



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

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL EN OBRAS DE  
CONSTRUCCIÓN EN PROYECTOS SUBTERRÁNEOS DE LA DIVISIÓN EL  
TENIENTE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

PABLO ADOLFO TELLO MORALES

PROFESOR GUÍA:  
MARCELO VARGAS VERGARA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
SEBASTIÁN CARMONA CALDERA  
ISAAC NAVIA MORENO

SANTIAGO DE CHILE

2016

## **RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL**

**TÍTULO DE:** Ingeniero Civil de Minas

**POR:** Pablo Adolfo Tello Morales

**FECHA:** 11/04/2016

**PROFESOR GUÍA:** Marcelo Vargas Vergara

### **ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN EN PROYECTOS SUBTERRÁNEOS DE LA DIVISIÓN EL TENIENTE**

El tema a desarrollar consiste en la medición y análisis de la productividad en el área de la construcción de proyectos subterráneos. El objetivo primordial es determinar los factores que afectan la productividad de los contratos a través de la estimación de rendimientos y tiempo efectivo de las cuadrillas presentes en la sala eléctrica principal, considerada crítica según el programa maestro del proyecto.

Para la estimación de la productividad se recopila información en terreno respecto al avance físico, horas efectivas y número de trabajadores. Se realiza un seguimiento continuo a la jornada identificando las principales causas de tiempo perdido y bajo ritmo de trabajo.

En el presente estudio se determina que la productividad de las cuadrillas en su conjunto es aproximadamente un 76 %, es decir, uno de cuatro trabajadores no genera un avance significativo. En cuanto a la eficiencia de los trabajos, se calcula que el porcentaje de horas efectivas alcanza el 63 % mientras que la efectividad de la programación solo llega a un 70 %. Un aspecto positivo es que comparado al indicador de eficiencia con el promedio nacional estimado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico y la Cámara Chilena de la Construcción se tiene que la empresa colaboradora es un 14 % más eficiente.

Los principales factores que reducen la productividad del contrato se relacionan con la logística de suministros y materiales, y la programación y planificación. Un 23 % de la jornada no genera valor por estos conceptos y se traduce en pérdidas cercanas a los 750 mil dólares por contrato.

Se comprueba que la estandarización de las mediciones y la generación de instructivos permite mejorar los indicadores y detectar de forma rápida los elementos que reducen el desempeño de las cuadrillas. Durante el trabajo el nivel de eficiencia al interior de la sala aumento de un 61 % a un 63 % que se traduce en 11 minutos más de tiempo efectivo disminuyendo las pérdidas económicas en alrededor de 30 mil dólares.

## ABSTRACT

The work to be performed is the measurement and analysis of productivity in the area of underground construction projects. The primary objective is to determine the factors affecting productivity of contracts through estimating yields and effective time crews present in the main electrical room, considered critical according to master project schedule.

Field information about the physical progress, effective time and number of employees was collected to estimate productivity. Continuous monitoring is performed to working time identifying the main causes of lost time and low work rate.

Forms and instructions that are intended to standardize the measurements and allow the application of this methodology in future projects are generated. One of the main conditions of the implemented methodology is the ease and speed with which information can be obtained for calculating the indicators.

In this study it is determined that the productivity of teams as a whole is about 76 %, i.e. one in four workers does not generate a significant advance. Concerning to work efficiency, it is estimated that the percentage of effective hours reaches 63 % while the effectiveness of programming only reaches 70 %. A positive aspect is that compare the efficiency indicator with the estimated Technological Development Corporation national average and the Chilean Camera of the Construction is to be the partner company is 14 % more efficient.

The main factors that reduce the productivity of the contract related to the logistics of supplies and materials, and scheduling and planning. 23 % of the day does not generate value for these concepts and translates into losses of close to 750 mil dollars per contract.

Finally tools that aim to control and productivity improvement applicable to futures contracts are established. Recommendations for their implementation and the role of the various stakeholders in the construction process are carried out.

## AGRADECIMIENTOS

*Al final de esta etapa, quisiera agradecer a los profesores y profesionales que hicieron posible este trabajo, a Marcelo Vargas, por la oportunidad de trabajar junto a un gran equipo, el apoyo y disponibilidad. A Sebastián Carmona e Isaac Navia por su cooperación y consejos.*

*Por otra parte quisiera agradecer profundamente a las personas que me acompañaron en este camino, en especial a mi familia, Irene, Hugo y Emilio, por el apoyo, cariño y confianza incondicional a pesar de la distancia. Son ustedes quienes me inculcaron los valores y entregaron las herramientas necesarias para cumplir mis objetivos y sueños.*

*Agradezco a María José por su tiempo, paciencia e inmenso cariño. Por apoyarme sinceramente en los momentos más difíciles y acompañarme siempre. Obviamente este proceso no sería lo mismo sin ti.*

*Quisiera dar las gracias a todas las personas que conocí y que hicieron de esta experiencia algo inolvidable. A mis amigos de sección, carrera, CAM con quienes reí, celebré, sufrí y que fueron partícipes de momentos que recordaré para siempre. Gracias totales.*

# Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.2.1. Objetivo general . . . . .	2
1.2.2. Objetivos específicos . . . . .	2
1.3. Alcances . . . . .	2
1.4. Estructura del informe . . . . .	3
<b>2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b>	<b>6</b>
3.1. Productividad . . . . .	6
3.2. Niveles de productividad en el mundo . . . . .	9
3.3. Productividad en minería . . . . .	10
3.4. Productividad operacional en la construcción de proyectos mineros . .	14
3.5. Medición de la productividad laboral . . . . .	16
3.6. Contexto . . . . .	17
3.6.1. Descripción y localización . . . . .	17
3.6.2. Contratos . . . . .	19
<b>4. DESARROLLO</b>	<b>21</b>
4.1. Evaluación inicial y validación de la información . . . . .	21
4.2. Definición de variables e indicadores . . . . .	28
4.3. Medición y análisis . . . . .	30
4.3.1. Selección de empresa . . . . .	30
4.3.2. Estandarización de las mediciones . . . . .	31
4.3.3. Medición en terreno . . . . .	34
4.3.4. Estimación de indicadores . . . . .	50
4.3.5. Análisis de resultados y factores que afectan la productividad	52
4.3.6. Evaluación económica de las pérdidas . . . . .	61

<b>5. HERRAMIENTAS PARA LA MEDICIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD OPERACIONAL</b>	<b>62</b>
<b>6. RECOMENDACIONES FUTUROS PROYECTOS</b>	<b>65</b>
6.1. Control de factores claves . . . . .	67
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>73</b>

## Índice de tablas

1.	Evaluación de desempeño . . . . .	19
2.	Factor de Desempeño . . . . .	20
3.	Estándar de Tiempos por Actividad . . . . .	22
4.	Estadística llegada buses interior mina . . . . .	23
5.	Estadística desplazamiento hacia II.FF . . . . .	23
6.	Estadística charla diaria . . . . .	24
7.	Estadística entrega de herramientas y materiales . . . . .	25
8.	Estadística desplazamiento hacia área de trabajo . . . . .	25
9.	Estadística confección de ART . . . . .	26
10.	Estadística evolución tiempo de inicio de turno . . . . .	26
11.	Estadística horas efectivas . . . . .	27
12.	Estándar de tiempos por actividad . . . . .	34
13.	Estadística llegada buses interior mina . . . . .	35
14.	Estadística desplazamiento hacia área de trabajo . . . . .	36
15.	Estadística charla diaria . . . . .	37
16.	Resumen tiempo de ART, herramientas y materiales . . . . .	40
17.	Estadística inicio de turno . . . . .	43
18.	Horas acumuladas por actividad . . . . .	47
19.	Horas ganadas . . . . .	48
20.	Indicadores . . . . .	50
21.	Eficiencia de programación . . . . .	51
22.	Estadística cambio de turno . . . . .	54

## Índice de figuras

1.	<i>Metodología</i> . . . . .	4
2.	<i>Sistema productivo</i> . . . . .	7
3.	<i>Relación entre eficiencia, efectividad y productividad</i> . . . . .	8

4.	<i>Crecimiento anual de la productividad total de los factores (PTF): 2008-2014</i>	9
5.	<i>Productividad total de factores agregada (Crecimiento Anual, %)</i>	10
6.	<i>Productividad en minería 2004-2013 (2004=100)</i>	11
7.	<i>Productividad total de factores agregada en la minería Chilena (Crecimiento Anual, %)</i>	11
8.	<i>Evolución de la PTF en minería en Chile 2000-2013</i>	12
9.	<i>Productividad operacional del sector minero Chileno con respecto a Australia</i>	13
10.	<i>Rezago de la productividad laboral en relación a remuneraciones</i>	13
11.	<i>Niveles de actividad y distribución de tiempos en minería Chilena</i>	14
12.	<i>Agrupación tiempos perdidos</i>	15
13.	<i>Ubicación geográfica División El Teniente</i>	18
14.	<i>Plan de ejecución Obras Eléctricas</i>	19
15.	<i>Curva de avance del contrato</i>	21
16.	<i>Llegada buses interior mina</i>	23
17.	<i>Desplazamiento hacia II.FF</i>	23
18.	<i>Charla diaria</i>	24
19.	<i>Entrega de herramientas y materiales</i>	24
20.	<i>Desplazamiento hacia área de trabajo</i>	25
21.	<i>Confeción de ART</i>	25
22.	<i>Evolución tiempo de inicio de turno</i>	26
23.	<i>Horas efectivas</i>	27
24.	<i>Distribución tiempos de turno</i>	27
25.	<i>Estructura</i>	30
26.	<i>Llegada buses interior mina</i>	35
27.	<i>Histograma tiempo de llegada bus interior mina</i>	35
28.	<i>Desplazamiento hacia área de trabajo</i>	36
29.	<i>Histograma tiempo de llegada a área de trabajo</i>	36
30.	<i>Charla diaria</i>	37
31.	<i>Histograma charla diaria</i>	37

32.	<i>Confección ART/Retiro de herramientas y materiales Obras Civiles</i>	38
33.	<i>Confección ART/Retiro de herramientas y materiales Montaje Mecánico</i>	39
34.	<i>Confección ART/Retiro de herramientas y materiales Electricistas I</i>	39
35.	<i>Confección ART/Retiro de herramientas y materiales Electricistas II</i>	40
36.	<i>Confección ART/Retiro de herramientas</i>	41
37.	<i>Evolución tiempo de inicio turno Obras Civiles</i>	41
38.	<i>Evolución tiempo de inicio turno Montaje Mecánico</i>	42
39.	<i>Evolución tiempo de inicio turno Electricistas I</i>	42
40.	<i>Evolución tiempo de inicio turno Electricistas II</i>	42
41.	<i>Horas efectivas Obras Civiles</i>	43
42.	<i>Horas efectivas Montaje Mecánico</i>	44
43.	<i>Horas efectivas Electricistas I</i>	44
44.	<i>Horas efectivas Electricistas II</i>	44
45.	<i>Histograma horas efectivas</i>	45
46.	<i>Distribución de tiempos</i>	46
47.	<i>Distribución global</i>	48
48.	<i>Tiempo trabajado</i>	52
49.	<i>Pareto tiempo no utilizado</i>	53
50.	<i>Evolución de indicadores</i>	56
51.	<i>Diagrama causa-efecto</i>	57
52.	<i>Fuentes de Ineficiencias</i>	58
53.	<i>Herramientas para el mejoramiento de la productividad</i>	63
54.	<i>Metodología para la implementación de benchmarking</i>	64
55.	<i>Evolución Benchmarking</i>	64
56.	<i>Distribución de tiempos en obras de construcción</i>	69
57.	<i>Proyección de eficiencia en obras de construcción</i>	70
58.	<i>Estándar de tiempos</i>	73
59.	<i>Estándar de tiempos</i>	74
60.	<i>Avance diario por planilla</i>	75

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Motivación

Durante los últimos años los costos de producción de la minería Chilena han aumentado considerablemente debido a múltiples factores entre los que destacan el aumento de los precios de la energía y envejecimiento de los yacimientos. Adicionalmente la industria cuprífera pasa por un período de bajos precios que ha complejizado aun más la situación.

Ante este escenario la productividad del ciclo minero ha adquirido gran relevancia ya que se presenta como una de las variables centrales para mejorar la competitividad de la industria nacional. Urge la necesidad de optimizar recursos y hacer mas eficiente los procesos mineros en todos sus aspectos, desde el diseño hasta la fase construcción, puesta en marcha y operación.

En minería subterránea existen importantes restricciones asociadas a la logística que reducen los niveles de actividad y productividad de los contratos. A nivel mundial un 50 % de los megaproyectos mineros presentan retrasos y en promedio requieren un 62 % más de la inversión inicial estimada <sup>1</sup>.

