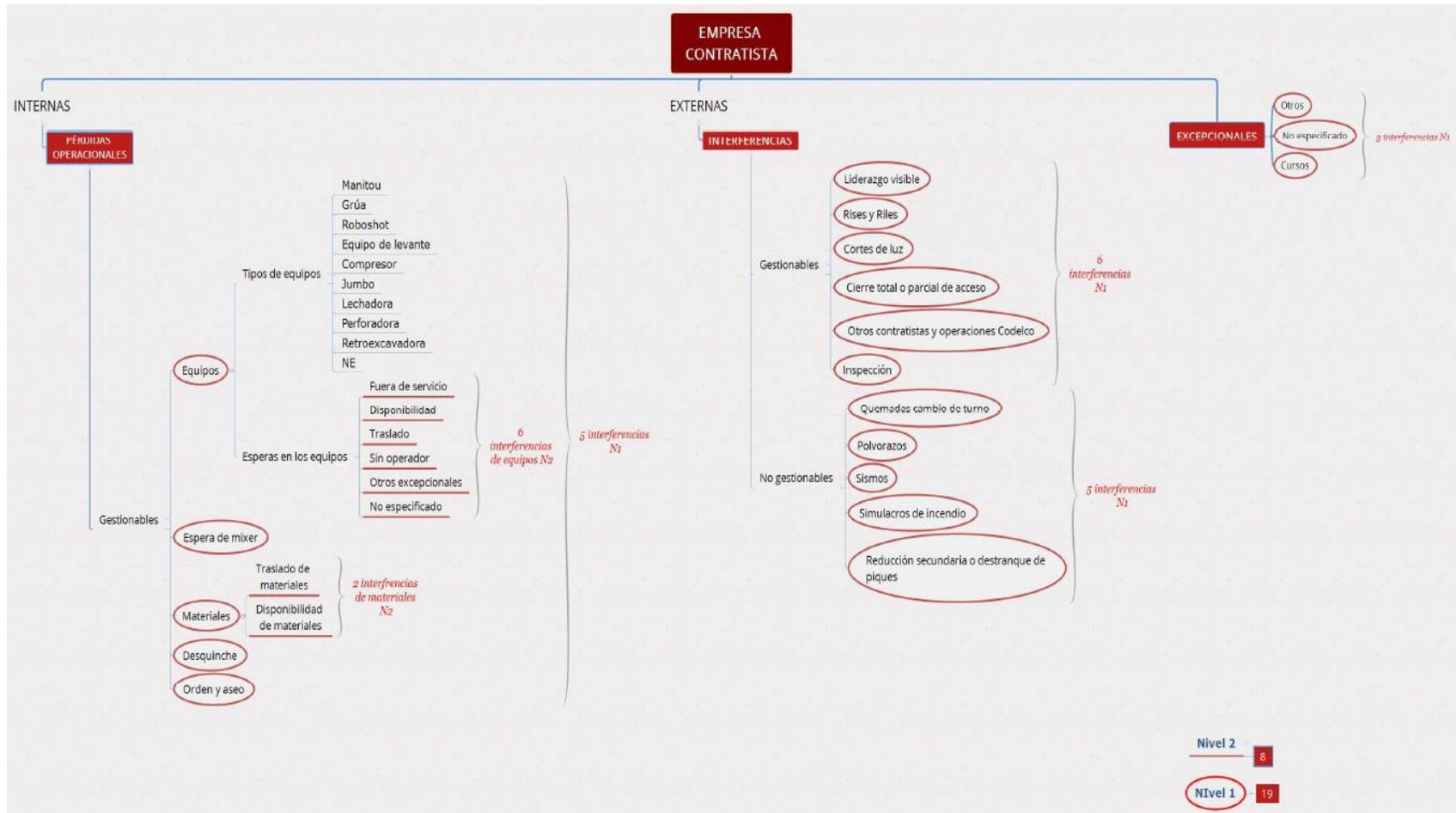


Figura 31 Tipos de interferencias y niveles asociadas a EE.CC.

ANEXO B: Descripción de tiempos *Overhead*

A continuación, se entrega las descripciones de las actividades no productivas o Tiempos *Overhead*.