Es en la etapa de construcción de proyectos donde se observa una variedad de problemas y oportunidades, siendo uno de los principales focos la relación entre el tiempo efectivo y el total de las horas en faena. Según los registros entre el 25 y 40 % del tiempo se pierde por condiciones propias de la mina, mientras que en el global el porcentaje de horas trabajadas respecto a las totales solo llega, en promedio, al 49% en Chile <sup>2</sup>.

En esa línea se desarrolla el siguiente trabajo titulado “Análisis de productividad laboral en obras de construcción de proyectos subterráneos de la División El Teniente”, que tiene como principal objetivo determinar las principales causas del bajo desempeño de las empresas contratista y generar herramientas y recomendaciones para los futuros proyectos de la división.

---

<sup>1</sup>Reporte Ernest & Young, 2015

<sup>2</sup>Centro de Desarrollo Tecnológico y Cámara Chilena de la Construcción

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

El objetivo del siguiente trabajo es medir y analizar la productividad de la mano de obra contratista en un proyecto de minería subterránea en fase de construcción.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Medición de tiempos, actividades y avance en terreno.
- Generar un conjunto de indicadores de eficiencia, efectividad y productividad.
- Desarrollar herramientas e instructivos que permitan estimar los indicadores.
- Identificar los factores que afectan negativamente los tiempos y productividad de las obras.
- Realizar un análisis de costo para determinar el efecto económico de las pérdidas.
- Generar recomendaciones para controlar los factores identificados.
- Proponer herramientas de control de productividad para futuros proyectos.

## **1.3. Alcances**

El presente trabajo se desarrolla en el área de construcción de proyectos, específicamente en la habilitación de las salas eléctricas entre los meses de Enero y Marzo del 2016. Los alcances son:

- Las mediciones son realizadas sobre una empresa o empresas contratistas quienes desempeñan labores al interior de la mina.
- Los trabajos medidos se relacionan con obras civiles, montaje mecánico y eléctrico.

## 1.4. Estructura del informe

El trabajo realizado se estructura de la siguiente forma.

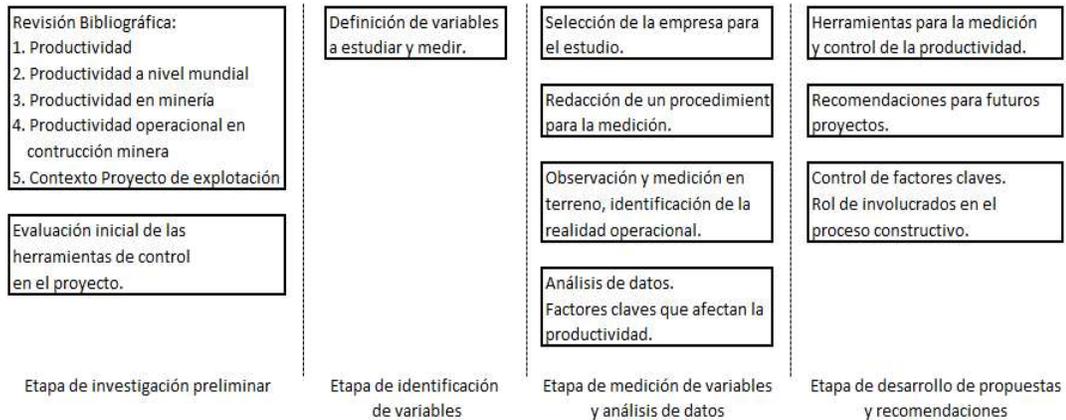
- Capítulo 1: Corresponde a la introducción y motivación del tema de estudio. Se define el objetivo principal y los objetivos específicos además de los alcances.
- Capítulo 2: Corresponde a la metodología utilizada para dar cumplimiento al objetivo de la memoria.
- Capítulo 3: Contiene los antecedentes y contexto de la productividad en distintos niveles. Se definen los principales métodos, indicadores y estadísticas utilizadas para la medición y evaluación de la productividad laboral.
- Capítulo 4: Este capítulo contiene el desarrollo y análisis de la memoria, lo que corresponde a selección de variables, medición en terreno e identificación de los focos de baja productividad.
- Capítulo 7: Se generan herramientas para el control y mejoramiento de la productividad.
- Capítulo 8: Este capítulo contiene las conclusiones del trabajo de memoria.
- Capítulo 9: Contiene recomendaciones generales y específicas para el control de productividad en futuros proyectos.

## 2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se enfoca en dos áreas, la productividad operativa, relacionada con la ejecución y optimización de los recursos, y la productividad de la gestión asociada a la administración y oficina técnica.

Se propone la siguiente metodología para el análisis:

Figura 1: *Metodología*



### ■ Etapa de investigación preliminar

En esta etapa se investiga el contexto actual de la productividad en distintos niveles desde el escenario global hasta la construcción de proyectos mineros nacionales. Se obtienen estadísticas e indicadores que dan a conocer la realidad operacional y el desarrollo productivo del país.

Se reconocen los principales sistemas de evaluación de la productividad en proyectos. Se analizan y validan los registros históricos manejados por la oficina técnica.

### ■ Definición de variables a estudiar y medir

En base a la información recabada y los antecedentes del proyecto, se definen las variables e indicadores que permiten medir y controlar la productividad del proyecto en sus obras de construcción.

Dichas variables e indicadores deben cumplir con ser fáciles y rápidos de medir e interpretar.

- **Medición de variables y análisis de datos**

El objetivo de esta etapa es medir y analizar las variables previamente definidas. Para ello se confecciona un procedimiento de medición que es corregido durante el período de estudio para adaptarlo a la realidad y simplificar el proceso.

Posteriormente se comparte y discute el procedimiento o estándar para que la propia oficina técnica continúe con las mediciones.

Se evalúa el comportamiento y dinámica de trabajo cuantitativa (estadística) y cualitativamente, con el objetivo de determinar la productividad global de los trabajos e identificar las principales causas del bajo desempeño.

- **Desarrollo de propuestas y recomendaciones**

Posterior al análisis se elaboran y definen herramientas para la medición y control de la productividad de los contratos de obras.

Se entregan recomendaciones orientadas a un sistema de control integral y la gestión de los factores claves de productividad.

### 3. ANTECEDENTES

En este capítulo se entregan los antecedentes e información de referencia para la realización del trabajo, se aborda el contexto productivo desde lo general a lo específico incorporando las distintas metodologías para su medición.

#### 3.1. Productividad

El concepto de productividad es la razón entre la cantidad de producción y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Elevar este indicador significa encontrar mejores formas de emplear con mayor eficiencia la mano de obra, capital físico y humano que existen en una determinada empresa, industria o país.

La productividad se puede medir de diversas formas, siendo las más frecuentes:

- Producto por trabajador u hora empleado: razón denominada productividad laboral.

$$Productividad\ Laboral = \frac{Ventas\ Totales}{N\ Trabajadores} \quad (1)$$

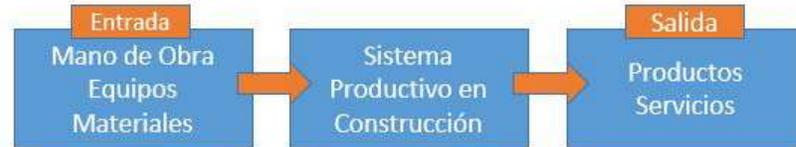
- Producto por stock de capital: razón denominada rendimiento de stock de capital.

$$Rendimiento\ Stock\ de\ capital = \frac{Ventas\ Totales}{Stock\ Capital} \quad (2)$$

- Producto por unidad de input: razón que proporciona la productividad total de los factores (PTF), su crecimiento se entiende como la diferencia entre el aumento de la producción y el aumento de los inputs utilizados (capital y trabajo). Esta última forma es la más confiable al largo plazo, sobre todo en países industrializados donde difícilmente se puede aumentar la productividad de cada trabajador.

En el ámbito de la construcción el sistema productivo interactúa básicamente de la siguiente forma:

Figura 2: *Sistema productivo*



En este caso se puede definir, adicionalmente, la productividad como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado, más productivo es el sistema.

En base a este sistema productivo, se distinguen tres productividades parciales.

- Productividad de los materiales: Relación entre los materiales utilizados y la cantidad producida. Es necesario controlar los costos y minimizar las pérdidas de insumos utilizados.
- Productividad de los equipos: Es la relación entre la producción y el uso de la maquinaria. Tiene asociado un alto costo por lo que se deben evitar los tiempos muertos y el retrasos.
- Productividad de mano de obra: Factor fundamental que determina el ritmo de trabajo.

Este último factor se define como:

$$Productividad\ M.O = \frac{Avance\ Obras}{Horas\ Hombre} \quad (3)$$

Dicho avance se puede cuantificar por tarea o como horas ganadas. Las horas ganadas permiten llevar a una misma unidad todos los trabajos y se calculan con la siguiente formula:

$$Horas\ Ganadas = Rendimiento \left[ \frac{HH}{unidad\ trabajada} \right] * unidades\ trabajadas. \quad (4)$$

Donde el rendimiento es calculado en base a las horas de trabajo presupuestadas y la cantidad de trabajo expresado una determinada unidad que depende del tipo de actividad (metros lineales, Kg, unidades globales). Estos valores quedan establecidos en el contrato y en base a ellos se genera el plan maestro con los plazos y recursos.

Por otra parte es importante destacar que para lograr una alta productividad se requiere una alta eficiencia y alta efectividad. La primera se relaciona con la capacidad para conseguir un objetivo aprovechando de la mejor manera posible los recursos disponibles, mientras que la segunda es la capacidad de lograr lo propuesto reflejado en el cumplimiento de programas y plazos.

Estas dos cualidades se combinan de distintas formas, determinando la condición del sistema productivo como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3: *Relación entre eficiencia, efectividad y productividad*



*Fuente: Revista Universidad EAFIT (2004)*

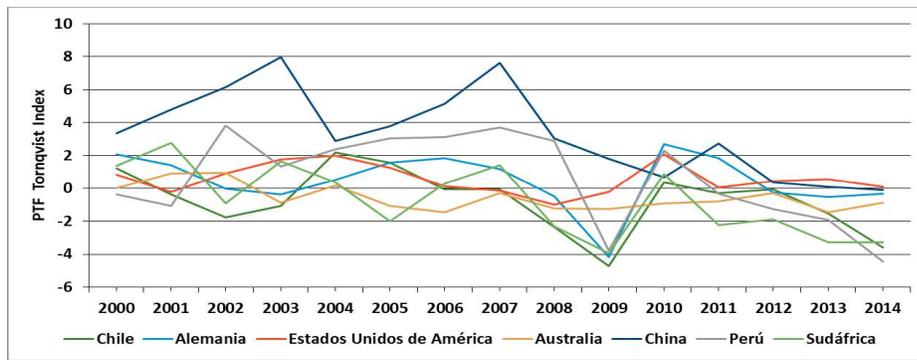
Un contrato o proyecto puede tener una alta eficiencia sin lograr los objetivos, o viceversa, lograr los objetivos sin utilizar de forma eficiente los recursos.

### 3.2. Niveles de productividad en el mundo

Globalmente los niveles de productividad han ido en aumento, esto como resultado de una mejor combinación de capital, trabajo y tecnología. Sin embargo, en los últimos años la producción por trabajador se ha ralentizado en prácticamente todas las regiones, poniendo en evidencia una desaceleración de la productividad.

La PTF, que considera los niveles de formación, inversión y número de trabajadores, cayó en un 0.27 % el 2014, indicando que se trata de un fenómeno global que se presenta como una de las mayores amenazas para la mejora de las condiciones de vida de todos los países. La figura (4) muestra la evolución del indicador:

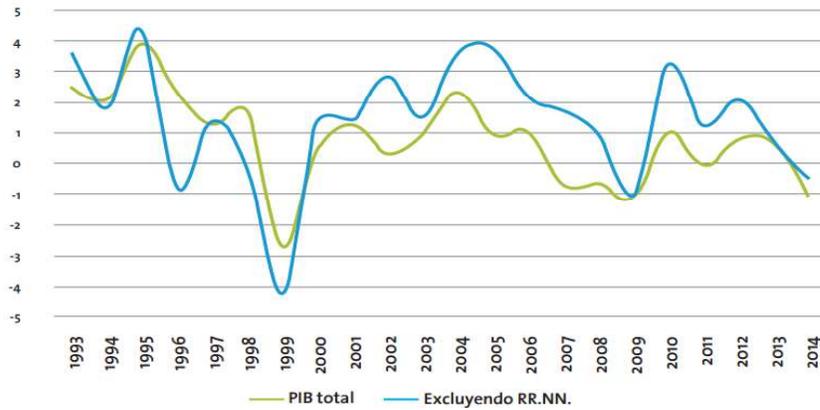
Figura 4: *Crecimiento anual de la productividad total de los factores (PTF): 2008-2014*



*Fuente: The conference Board, Total Economy Database*

El caso de Chile no es distinto, durante los últimos años la productividad había crecido en promedio un 0.9 %. Sin embargo, a partir del año 2013 el escenario cambió y la PTF de la economía chilena decreció un 1.0 % el 2014. Este cambio se observa en la siguiente figura (5):

Figura 5: *Productividad total de factores agregada (Crecimiento Anual, %)*



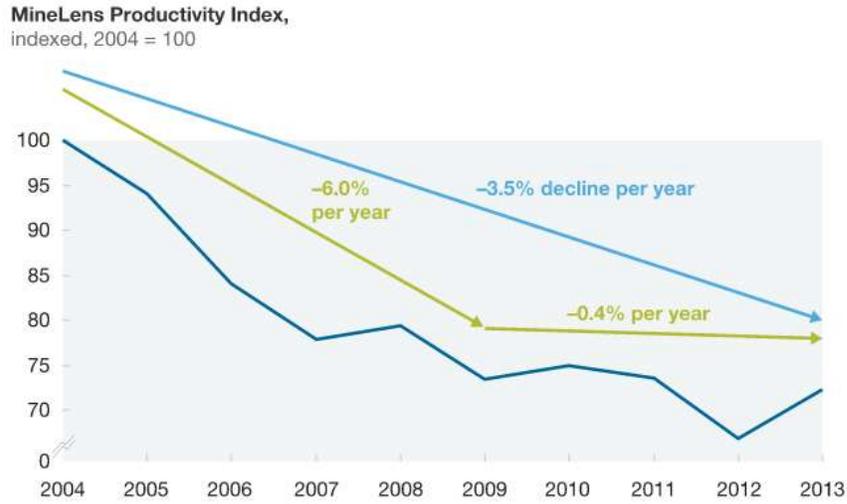
*Fuente: Boletín Anual Evolución de la PTF en Chile, CORFO-UAI 2014*

Uno de los factores asociados a esta caída es la baja productividad laboral del país, que según la Encuesta Económica de Chile (2010) realizada por la OCDE se explica por la baja participación laboral, especialmente en mujeres y jóvenes. Las cifras indican que durante el 2014 en Chile un trabajador generaba US\$26 por hora, mientras que el promedio de la OCDE es de US\$46 y en Noruega, el país con mayor productividad, es de US\$86. En definitiva cada trabajador Chileno produce la mitad que los otros países pertenecientes al grupo, aun cuando en Chile se trabajan en promedio 1.990 horas al año mientras que el promedio de la OCDE es de 1.770.

### 3.3. Productividad en minería

La productividad en el sector minero ha experimentado un baja constante durante la última década, las empresas se han enfocado en producir y no en mejorar su eficiencia. La productividad de la mano de obra se ha reducido en un 35 % desde el 2007 en el sector del oro en Sudáfrica, y la productividad del capital en Australia ha bajado un 45 % desde el año 2000. Una mirada global de la productividad se observa en la siguiente figura (6) donde se establece que las compañías mineras son un 28 % menos eficientes, con una baja anual de 3.5 %. (MineLends Productivity Index es un indicador basado en la función de producción de Cobb-Douglas)

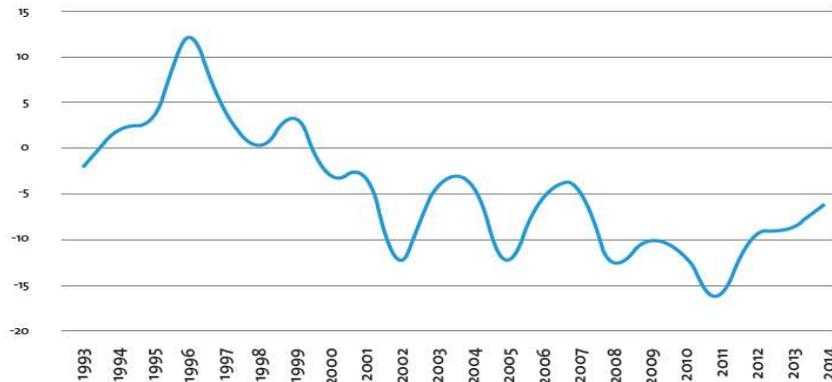
Figura 6: Productividad en minería 2004-2013 (2004=100)



Fuente: Company annual reports, McKinsey analysis

En Chile, la minería ha demostrado un sostenido decrecimiento de la productividad, por decimo quinto año consecutivo el sector minero presento en 2014 una contracción de la PTF. El sector cayó un 6.3% dicho año debido a la caída en la ley del cobre dando a conocer un empeoramiento en las condiciones de competitividad.

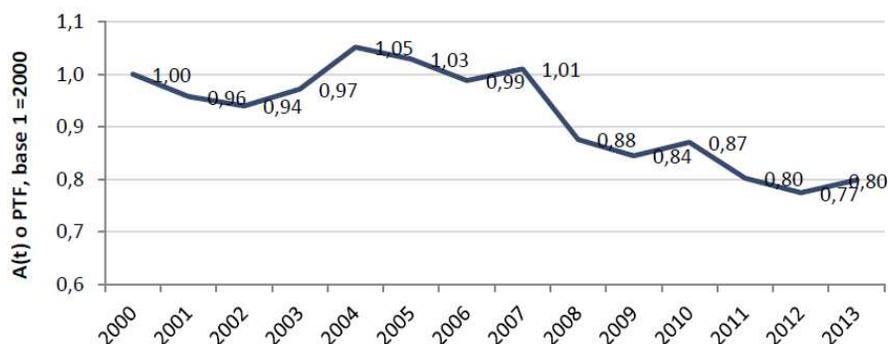
Figura 7: Productividad total de factores agregada en la minería Chilena (Crecimiento Anual, %)



Fuente: Boletín Anual Evolución de la PTF en Chile, CORFO-UAI 2014

Distintos estudios se han realizado con el fin de excluir la variable geológica del análisis de productividad en minería destacando los realizados por COCHILCO 2013-2014. En ellos se incorpora dicha variable (a través de la ley de cobre y relación estéril mineral) estimando que la productividad en la minería Chilena ha disminuido en un 20 % en el período 2000-2013.

Figura 8: *Evolución de la PTF en minería en Chile 2000-2013*



*Fuente: Productividad en la industria minera en Chile, COCHILCO 2014*

Los factores que posiblemente han deteriorado la productividad del sector se relacionan con la calidad del recurso humano a nivel operacional y gerencial, administración y gestión de los insumos productivos y el deterioro del recurso geológico no medido a través de las variables típicas.

Fuera de la caída global, Chile presenta una productividad operacional considerablemente menor que las grandes potencias mineras, ejemplo de ello, es que la gran minería chilena es un 32 % menos eficiente que la minería australiana.

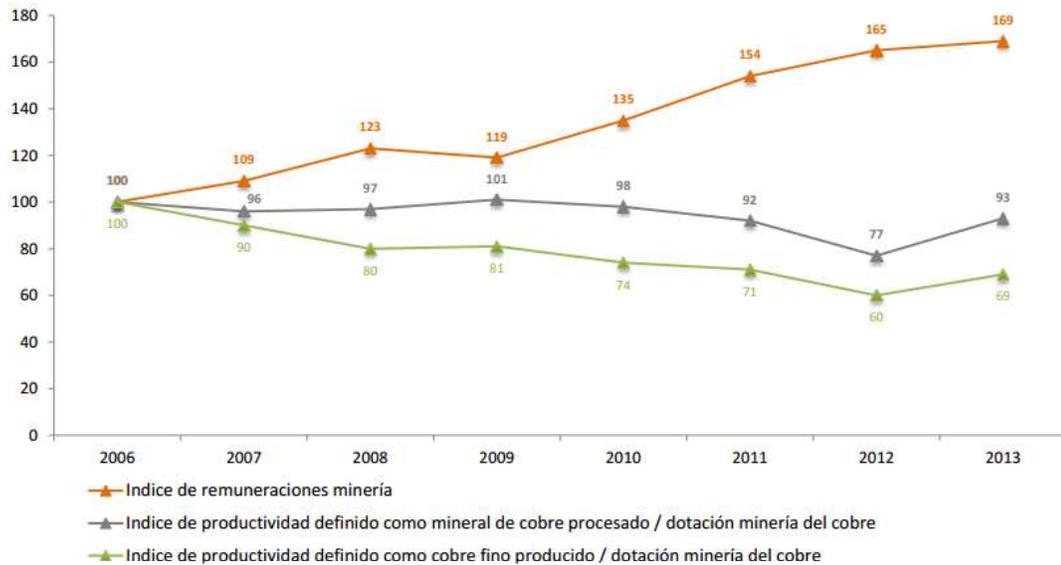
Figura 9: *Productividad operacional del sector minero Chileno con respecto a Australia*



Fuente: Wood Mackenzie; Análisis McKinsey

Junto a ello, la competitividad del país se ve empeorada por el aumento del costo de mano de obra año tras año. En la siguiente figura (10) se observa un aumento sustancial en las remuneraciones mientras que la productividad cae tanto en mineral procesado como fino producido. El comportamiento entre estas últimas es similar por lo que la baja de productividad se asocia a la extracción de material.

Figura 10: *Rezago de la productividad laboral en relación a remuneraciones*



Fuente: Consejo minero a partir de información de COCHILCO, Sernageomin,

INE

### 3.4. Productividad operacional en la construcción de proyectos mineros

Basado en el estudio realizado por la corporación de desarrollo tecnológico (CDT) sobre la productividad en la construcción de grandes proyectos mineros, se señala que solo el 49 % del tiempo medido corresponde a tiempo efectivo de trabajo. Es decir, que en la construcción la productividad es menos de la mitad del potencial.

Figura 11: Niveles de actividad y distribución de tiempos en minería Chilena



Fuente: Informe Buenas Prácticas Construcción Minera CChC

Las categorías en las que se divide el trabajo son:

- Agrega Valor (AV): Es el tiempo invertido por trabajadores o equipos en actividades que agregan directamente valor a la obra.
- Soporte (So): Es el tiempo invertido en actividades que apoyan a las que agregan valor, y que son necesarias para el proceso constructivo.
- Detenciones Autorizadas (DA): Es el tiempo utilizado en detenciones/descansos conformes a la ley, por el propio mandante o dados por las condiciones climáticas.

- No Agrega Valor (NAV): Consiste en el tiempo gastado en actividades que no agregan valor a la obra.

Según este informe los principales factores asociadas a la baja productividad de los proyectos mineros en Chile se encuentran:

- Información desde ingeniería y suministros clave.
- Metodología y tecnología, asociado a los procesos de planificación y administración de recursos.
- Traslados de inicio y fin de jornada.
- Coordinación de cambios de turno.
- Uso eficiente de personal especializado.

Al agrupar y analizar las causas que generan el 32 % de tiempo que no agrega valor se tiene la siguiente figura (12), destaca la planificación como el gran responsable de las ineficiencias con un 75 %.

Figura 12: Agrupación tiempos perdidos



Fuente: Informe Buenas Prácticas Construcción Minera CChC

Dentro de las conclusiones de la investigación se destaca que la primera línea de análisis dentro de un estudio de productividad operacional corresponde a cómo se

utiliza el tiempo de la jornada, específicamente cuantificar el tiempo disponible para desarrollar una tarea al restar los tiempos productivos (Informe estudio productividad en construcción minera, CDT), posteriormente se debe analizar los rendimientos y el cumplimiento de los programas.

### **3.5. Medición de la productividad laboral**

Generalmente las empresas contratistas no miden la productividad, en la mayoría de los casos supervisan los costos de los elementos y avance de la construcción durante el transcurso del proyecto sin proporcionar información actualizada de la eficiencia con la que son utilizados los recursos .

Los métodos más comunes para la medición de la productividad involucran mecanismos de seguimiento de la mano de obra, por lo que para llegar a un control efectivo, se requiere medir el trabajo. Estas mediciones pueden ser aplicada por el mandante para determinar cuán eficientes son las empresas contratistas, la supervisión, los especialistas, etc. Un sistema que registre constantemente el uso que se le da al tiempo es una forma precisa y fiable para medir y mejorar la productividad.

A continuación se definen los métodos de medición mas frecuentes.