- 1. Actividades y documentos de seguridad:** Por ejemplo, charla de seguridad, análisis de riesgo de la tarea, detención del trabajo por situación insegura, entre otros.
- 2. Asignación de tareas:** Coordinaciones para ingresos al área y permisos en consola.
- 3. Coordinaciones generales:** Comprende gestión para préstamo y devolución de herramientas, incluye EPP ya que por lo general se encuentran en sectores cercanos.
- 4. Traslados hacia y desde punto de trabajo:** Todos los traslados relacionados con la ejecución directa del trabajo entre lugar de coordinación y lugar de trabajo.
- 5. Traslados punto de coordinación/lugar de alimentación:** Considera sólo el tiempo de traslado entre el punto de trabajo y el punto de coordinación generado por la actividad de alimentación, de ida y de vuelta.
- 6. Por Demoras en Aseo:** Los trabajos de aseo en las áreas no son dimensionados correctamente provocando demoras no previstas.
- 7. Por Bloqueo/Desbloqueo:** Producido generalmente por demoras de personal interno en llegar a las áreas para efectuar el bloqueo y desbloqueo de equipos.
- 8. Por la no entrega/recepción de equipos por temas operacionales:** Operaciones no entrega equipos por problemas netamente operacionales, como, por ejemplo: tronadura, material en proceso, entre otros. Así mismo, Operaciones demora en recibir los equipos una vez efectuado los trabajos.
- 9. Gestiones internas:** Relacionadas con falta de repuestos, materiales y/o herramientas al momento de intervenir el equipo, y otros problemas asociados a acceso, supervisor no da la entrada al área.
- 10. Descanso en el lugar de trabajo:** Referido a los descansos que se deben efectuar para el caso de trabajo que requieren un esfuerzo continuo.

ANEXO C Distribución de tiempos

Tabla 19 Desglose de tiempos de jornada DET.

DET	Turno 1	Turno 2
Tiempo interior mina [h/jornada]	10,00	10,00
Total tiempo interior mina [h/día]	20,00	
Promedio tiempo interior mina [h/jornada]	10,00	
Tiempo en postura trabajando [h/jornada]	4,89	5,55
Total tiempo en postura trabajando [h/día]	10,45	
Promedio tiempo en postura trabajando [h/jornada]	5,22	
Tiempo <i>Overhead</i> [h/jornada]	5,11	4,45
Total tiempo <i>Overhead</i> [h/día]	9,55	
Tiempo en Casa Cambio (Cambio de ropa) [min]	18,00	18,00
Traslado: Casa Cambio -> Barrio Cívico (no se considera dentro de jornada) [min]	-	-
Barrio Cívico: Perdida llegada bus a barrio cívico [min]	38,50	16,50
Traslado: Barrio Cívico -> Instalación Faena [min]	11,22	16,50
Instalación de Faena: Charla [min]	11,22	11,00
Instalación de Faena: Nombrada [min]	5,28	5,50
Bodega: Retiro herramientas [min]	5,28	5,50
Traslado: Instalación de Faena -> Postura [min]	38,28	56,10
Traslado: Postura -> Casino [min]	16,50	16,50
Casino [min]	60,00	60,00
Traslado: Casino -> Postura [min]	16,50	16,50
Traslado: Postura -> Instalación de Faena [min]	16,50	16,50
Bodega: Devolución herramientas [min]	11,22	11,00
Traslado: Instalación de Faena -> Barrio Cívico [min]	44,22	14,30
Barrio Cívico: Perdida salida bus [min]	31,68	20,90
Traslado: Barrio Cívico -> Casa Cambio (no se considera dentro de jornada) [min]	-	-
Tiempo en Casa Cambio (Cambio de ropa) [min]	18,00	18,00
Efectividad	0,75	0,75
Tiempo que agrega valor [h/jornada]	3,67	4,17
Total que agrega valor [h/día]	7,84	
Promedio tiempo que agrega valor [h/jornada]	3,92	

Tabla 20 Desglose de tiempos de jornada PMCHS.