#### **■ Métodos directos:**

- Porcentaje de trabajo terminado: Periódicamente se estima el porcentaje de los avances de obra por ítem de trabajo completo. Es un método simple y no requiere una gran cantidad de personal. La principal desventaja es que no entrega una información uniforme y fiable ya que depende de la percepción de quien evalúa los trabajos, además en caso de estar parcialmente completado la estimación es sumamente subjetiva.
- Cantidad física de trabajo terminado: Método más detallado y preciso donde los avances son medidos y contabilizados constantemente aunque continuamente presenta el inconveniente de cómo determinar la cantidad avanzada en trabajos parcialmente completados. Requiere de un equipo más potente que realice un seguimiento continuo a los trabajos.

- Medición de horas de trabajo: Reportar las horas trabajadas es la técnica más simple. Solo requiere que las horas trabajadas estén apropiadamente asociadas con el trabajo que se está desarrollando.
- **Método de muestreo de trabajo:** Técnica en la que un gran número de observaciones son hechas sobre los trabajadores para determinar qué es lo que hacen durante la jornada de trabajo.
- **Método de cuestionarios:** Están dirigidos a temas como la percepción de retrasos, escasez de materiales y herramientas, la supervisión y capacidad de gestión, motivación, ausentismo y comportamientos en general.
- **Método del valor ganado (EVM):** Se utiliza comúnmente para medir desempeño e involucra el alcance, costo y programa del proyecto para evaluar al contratista. Considera 3 ítemes básicos:
  - Valor Planeado: es el costo presupuestado del trabajo planificado.
  - Valor Ganado: es el costo presupuestado realmente ejecutado para una actividad.
  - Costo real: es el costo del trabajo ejecutado.

## 3.6. Contexto

### 3.6.1. Descripción y localización

División El Teniente (DET) es uno de los complejos minero-metalúrgico de la Corporación Nacional del Cobre de Chile, cuyas instalaciones principales se localizan en la Sexta Región de Chile, a 80 km al Sureste de la ciudad de Santiago y a 50 km al Este de la ciudad de Rancagua.

Figura 13: *Ubicación geográfica División El Teniente*



El proyecto en cuestión es uno de los últimos sectores explotables sobre el nivel Teniente 8 y considerado necesario para cumplir dos objetivos, el primero, asegurar el cumplimiento de las metas productivas comprometidas en el PND y, segundo, evitar la singularidad que produciría su no explotación en el contexto del Proyecto NNM.

En definitiva constituye un proyecto de reemplazo de sectores que se agotarán en el contexto de la actual explotación del yacimiento El Teniente. Los límites de batería, definidos por el proceso productivo, son:

- Desde: El footprint definido por el Proyecto en su nivel de hundimiento.
- Hasta: Mineral puesto sobre el FFCC de Teniente 8, en nuevo XC 2AS.

El método de explotación es Panel Caving con Hundimiento Convencional y aplicación mixta de fracturamiento hidráulico y debilitamiento dinámico con explosivos obedeciendo a aspectos geomecánicos, operacionales y factibilidad técnica. El sector a explotar posee reservas por 39.1 Mton con ley de cobre de 1.17% contempla una vida útil de 10 años a un ritmo de 17 ktpd.

El Proyecto de explotación se divide en 4 subproyectos; Minería (desarrollos y excavaciones), Chancado, Obras Civiles y Obras Eléctricas. A la fecha se han



Con estos indicadores se calcula una nota de desempeño que define el Factor de Desempeño que afectará a los costos directos incluyendo su utilidad.

Tabla 2: Factor de Desempeño

Nota Desempeño	FD
$95 < ND \leq 100$	1.00
$90 < ND \leq 95$	0.98
$85 < ND \leq 90$	0.96
$80 < ND \leq 85$	0.94
$50 < ND \leq 70$	0.92
$0 < ND \leq 50$	0.90

De acuerdo a los puntos anteriores, el Estado de Pago será:

$$EP = GG + CD * FD$$

Donde EP es el estado de pago, GG gastos generales, CD costo directo.

Como se observa las condiciones que impone el mandante se relacionan principalmente al cumplimiento de los avances programados en las fechas determinadas. El uso eficiente o deficiente de los recursos no es castigado, y caso de no cumplir el programa, el efecto del factor de desempeño se ve sujeto a las interferencias que presente la empresa ocultando las causas internas de improductividad.

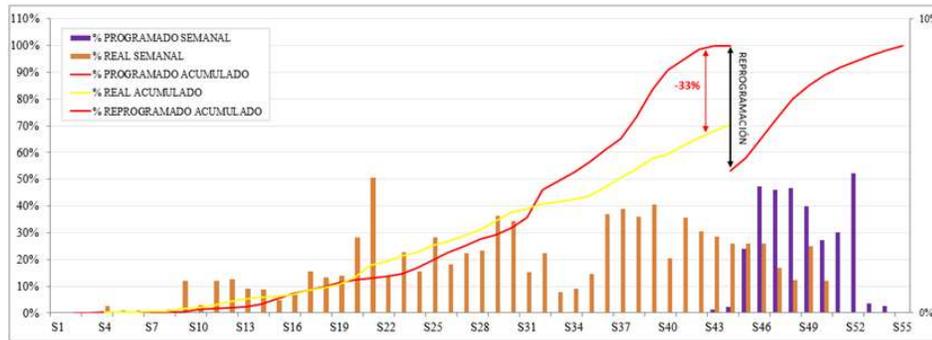
## 4. DESARROLLO

### 4.1. Evaluación inicial y validación de la información

Actualmente la administración del Proyecto controla el tiempo y la cantidad de trabajo a través de dos herramientas, la medición del avance físico y el tiempo efectivo. Sin embargo, se desconocen los procedimientos para las mediciones y no se cuenta con indicadores que señalen si los recursos, fundamentalmente mano de obra, están siendo utilizados de manera eficiente. Por esta razón en una primera etapa se evalúan y validan los registros aportados por la oficina técnica a cargo de una empresa de ingeniería contratista.

A continuación se muestra la curva de avance del contrato de obras civiles y montaje de infraestructura de apoyo eléctrico del proyecto:

Figura 15: *Curva de avance del contrato*



Se observa que el contrato presenta una importante desviación del avance, llegando a un 33% la segunda semana de Febrero. Posteriormente frente al retraso de las obras se reprograman los trabajos y agregan los adicionales asignados a la empresa, por ello el cumplimiento programado baja a un 53%.

El avance, como se indica en los antecedentes, es cuantificado a través de la horas ganadas y presenta un valor global que reúne todas las partidas. Es una herramienta útil para estimar el estado del proyecto, pero no entrega información instantánea de las desviaciones, causas de los retrasos y utilización de los recursos por área. Por lo demás requiere de un seguimiento exhaustivo por parte de la oficina técnica para

completarlo y agregar las modificaciones que se generan en el transcurso del contrato.

La otra herramienta utilizada hace referencia a la medición de las horas efectivas de trabajo y el tiempo por actividad dentro del turno. La jornada laboral sigue una secuencia lógica desde la llegada del bus al interior de la mina hasta que los trabajadores se retiran de la obra. Cada una de las actividades desarrolladas tiene asociado un tiempo estándar considerado razonable para el cumplimiento óptimo, dicho estándar es definido por la oficina técnica en conjunto con la empresa contratista. En la siguiente tabla se muestran los valores:

Tabla 3: Estándar de Tiempos por Actividad

Actividad	Turno A	
	Hora	Duración
Llegada de buses a barrio cívico	8:10	
Desplazamiento a II.FF	8:15	0:05
Charla diaria	8:35	0:20
Entrega herramientas y materiales	8:45	0:10
Desplazamiento a área de trabajo	8:50	0:05
Confección de ART	9:00	0:10
Inicio primer 1/2 turno	9:00	
Termino primer 1/2 turno	13:15	
Desplazamiento a casino	13:25	0:10
Colación	14:25	1:00
Desplazamiento área de trabajo	14:35	0:10
Inicio segundo 1/2 turno	14:35	
Termino segundo 1/2 turno	18:00	
Desplazamiento a II.FF	18:15	0:15
Entrega de herramientas	18:25	0:10
Desplazamiento a anden	18:35	0:10
Espera de buses	18:45	0:10
Salida de buses	18:45	
T1 - Primer medio turno	4:15	
T2- Segundo medio turno	3:15	
Horas efectivas interior mina	10:35	
Horas efectivas de trabajo	7:30	

Según esta información los trabajadores no deberían demorar más allá de 50 minutos en iniciar los trabajos, y en total deben estar en postura aproximadamente 7:30 horas.

A continuación se muestran los datos aportados por oficina técnica, que incluye un período de 7 semanas (Número de muestras 35). Se pone especial énfasis en el inicio de turno.

Figura 16: *Llegada buses interior mina*

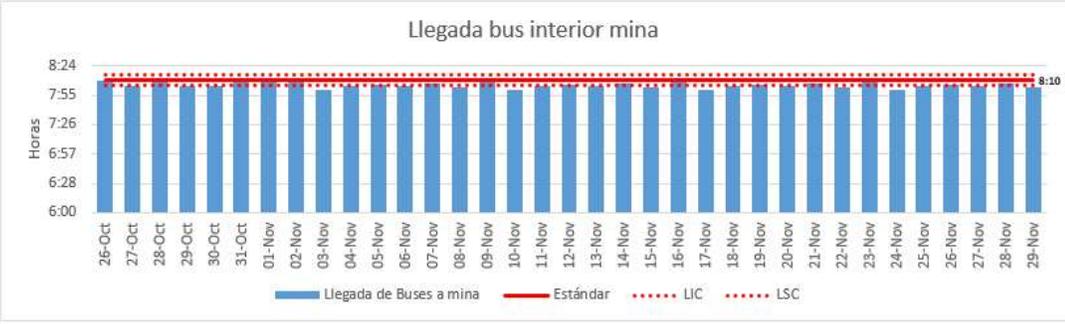


Tabla 4: Estadística llegada buses interior mina

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
8:05	0:03	8:10	8:00

La llegada muestra desviaciones mayores al 10%, con un máximo retraso de 10 minutos. No presenta una tendencia o patrón significativo.

Figura 17: *Desplazamiento hacia II.FF*



Tabla 5: Estadística desplazamiento hacia II.FF

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
0:07	0:01	0:08	0:05

El desplazamiento a la instalación muestra una variabilidad importante. La mayoría de las mediciones tienen un sobre tiempo mayor al 20 %.

Los datos son bastante repetitivos indicando que se tratarían de supuestos o estimaciones gruesas del tiempo de traslado.

Figura 18: *Charla diaria*



Tabla 6: Estadística charla diaria

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
0:16	0:03	0:25	0:12

En esta actividad se registra una sub utilización del tiempo estándar. Nuevamente los datos son repetitivos y bastante uniformes durante la semana, salvo los días Lunes y Martes donde el valor disminuye a los 12 minutos y asciende a los 20 minutos respectivamente.

Figura 19: *Entrega de herramientas y materiales*



Tabla 7: Estadística entrega de herramientas y materiales

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
0:18	0:03	0:23	0:12

La entrega de herramientas y materiales excede por amplio margen el tiempo designado. Este sobre tiempo es menor los días Lunes y Miércoles de cada semana.

Los datos semanales se repiten corroborando que se trata de estimaciones y supuestos.

Figura 20: *Desplazamiento hacia área de trabajo*



Tabla 8: Estadística desplazamiento hacia área de trabajo

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
0:07	0:03	0:15	0:05

Figura 21: *Confeción de ART*

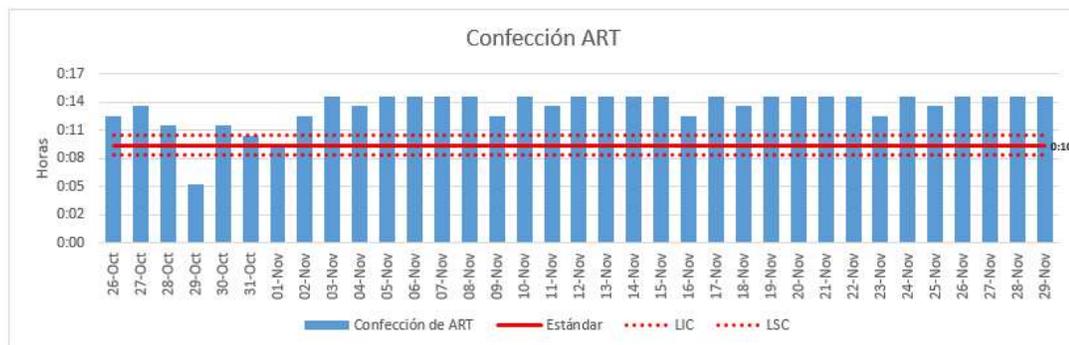


Tabla 9: Estadística confección de ART

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
0:14	0:02	0:15	0:06

Se observa que en todas las actividades de inicio de turno existen desviaciones mayores al 10 % respecto al estándar establecido. Los motivos de estas variaciones no son investigadas e informadas formalmente.