PMCHS	Turno 1	Turno 2
Tiempo interior mina [h/jornada]	10,36	10,36
Total tiempo interior mina [h/día]	20,73	
Promedio tiempo interior mina [h/jornada]	10,36	
Tiempo en postura trabajando [h/jornada]	8,07	8,07
Total tiempo en postura trabajando [h/día]	16,14	
Promedio tiempo en postura trabajando [h/jornada]	8,07	
Tiempo <i>Overhead</i> [h/jornada]	2,29	2,29
Total tiempo <i>Overhead</i> [h/día]	4,58	
Tiempo en Casa Cambio (Cambio de ropa) [min]	18,00	18,00
Traslado: Casa Cambio -> Barrio Cívico (no se considera dentro de jornada) [min]	31,20	31,20
Barrio Cívico: Perdida llegada bus a barrio cívico [min]	-	-
Traslado: Barrio Cívico -> Instalación Faena [min]	1,65	1,65
Instalación de Faena: Charla [min]	11,00	11,00
Instalación de Faena: Nombrada [min]	5,50	5,50
Bodega: Retiro herramientas [min]	5,50	5,50
Traslado: Instalación de Faena -> Postura [min]	3,30	3,30
Traslado: Postura -> Casino [min]	16,50	16,50
Casino [min]	66,00	66,00
Traslado: Casino -> Postura [min]	16,50	16,50
Traslado: Postura -> Instalación de Faena [min]	3,30	3,30
Bodega: Devolución herramientas [min]	6,60	6,60
Traslado: Instalación de Faena -> Barrio Cívico [min]	1,65	1,65
Barrio Cívico: Perdida salida bus [min]	-	-
Traslado: Barrio Cívico -> Casa Cambio (no se considera dentro de jornada) [min]	31,00	31,00
Tiempo en Casa Cambio (Cambio de ropa) [min]	18,00	18,00
Efectividad	0,85	0,85
Tiempo que agrega valor [h/jornada]	6,86	6,86
Total que agrega valor [h/día]	13,7	
Promedio tiempo que agrega valor [h/jornada]	6,86	

ANEXO D Resultados impacto de iniciativas

Tabla 21 Resultados por iniciativa y jornada.

	Jornada	Situación sin Iniciativas	Habilitación Campamento	Habilitación Casa de Cambio en Sewell	Vehículos de Transporte Interior Mina	Habilitación Casino Móvil	Descongestión Tramo 5 y ADIT71	Adelantar Habilitación ADIT77	CIOBM
Tiempo que agrega valor	10X5	7,8	7,8	7,8	9,4	8,7	8,4	8,1	9,3
	10X5 + ENLACE	9,4	9,4	9,4	11,9	10,7	9,9	9,7	11,5
	NXN	8,3	9,1	8,3	9,9	9,1	8,8	8,6	9,8
Tiempo Postura trabajando	10X5	10,4	10,4	10,4	12,6	11,5	11,1	10,8	12,4
	10X5 + ENLACE	12,3	12,3	12,3	15,4	13,9	13,0	12,9	15,0
	NXN	11,1	12,1	11,1	13,2	12,2	11,8	11,5	13,0
Tiempo jornada	10X5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
	10X5 + ENLACE	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
	NXN	20,6	21,7	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
VAC	10X5	46,09	55,3	51,4	43,1	43,4	63,0	89,7	43,1
	10X5 + ENLACE	46,2	54,5	46,7	41,4	43,2	60,2	84,7	42,7
	NXN	53,6	60,1	57,9	52,0	51,3	70,2	94,7	52,1
Costo por hora	10X5	2133,8	2560,3	2377,7	1995,6	2009,3	2914,7	4151,7	1997,3
	10X5 + ENLACE	1644,8	1940,2	1664,0	1475,7	1536,7	2144,6	3016,0	1521,4
	NXN	2404,1	2569,9	2598,4	2335,3	2303,5	3150,8	4258,7	2337,0
Costo por metro DH	10X5	2419,1	2902,7	2695,7	2262,5	2278,0	3304,5	4706,9	2264,5
	10X5 + ENLACE	2424,2	2859,6	2452,5	2175,0	2264,9	3160,8	4445,2	2242,4
	NXN	2812,0	3154,4	3039,3	2731,5	2694,3	3685,3	4973,1	2733,4
Rendimiento [m/mes]	10X5	543,2	543,2	543,2	589,6	569,3	560,6	551,9	586,7
	10X5 + ENLACE	589,6	589,6	589,6	662,1	627,3	604,1	598,3	650,5
	NXN	557,7	580,9	557,7	604,1	580,9	572,2	566,4	601,2
Adelanto obra [mes]	10X5	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,0	1,0	3,0
	10X5 + ENLACE	3,0	3,0	3,0	7,0	5,0	4,0	4,0	6,0
	NXN	1,0	3,0	1,0	4,0	3,0	2,0	2,0	4,0
Dotación	10X5	480,0	480,0	480,0	480,0	480,0	480,0	480,0	480,0
	10X5 + ENLACE	528,0	528,0	528,0	528,0	528,0	528,0	528,0	528,0
	NXN	640,0	640,0	640,0	640,0	640,0	640,0	640,0	640,0
Productividad [m/mes/HD]	10X5	1,13	1,13	1,13	1,23	1,19	1,17	1,15	1,22
	10X5 + ENLACE	1,12	1,12	1,12	1,25	1,19	1,14	1,13	1,23
	NXN	0,87	0,91	0,87	0,94	0,91	0,89	0,89	0,94

ANEXO E Consideraciones en cálculo de impacto de iniciativas

Tabla 22 Consideraciones cálculo de impacto de iniciativas.

Iniciativa	Impacto Tiempo en Postura Trabajando [hrs/día]	Observación
Cambio a Jornada NxN	0,6	De las 4 horas a recuperar, debe descontarse el tiempo de las actividades no productivas de un turno normal (traslados, actividades de seguridad, etc.)
Cambio a Jornada 10x5+Enlace	1,8	
Habilitación Campamento	0,00	No afecta
Habilitación Casa de Cambio en Sewell	0,00	No afecta
Vehículos de Transporte Interior Mina	2,1	Se considera una reducción en un 60% en los tiempos de viajes
Habilitación Casino Móvil	1,1	Se considera que se cumplirá el tiempo destinado a colación en su totalidad, 1 hora consideración traslados
Descongestión Tramo 5 y ADIT71	0,7	Se considera una reducción en un 75% de la congestión
Adelantar Habilitación ADIT77	0,3	Se considera un 50% de mejora en los tiempos de espera
CIOBM	1,9	Se considera cumplimiento de estándar de tiempos más 15% de perdida

ANEXO F Resultados Simulación

Los resultados de la simulación realizada se encuentran a continuación. La simulación se realizó para el sector esmeralda, sin embargo, se le añade el avance del Panel 2 estimado en 200 metros por mes.

Tabla 23 Resultados simulación de rendimientos.

Tiempo en postura trabajando	Disparos	Esmeralda	Esmeralda + Panel 2
7,5	52,0	332,8	532,8
8	52,7	337,5	537,5
8,5	53,4	341,9	541,9
9	54,1	346,4	546,4
9,5	54,8	350,8	550,8
10	55,5	355,3	555,3
10,5	56,2	359,7	559,7
11	57,0	364,8	564,8
11,5	57,6	368,6	568,6
12	58,3	373,0	573,0
12,5	59,0	377,4	577,4
13	59,7	381,9	581,9
13,5	60,4	386,3	586,3
14	61,0	390,4	590,4

Los resultados obtenidos de la simulación de la GPRO se muestran en la figura a continuación, donde se observa el mismo comportamiento lineal.