A pesar de ello, el sobre tiempo utilizado en el desarrollo de estas actividades no impacta de forma significativa las horas efectivas ya que no superan los 20 minutos de retraso.

Figura 22: Evolución tiempo de inicio de turno



Tabla 10: Estadística evolución tiempo de inicio de turno

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
1:02	0:07	1:16	0:48

El promedio de tiempo utilizado en el inicio de turno es 1:02 horas, un 24 % mayor al estándar. El comportamiento indica una periodicidad semanal, donde el día Lunes se caracteriza por cumplir con el tiempo asignado.

Fuera de las actividades inicio de turno, la variable crítica lo constituye la cantidad de horas efectivas que se muestran en la figura:

Figura 23: Horas efectivas



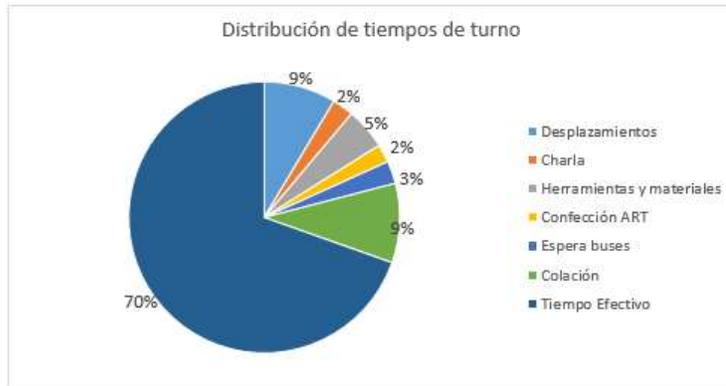
Tabla 11: Estadística horas efectivas

Promedio	Desviación	Máximo	Mínimo
7:29	0:10	7:49	7:06

Se observa que la mayoría de los días medidos, 94 %, esta dentro del rango de +/- 10%. No se evidencia algún patrón especial ni tendencia, resulta ser más bien uniforme con una baja desviación estándar.

Se grafica el tiempo acumulado por actividad entregando la siguiente distribución:

Figura 24: Distribución tiempos de turno



Según la información, la empresa a cargo de las obras eléctricas presenta una eficiencia del 70 % que es un 21 % mayor al promedio nacional estimado por el CDT.

Los resultados obtenidos no concuerdan con la realidad de la operación. Si bien, la efectividad con la que se logran las metas no esta directamente relacionada con la eficiencia que se utilizan los recursos (en este caso mano de obra) si debería evidenciar algunos problemas. En ese punto juega un rol fundamental el cálculo de la productividad ya que relaciona ambas variables.

Al consultar por el procedimiento o metodología con la que se miden las horas efectivas, se detectan serias deficiencias. Los datos son obtenidos al azar y, en la mayoría de los casos, constituyen promedios o aproximaciones visuales. Tampoco se establece que trabajo fue muestreado ni la ubicación.

En ocasiones la información es obtenida directamente de los trabajadores de la empresa contratista perdiendo el carácter de control e introduciendo sesgos, es notorio que los valores son repetitivos y no se están midiendo de buena forma.

El flujo de información es lento y los análisis se realizan de forma tardía, no se visibilizan las horas de trabajo exigidas ni la cantidad de trabajo necesario para cumplir con los plazos.

Por lo tanto, las mediciones no son representativas y no se adaptan a las condiciones de trabajo, se observa en terreno que algunas partida no cuentan con instalación de faena, la confección de la ART se lleva a cabo de forma paralela a la entrega de herramientas, entre otras modificaciones.

Finalmente los datos no son útiles para evaluar el desempeño de la empresa.

## **4.2. Definición de variables e indicadores**

El objetivo del trabajo es analizar la productividad laboral en las obras de construcción de forma global a través de factores o índices que cuantifiquen como se están administrando los recursos, de tal forma que entregue información oportuna para la toma de decisiones.

Se consideran los siguientes indicadores para evaluar el desempeño de la empresa:

- Coeficiente de eficiencia (CE): representa el porcentaje de las horas realmente invertidas en la ejecución de una actividad por parte de un grupo de trabajadores. El cálculo de eficiencia viene dado por las horas de trabajo efectivas

(HH.EE) y las horas no utilizadas (HNU), como se expresa a continuación:

$$CE = \frac{HH.EE}{HH.EE + HNU} \quad (5)$$

- Coeficiente de efectividad o cumplimiento (CEF): Es la relación entre las metas propuestas y el cumplimiento real semanal. Se mide como la razón entre las horas ganadas reales y las programadas.

$$CEF = \frac{HH.GG \text{ reales}}{HH.GG \text{ programadas}} \quad (6)$$

- Efectividad de programación: Es la relación entre las actividades programadas ejecutadas y el total de las actividades programadas durante un período.

$$EP = \frac{N \text{ actividades ejecutadas}}{N \text{ actividades totales programadas}} \quad (7)$$

- Factor de productividad (FP): mide cuán eficiente es el uso de las horas disponibles para la ejecución de los trabajos. Es la relación entre las horas totales utilizadas y las horas ganadas (HH.GG) que cuantifican el avance del proyecto.

$$FP = \frac{HH.GG}{HH.TT} \quad (8)$$

Un desempeño de la mano de obra mayor a 1 indica que los trabajos son realizados mejor que lo programado.

Los proyectos de construcción cuentan con una gran cantidad de actividades a realizar, por lo que, medir y obtener los indicadores en cada frente resulta complejo y costoso en caso de contratar personal. Por lo tanto se debe escoger un (o una serie acotada) de trabajos en función de la cantidad de horas de trabajo invertidas y el riesgo de atraso definido por el programa.

Adicionalmente se determina que la estimación de los indicadores será a nivel de cuadrillas incluyendo obras civiles, eléctricas y tareas de montaje con el fin de obtener información más detallada. La obtención de los datos se realiza de la siguiente forma:

- Avance estimado: Se obtiene del programa de obras de la empresa, que debe ser informado y actualizado dependiendo del caso. Entrega las HH.GG presupuestadas para la semana.

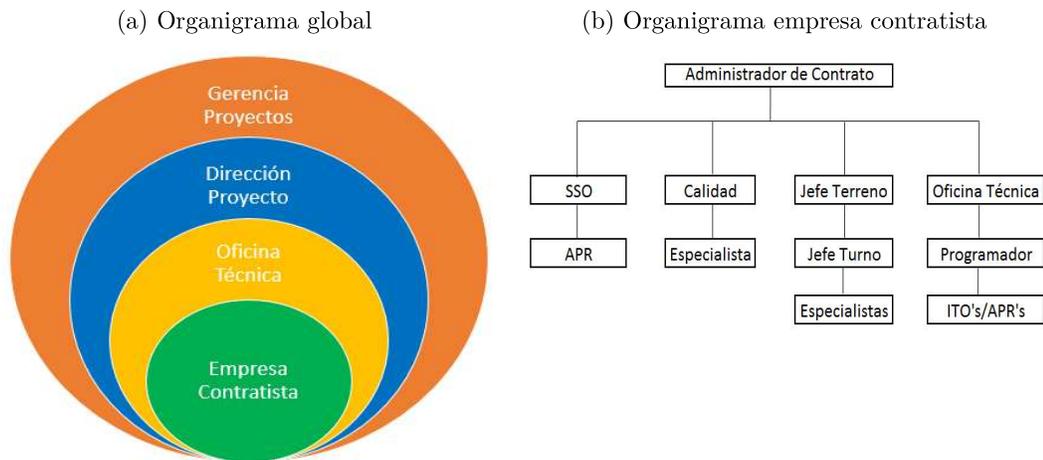
- Horas Efectivas: Son las horas destinadas al trabajo, se medirán diariamente en terreno a cada cuadrilla.
- Avance obras: Corresponde a las HH.GG reales durante un determinado período. En este caso se tiene un valor semanal entregado por la empresa contratistas y validado por el ingeniero programador de la oficina técnica de inspección.
- Actividades programadas: La oficina técnica de la empresa contratistas entrega diariamente un listado con las actividades a realizar.

### 4.3. Medición y análisis

#### 4.3.1. Selección de empresa

La organización en terreno tiene la siguiente estructura.

Figura 25: *Estructura*



Para el estudio de productividad se escoge a la empresa contratista dedicada a la ingeniería, construcción y puesta en marcha de las salas eléctricas del proyecto.

Se medirán los trabajos en la tarea crítica actualmente en desarrollo, que es la sala eléctrica principal (SEP) ya que cuenta con la mayor cantidad de personal directo y es uno de los trabajos finales del proyecto de servicios y estructura de apoyo.

Tanto la empresa contratista como la encargada de la inspección cuentan con una oficina técnica que organiza y controla el avance de los trabajos. La información no

medible en terreno y necesaria para la estimación de los indicadores será solicitada a ellos.

#### **4.3.2. Estandarización de las mediciones**

El principal problema de los registros previamente analizados es la falta de un procedimiento que establezca de forma sencilla y objetiva cual es el criterio para la medición. Es decir, que indique cual es tiempo que debe ser registrado en la planilla o informe diario. Se elabora un instructivo que define las actividades y criterio para la cuantificación de los tiempos por actividad (58) y (59) . (Planilla se puede observar en los ANEXOS)

Definición de actividades y criterios de medición:

- Llegada bus (Barrio cívico, loza): Momento en que el bus se encuentra en el estacionamiento y el terreno cuenta con las condiciones de seguridad mínimo para el descenso de los trabajadores. Se mide cuando el bus detiene el motor y abre su puerta.
- Desplazamiento a II.FF (o área de trabajo en caso de no existir instalación): Trayecto desde los buses hasta la instalación de faena. El tiempo considerado es desde que llega el bus a la loza o barrio cívico hasta que todos los trabajadores de la muestra se encuentran en el sitio de reunión. En la práctica todos los trabajadores se reúnen en el mismo punto por lo que el encargado de medir debe contar con una lista actualizada de los participantes.
- Charla diaria: Reunión donde se dan las instrucciones, nombramientos de las actividades diarias y aspectos relativos a la seguridad. Se mide desde que están reunidos todos los trabajadores, previa verificación de la asistencia, hasta que el moderador indique el termino de esta actividad.
- Entrega de herramientas y materiales: Considera el tiempo desde que los trabajadores retiran los implementos desde la bodega o pañol hasta que la cuadrilla cuenta con las herramientas y materiales necesarios para trabajar. El óptimo

es que esta actividad se realice una sola vez de forma de minimizar tiempos de traslados.

- Desplazamiento hacia área de trabajo (Opcional, depende de la ubicación de los trabajos): Considera el tiempo de trayecto desde bodega o pañol, una vez que los trabajadores cuentan con sus herramientas y materiales, hasta el lugar de trabajo.
- Confección de ART: Considera el tiempo desde que el trabajador inicia el llenado del ART hasta que el documento es aprobado por la ITO. En algunos casos el ART se realiza en conjunto al retiro de materiales, en tal caso se considera una sola actividad ART/Herramientas y materiales, y se mide desde que se da término a la charla hasta que se valida la ART.
- Labores de limpieza y ordenamiento de área (Housekeeping): Se mide el tiempo desde que el ART está validado por la ITO, hasta que todos los trabajadores considerados en la muestra (cuadrilla), finalizan las actividades de limpieza y orden y se encuentran en condiciones de iniciar los trabajos. En el caso de realizar de forma simultánea el ART, retiro de herramientas y limpieza, se considera el conjunto como una sola actividad y el tiempo de medición considera desde el término de la charla diaria hasta que concluyan todas las actividades mencionadas y los trabajadores se encuentren en condiciones de iniciar los trabajos.
- Inicio/Término de actividades: Corresponden a las horas efectivas durante el turno. La medición inicial considera desde que todos los trabajadores se encuentran en el lugar de trabajo y en condiciones de iniciar los trabajos, hasta que finalizan las tareas y se dirigen al casino.
- Traslado a casino: Trayecto entre el área de trabajo y el casino. Se mide desde que los trabajadores salen desde el lugar de trabajo hasta que ingresa al sector de casino.
- Colación: Se considera su medición a partir del momento en que el trabajador

abandona su puesto de trabajo para dirigirse al casino hasta que regresa a su lugar de trabajo. Ver artículo 34 del Código del Trabajo.

- Desplazamiento hacia II.FF (o área de trabajo en caso de no existir instalación de faena): Se mide el tiempo de trayecto desde que los trabajadores abandonan el área de trabajo hasta que llegan a la instalación de faena.
- Entrega de herramientas: Considera el tiempo desde que los trabajadores se dirigen a la bodega o pañol hasta la devolución de las herramientas.
- Desplazamiento hacia andén: Se mide el tiempo de trayecto desde la salida de los trabajadores desde la instalación de faena o área de trabajo hasta su llegada a losa o barrio cívico lugar de estacionamiento de los buses.
- Salida de buses: Momento en que el bus cierra sus puertas y se retira de la faena, o bien se dirige a camarines, según sea el caso.

Estas actividades no están presentes en todos los trabajos por lo que se pueden quitar o unir para reflejar la secuencia del turno.

Junto con medir los tiempos se deben identificar los problemas e interferencias, cambios de planos, falta de suministros y otros que pudieran presentarse para incluir esta información en el análisis.

Por otra parte, la información entregada por los ITO's respecto al avance presenta algunos problemas al momento de cuantificar los trabajos. Algunos de ellos son descritos como en proceso o desarrollo, lo que no permite cuantificar las horas ganadas ni cuantas personas lo realizaron. Se genera la siguiente planilla de avance diario para solucionar este problema (60) (Ver Tabla Anexos).

Con esto se espera registrar los trabajos realizados junto a la dotación dedicada a cada trabajo y las interferencias. La información es verificada con el informe diario entregado por la empresas de ingeniería e inspección.

### 4.3.3. Medición en terreno

Se registran los tiempos y avance de los trabajos con ayuda de los inspectores técnicos de obras. Se define el tiempo dedicado a cada actividad en conjunto con la empresa contratista, la oficina técnica y el especialista del área.

Tabla 12: Estándar de tiempos por actividad

Actividad	Turno A	
	Hora	Duración
Llegada de buses a barrio cívico	8:00	
Llegada área de trabajo	8:05	0:05
Charla diaria	8:25	0:20
Confección ART/Herramientas y materiales	8:45	0:20
Inicio primer 1/2 turno	8:45	
Termino primer 1/2 turno	13:15	
Desplazamiento a casino	13:20	0:05
Colación	14:20	1:00
Desplazamiento área de trabajo	14:25	0:05
Inicio segundo 1/2 turno	14:25	
Termino segundo 1/2 turno	18:10	
Orden y Entrega de herramientas	18:30	0:20
Desplazamiento a andén	18:35	0:05
Espera de buses	18:50	0:15
Salida de buses	18:50	
T1 - Primer medio turno	4:30	
T2- Segundo medio turno	3:45	
Horas efectivas interior mina	10:50	
Horas efectivas de trabajo	8:15	

Según esto, los niveles de eficiencia debiesen rondar el 75 % no demorando más allá de 45 minutos en comenzar los trabajos.

El área no cuenta instalación de faena, la bodega y servicios higiénicos se encuentran a menos de 20 metros. La distancia entre el barrio cívico y el lugar de trabajo no supera los 50 metros.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en terreno, donde se incluyen las actividades de inicio de turno, las horas efectivas y la distribución de los tiempos.

Figura 26: *Llegada buses interior mina*

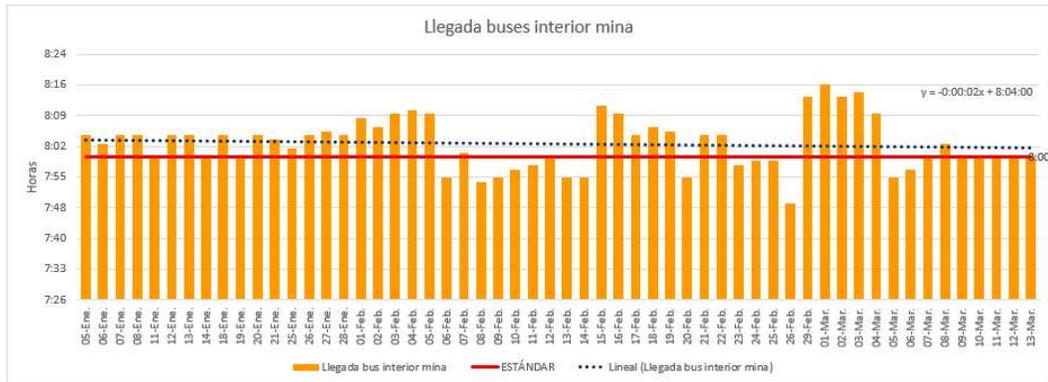
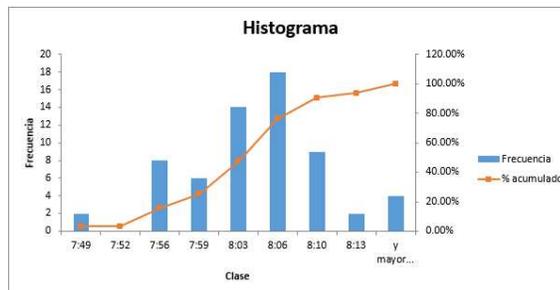


Tabla 13: Estadística llegada buses interior mina

Promedio	Desv. Est.	Máximo	Mínimo	Tamaño Muestra
8:02	0:06	8:15	7:54	56

Figura 27: *Histograma tiempo de llegada bus interior mina*



Como se observa en el gráfico la llegada del bus no presenta grandes variaciones salvo días específicos cuando se acumulan buses en la entrada del barrio cívico causando retrasos inferiores a los 15 minutos. Se aprecia una leve tendencia a la baja producto del control y gestión en la llegada de los trabajadores que en ocasiones se quedan en el interior de bus hasta último minuto.

Figura 28: *Desplazamiento hacia área de trabajo*

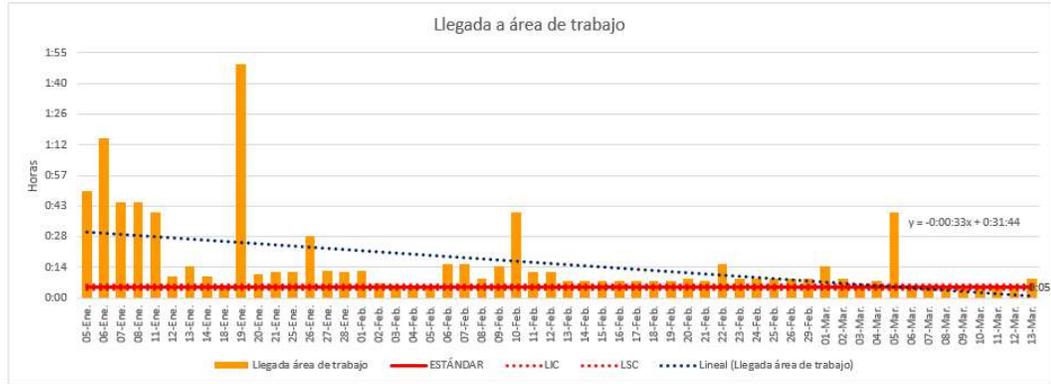
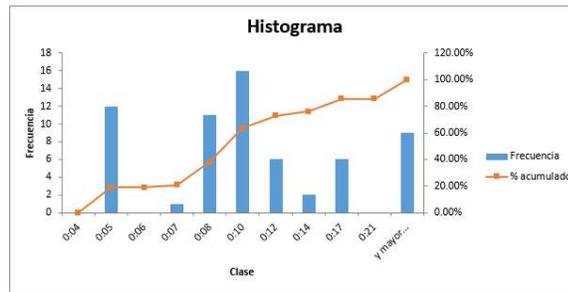


Tabla 14: Estadística desplazamiento hacia área de trabajo

Promedio	Dev. Est.	Máximo	Mínimo	Tamaño Muestra
0:18	0:17	1:15	0:05	56

Figura 29: *Histograma tiempo de llegada a área de trabajo*



El desplazamiento al área de trabajo presenta desviaciones sobre el 10 %, el principal motivo es el permiso de acceso entregado por el encargado del chequeo de gases. La empresa contratista solicita un pase de ingreso innecesario para el lugar donde se desarrollan los trabajos generando demoras.

Al informar la situación se coordinar el en conjunto con el personal de la división recudiendo notoriamente los tiempos desde los 40 minutos en promedio durante las primeras semanas a los 18 minutos.

El 19 de Febrero se registra una demora de casi 2 horas por la reasignación de personal, lo mismo ocurre el 10 de Febrero y el 5 de Marzo.

Otros problemas menores son la falta de llaves para el ingreso a la sala o el retraso del bodeguero.

Figura 30: *Charla diaria*

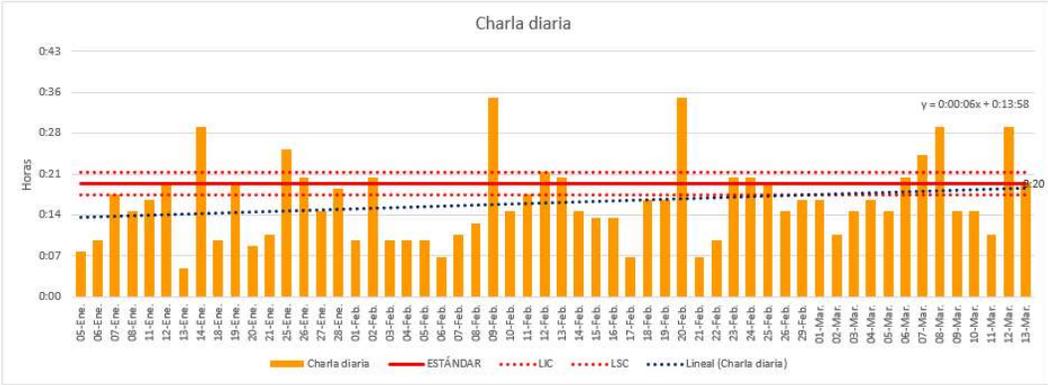
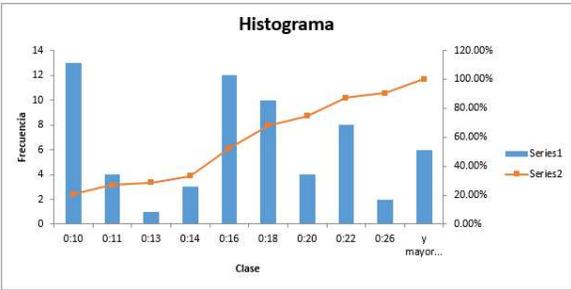


Tabla 15: Estadística charla diaria

Promedio	Desv. Est.	Máximo	Mínimo	Tamaño Muestra
0:17	0:06	0:35	0:07	56

Figura 31: *Histograma charla diaria*

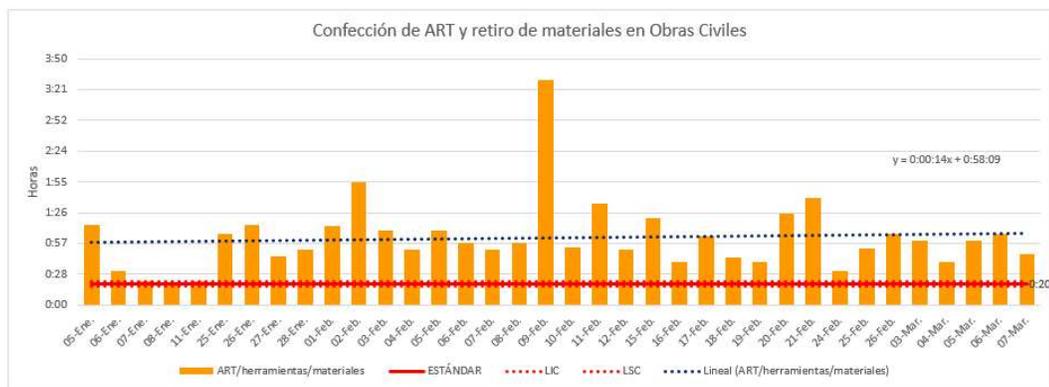


En un 60 % de los días medidos el tiempo de charla es menor al estimado. Esta actividad esta siendo de escaso aporte ya que solo se discuten temas menores de seguridad pudiendo dedicar menos tiempo. Los días que presentan los mayores va-

lores son posteriores a accidentes. No existe una metodología o pauta de los temas a tratar por lo que la duración de esta actividad queda a criterio de quién la dirige.