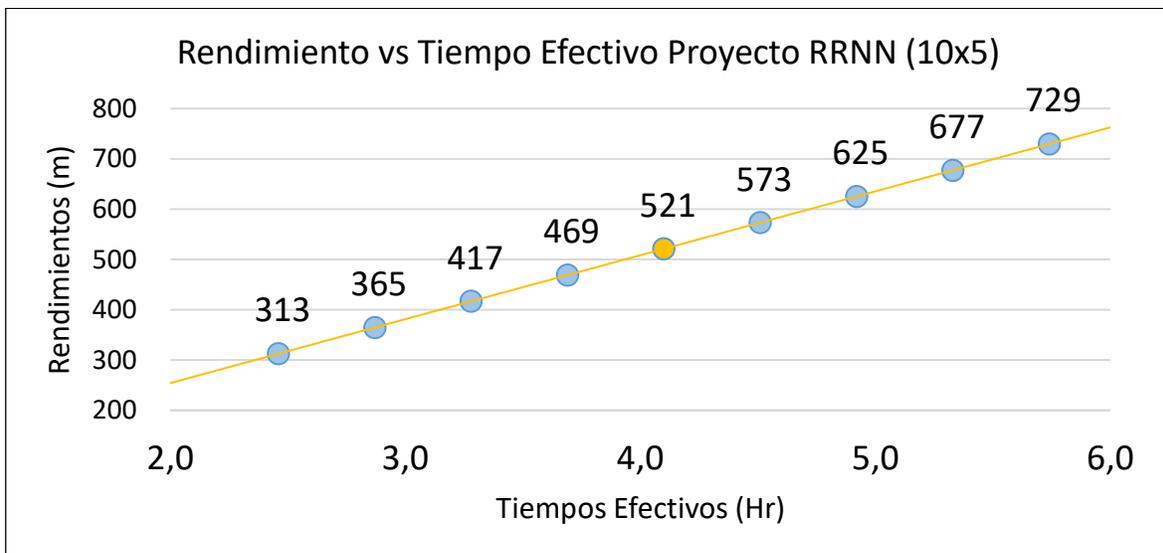


Figura 32 Rendimientos simulación GPRO.

Por último, para comprobar que el resultado de la simulación fue correcto, se comparó con el avance físico de ambos sectores en análisis, obteniendo valores bastante similares a la realidad.

Tabla 24 Avance Físico 2017 Esmeralda-Panel 2.

Mes	Esmeralda [m/mes]		Panel 2 [m/mes]	Total [m/mes]
	UCL	NP	NP	
Enero	110	147	131	388
Febrero	170	209	226	604
Marzo	147	225	190	562
Abril	179	223	213	615
Mayo	146	193	228	567
Junio	176	236	229	640
Julio	131	212	152	494
Agosto	130	242	192	563
Septiembre	112	197	209	518
Octubre	96	182	115	393
Noviembre	29	286	148	463
Diciembre	0	210	264	474
Total	1426	2561	2295	6282
Promedio	119	213	191	524

ANEXO G Costo de mano de obra

El costo directo de mano de obra se obtuvo de las ofertas económicas entregadas por las empresas contratista en los procesos de licitaciones, en particular se utilizó información de la oferta económica de Geovita del contrato N°4501708070 Esmeralda Enlace, y de Mas Errazuriz del contrato N°4501508331 AGD Dacita, estas se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 25 Costo mano de obra.

	Costo Directo	
Líder Cuadrilla Minería/ OOC	\$ 1.221.367	\$ 1.112.727
Maestro Minero /Maestro OOC	\$ 811.867	\$ 587.927
Operador Jumbo	\$ 1.422.867	\$ 955.427
Operador Scoop	\$ 1.117.367	\$ 744.427
Operador Equipo Levante / Retroexcavadora	\$ 902.867	\$ 587.927
Operador Mixer	\$ 987.367	\$ 587.927
Operador de Robot de Shotcrete	\$ 1.032.867	\$ 665.927
IPC Utilizado	2%	11%

A esto se le añade el costo de movilización, camarines y alimentación los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 26 Costo movilización, camarines y casino.

	\$USD	\$CLP
Movilización	\$ 278	\$ 167.634
Camarines	\$ 37	\$ 22.311
Casino	\$ 35	\$ 21.105
Total		\$ 211.050

Así, el costo final de cada cargo es el siguiente.

Tabla 27 Costo final mano de obra.

	AG DACITA	ENLACE
Líder Cuadrilla Minería/ OOC	\$ 1.456.844	\$ 1.235.127
Maestro Minero /Maestro OOC	\$ 828.104	\$ 652.599
Operador Jumbo	\$ 1.451.324	\$ 1.060.524
Operador Scoop	\$ 1.139.714	\$ 826.314
Operador Equipo Levante / Retroexcavadora	\$ 920.924	\$ 652.599
Operador Mixer	\$ 1.007.114	\$ 652.599
Operador de Robot de Shotcrete	\$ 1.053.524	\$ 739.179

Para el cálculo se utilizó el promedio de los cargos descritos en la tabla anterior, con un valor de \$976.892 más el 40% en imposiciones y otros gastos, obteniendo un total de \$1.367.649.

ANEXO H Costo Casino Móvil

Los costos asociados a la implementación de un casino móvil se muestran a continuación.

Tabla 28 Costos Casino Móvil AGD Dacita.

Componente	Unidad	Cantidad		Cantidad total		Precio unitario		Precio Total		TOTAL	
		Prop	Rev	Prop	Rev	Prop	Rev	Prop	Rev	Prop	Rev
Equipo y maquinaria											
Herramienta menor	hh	123,61 1	120			\$150	\$150	\$18.542	\$18.000	\$667.500	\$648.000
Visi-cooler 1 pta c/ cenefa.	un	0,056	0,056	2	2	\$555.000	\$526.0 66	\$30.833	\$29.226	\$1.110.000	\$1.052.133
Refrigerador Acero Inox. 2 ptas vidrio	un	0,056	0,056	2	2	\$1.160.00 0	\$1.099 .526	\$64.444	\$61.085	\$2.320.000	\$2.199.052
Conservadora Ventus Tapa Dura dual	un	0,056	0,056	2	2	\$210.000	\$199.0 52	\$11.667	\$11.058	\$420.000	\$398.104
Mesón de Trabajo Mural c/ repisa infer. DELUXE	un	0,056	0,056	2	2	\$170.000	\$161.1 37	\$9.444	\$8.952	\$340.000	\$322.275
Meson de Trabajo Central c/repisa infer. DELUXE	un	0,056	0,056	2	2	\$135.000	\$127.9 62	\$7.500	\$7.109	\$270.000	\$255.924
Hervidor de agua 30 lt vha-30	un	0,056	0,056	2	2	\$59.000	\$55.92 4	\$3.278	\$3.107	\$118.000	\$111.848
HORNO EL.CONVECCIÓN MIXTO (TOUCH) 6GN 1/1 LW Vapor Directo, 16 pasos programación, 10.1 kW. 400/3/50-60	un	0,056	0,056	2	2	\$5.974.50 0	\$5.663 .033	\$331.91 7	\$314.613	\$11.949.000	\$11.326.066
TOTAL								\$477.62 5	\$453.150	\$17.194.500	\$16.313.403
Materiales											
Techo falso	gl	0,056	0,056	2	2	\$2.500.00 0	\$2.369 .668	\$138.88 9	\$131.648	\$5.000.000	\$4.739.336
Materiales varios	gl	0,056	0,056	2	2	\$1.500.00 0	\$1.421 .801	\$83.333	\$78.989	\$3.000.000	\$2.843.602
TOTAL								\$222.22 2	\$210.637	\$8.000.000	\$7.582.938
Mano de obra											
Eléctrico servicios	hd	0,28	0,28	10	10	\$70.312	\$70.31 2	\$19.531	\$19.531	\$703.120	\$703.120
Ayud. eléctrico servicios	hd	0,28	0,28	10	10	\$58.962	\$58.96 2	\$16.378	\$16.378	\$589.620	\$589.620
Maestro IF	hd	0,56	0,28	20	10	\$68.550	\$68.55 8	\$38.083	\$19.044	\$1.370.991	\$685.580
Ayudante servicios	hd	0,56	0,56	20	20	\$58.962	\$58.96 2	\$32.757	\$32.757	\$1.179.240	\$1.179.240
Encargada de comedor	hd	60,00	60,00			\$58.962	\$58.96 2	\$3.537.7 20	\$3.537.720	\$127.357.92 0	\$127.357.92 0
TOTAL								\$3.644.4 69	\$3.625.430	\$131.200.89 1	\$130.515.48 0
Otros subcontratos											
Fletes Equipos	vj	0,056	0,000	2	0	\$590.000	\$590.0 00	\$32.778	\$0	\$1.180.000	\$0
Flete Materiales	vj	0,056	0,056	2	2	\$300.000	\$300.0 00	\$16.667	\$16.667	\$600.000	\$600.000
Iluminación	gl	0,028	0,028	1	1	\$2.000.00 0	\$2.000 .000	\$55.556	\$55.556	\$2.000.000	\$2.000.000
TOTAL								\$105.00 0	\$72.222	\$3.780.000	\$2.600.000
COSTOS TOTALES											
COSTO DIRECTO								\$4.449.3 16	\$4.361.439	\$823.719	
COSTO INDIRECTO								\$661.52 4	\$648.459	\$122.471	
UTILIDADES								\$508.11 2	\$498.076	\$94.069	
PRECIO UNITARIO (\$)								\$5.618.9 53	\$5.507.975	\$1.040.259	
COSTO TOTAL (\$)								\$202.28 2.297	\$198.287.08 9	\$37.449.319	