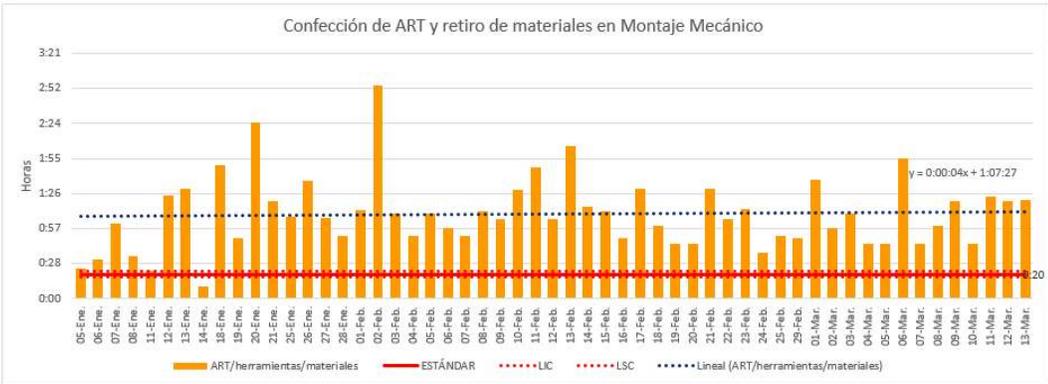
Por otra parte, como se menciona en la metodología, el estudio de tiempo se realiza a las cuadrillas presentes en la sala eléctrica. Las tres actividades anteriores son comunes, es decir, todos los trabajadores son parte del mismo grupo. A partir de la confección de la ART se dividen y generan importantes diferencias que es necesario retratar.

Figura 32: *Confección ART/Retiro de herramientas y materiales Obras Civiles*



El día Martes 9 de Febrero registra el máximo retraso, ocurre justamente en el cambio de turno. Existe una importante falta de suministros (escalerillas, eclisas, techumbre), la mano de obra queda esperando al no existir un plan de contingencia que reduzca las perdidas. El segundo día con mayor tiempo (2 de Febrero) también coincide con el cambio de turno, no se cuenta con el programa de actividades en terreno.

Figura 33: *Confeción ART/Retiro de herramientas y materiales Montaje Mecánico*



Al igual que caso anterior el máximo tiempo es en el cambio de turno y ocurre por falta de suministros y mala asignación de personal. El promedio es ampliamente superior al establecido en aproximadamente un 240 %.

En ambos casos se observa una leve tendencia al alza. En esta última etapa la empresa ha presentado problemas con suministros elementales para el trabajo de obras civiles y montaje, entre ellas, planchas, pernos y pintura.

Figura 34: *Confeción ART/Retiro de herramientas y materiales Electricistas I*

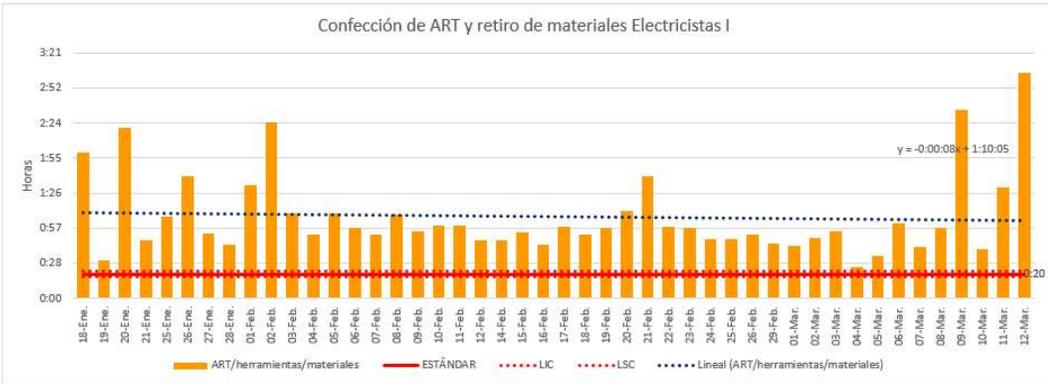
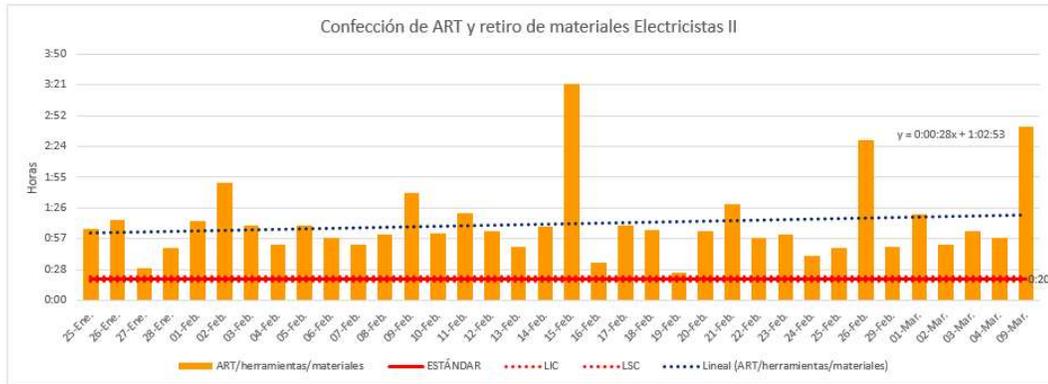


Figura 35: *Confección ART/Retiro de herramientas y materiales Electricistas II*



Análogo a los casos anteriores, el tiempo real es significativamente mayor al estándar. Las desviaciones son en promedio un 230 % y 250 %, respectivamente.

Solo en uno de los casos se observa una tendencia a la baja. La cuadrilla electricista I realiza los trabajos en el switchgear, y el capataz es al mismo tiempo el supervisor de la sala por lo que la gestión sobre los tiempo es más efectiva.

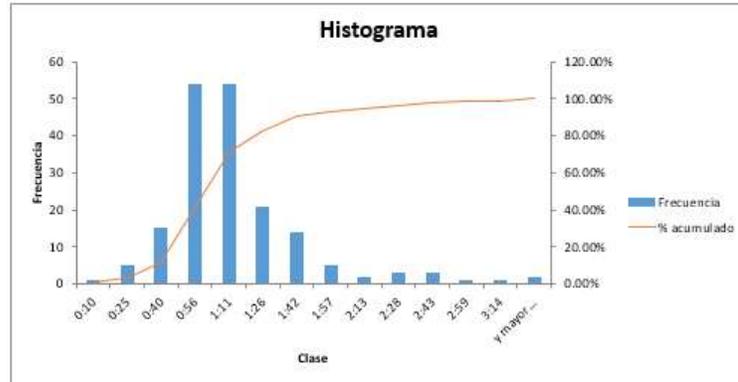
A continuación se muestra un resumen de las estadística de esta actividad:

Tabla 16: Resumen tiempo de ART, herramientas y materiales

Sala eléctrica 6000	Obras Civiles	Montaje Mecánico	Electricistas I	Electricistas II	Total
Promedio	1:02	1:08	1:06	1:10	1:07
Desviación Est.	0:32	0:29	0:33	0:34	0:31
Máximo	3:30	2:55	3:05	3:22	3:30
Mínimo	0:18	0:10	0:26	0:26	0:10
Tamaño Muestra	36	54	46	36	172

Los resultados presentan una alta desviación estándar y rango ya que el principal encargado de gestionar y controlar los tiempos es el supervisor. En ese sentido entra en juego su capacidad de liderazgo y motivación.

Figura 36: Confección ART/Retiro de herramientas



Solo un 2% de las mediciones cumple con el rango de aceptabilidad y un 80% de las veces el tiempo supera los 0:45 minutos. Un 60% de los casos muestreados presenta un tiempo de ART entre los 56 minutos y 1:10 horas, la distribución indica que el sobretiempo es sistemático y habitual.

Las principales causas del sobretiempo es la falta de conocimiento y capacitación de los trabajadores respecto a los peligros y riesgos de los trabajos. Comúnmente se cometen errores o confusiones respecto a los trabajos por no contar con un programa claro. Existe una cuota de relajó al momento de confeccionar el documento que no es gestionada por inspección.

Para observar el sobre tiempo total del inicio de turno se suman las actividades, con ello se puede apreciar el tiempo "gestionable":

Figura 37: Evolución tiempo de inicio turno Obras Civiles

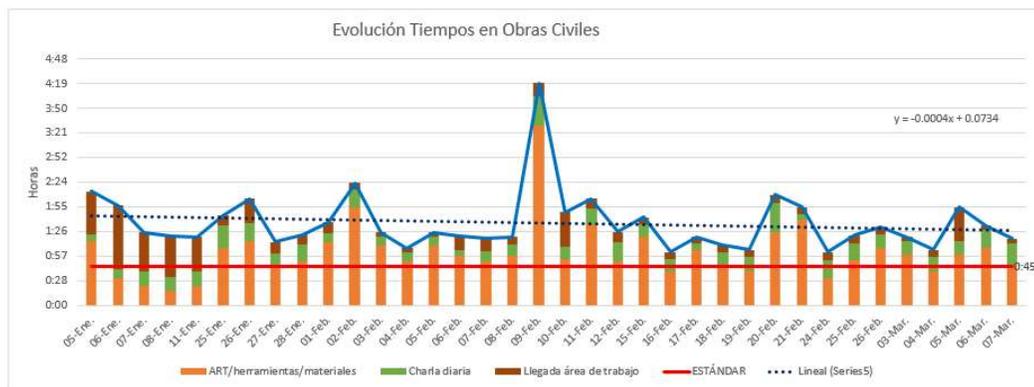


Figura 38: Evolución tiempo de inicio turno Montaje Mecánico

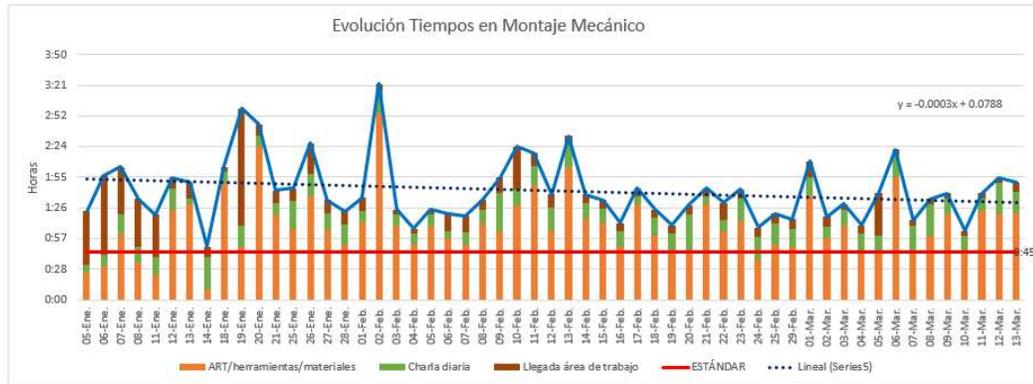


Figura 39: Evolución tiempo de inicio turno Electricistas I

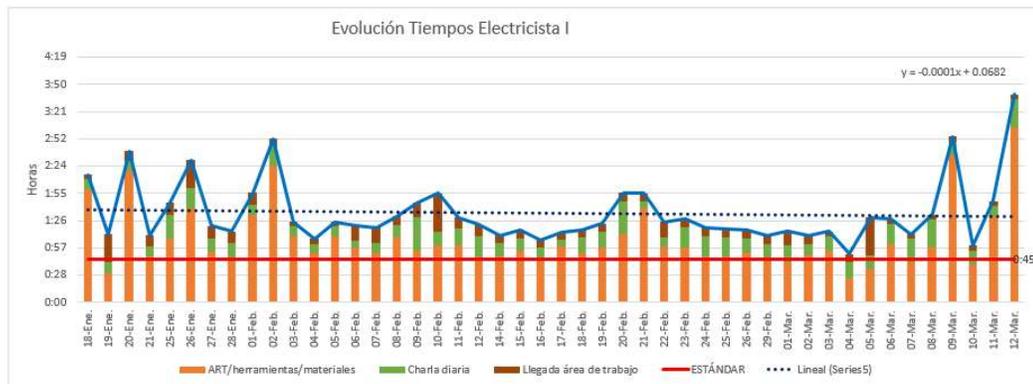


Figura 40: Evolución tiempo de inicio turno Electricistas II

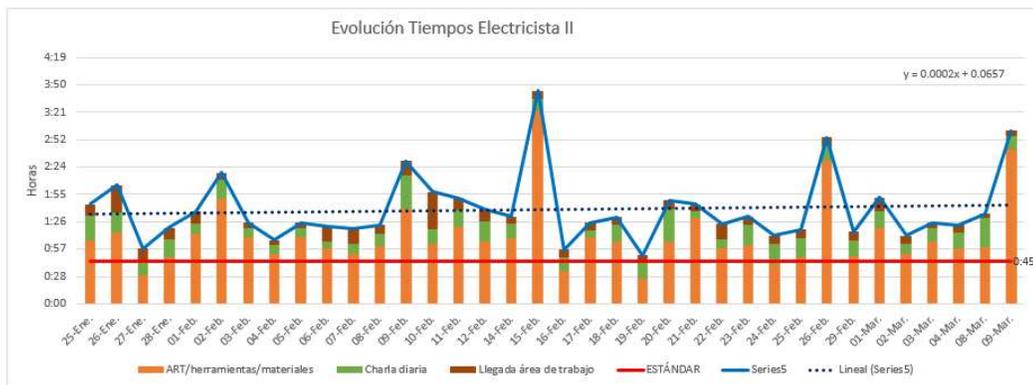


Tabla 17: Estadística inicio de turno

Sala eléctrica principal	Obras Civiles	Montaje Mecánico	Electricistas I	Electricistas II	Total
Promedio	1:35	1:41	1:33	1:37	1:36
Desviación Est.	0:35	0:29	0:33	0:35	0:32
Máximo	4:20	3:23	3:40	3:44	4:20
Mínimo	1:02	0:50	0:51	0:51	0:50
Tamaño Muestra	36	54	46	36	172

El tiempo de inicio de turno excede ampliamente los 45 minutos declarados en el estándar, en el 100 % de las mediciones el valor fue superado.

En 3 de las 4 cuatro cuadrillas la tendencia es a la baja, impulsado por la disminución del tiempo de llegada al área de trabajo. La confección de ART, herramientas y materiales es la principal causa del sobretiempo. El día 19 de Enero se tiene un retraso total de 4:20 horas producto de la falta de suministro para canalizaciones y montaje de techumbre.

Finalmente la medición de los tiempos por actividad busca detectar las causas de lo bajos niveles de actividad en el contrato reflejado en la cantidad de horas efectivas diarias. Los valores obtenidos se muestran en las siguientes figuras:

Figura 41: *Horas efectivas Obras Civiles*

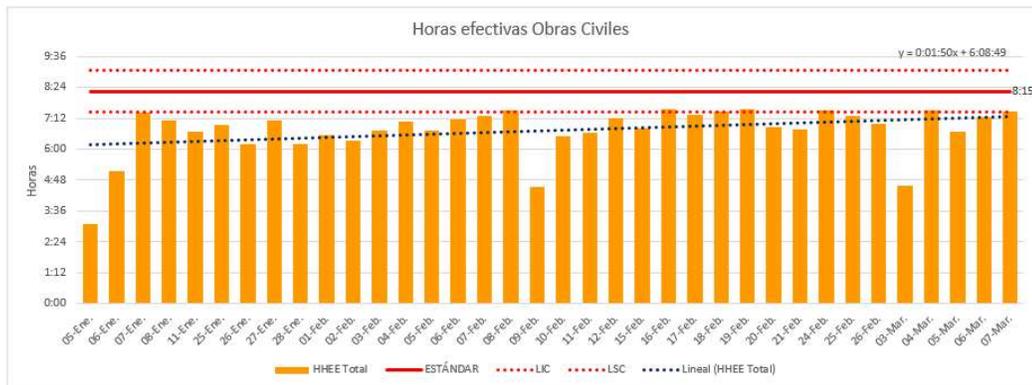


Figura 42: *Horas efectivas Montaje Mecánico*

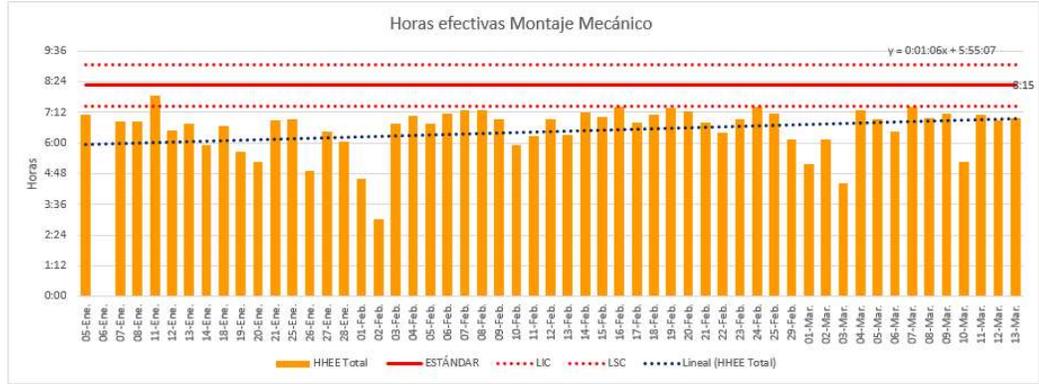


Figura 43: *Horas efectivas Electricistas I*

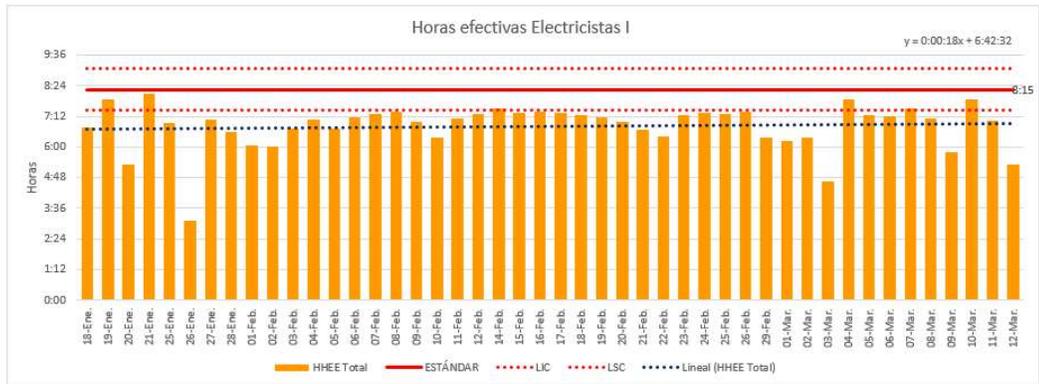
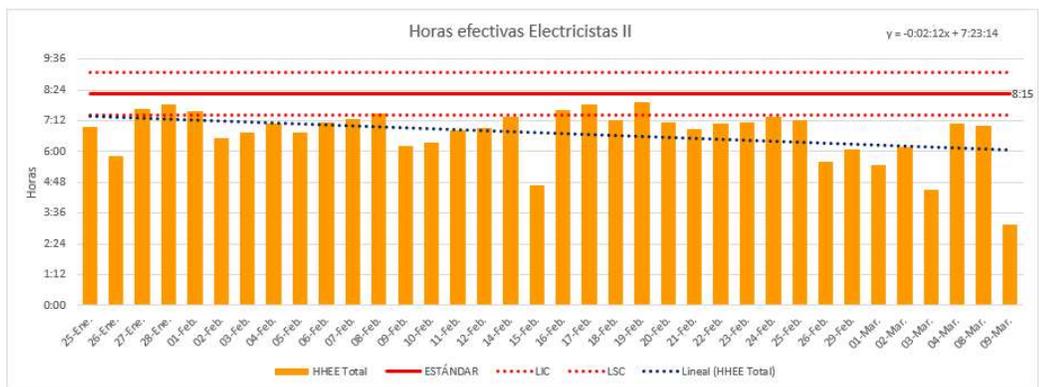


Figura 44: *Horas efectivas Electricistas II*



Solo un 13% de los días muestreados están dentro del rango +/- 10%. El no cumplimiento se debe principalmente al sobretiempo en el inicio de turno.

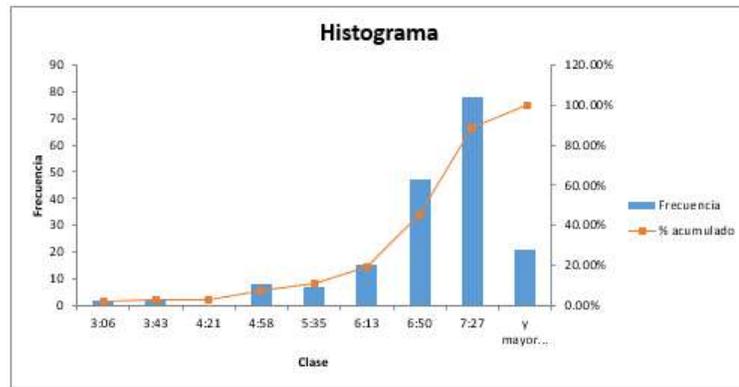
El promedio global de 6:37 es un 20% menor a las 8:15 horas estimadas, y al comparar las cuadrillas se observa que el montaje mecánico es la menos eficiente ya es intensiva en el uso de materiales que constituye uno de los principales problemas.

El día 5 de Enero la cuadrilla de obras civiles abandonó el lugar de trabajo por no contar con hormigón, y el día 6 de Enero la cuadrilla de montaje mecánico no pudo trabajar por no contar con los andamios y espacio necesario (instalación de cerchas).

El 26 de Enero el grupo de electricistas I deja el lugar de trabajo de forma anticipada, trabajando solo el primer medio turno.

Los valores mínimos ocurren los días Martes junto al cambio de turno, donde la falta de programación y coordinación reduce la eficiencia y efectividad.

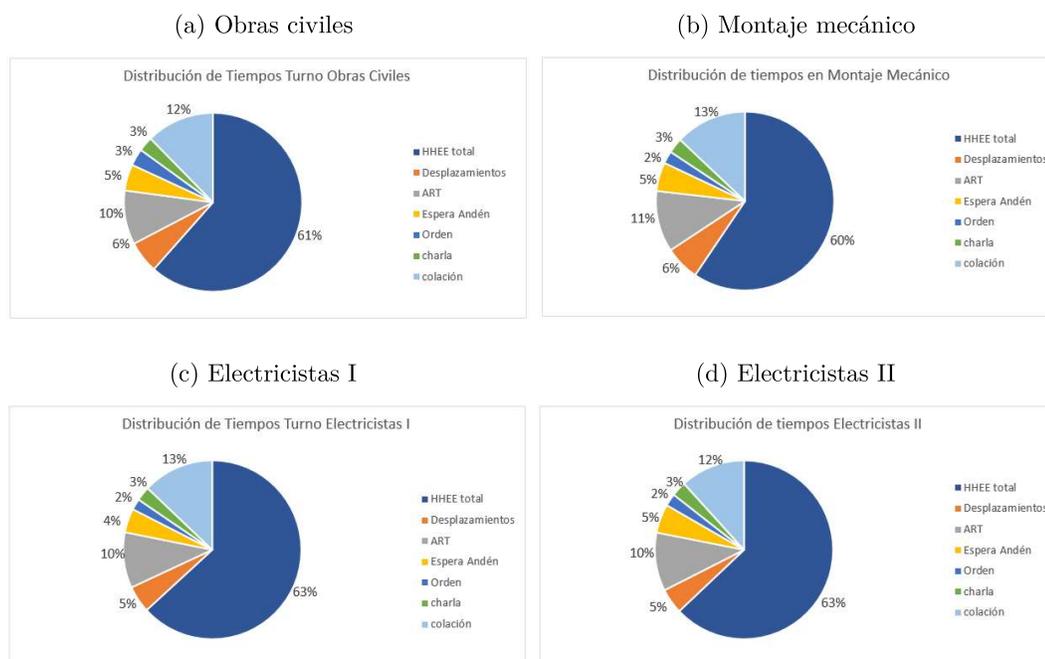
Figura 45: *Histograma horas efectivas*



Los niveles de actividad son menores a los acordados, según el estándar el tiempo efectivo debiese ser un 76% del turno, sin embargo, en la sala eléctrica ninguna de las cuadrillas supera 63%. Un aspecto positivo es que se supera el promedio nacional estimado de 49% según el Centro de Desarrollo Tecnológico.

El porcentaje por actividad en cada cuadrilla se muestra en la siguiente figura:

Figura 46: *Distribución de tiempos*



La actividad a la que se dedica más tiempo, con excepción del trabajo, es la colación (está incluida la hora impuesta por ley). Posteriormente esta confección de ART, herramientas y materiales con un 10% y desplazamientos con un 6%.

Montaje mecánico utiliza más tiempo en ART ya que la mayoría de los trabajos se realiza en altura y conlleva el montaje de estructuras pesadas por lo que el número de procedimientos y riesgos a los que están expuestos es superior.

La mayor eficiencia la presentan las cuadrillas eléctricas con un 63% que actualmente se encuentran trabajando el switchgear, alumbrado y canalizaciones.

Hasta un 5% del turno es desperdiciado netamente en espera. Este tiempo, que en promedio son 27 minutos, constituye una pérdida directa de la productividad y se presenta en todas las empresas de la división.

Para el cálculo de los tiempos acumulados se incorporan las cuadrillas que por no presentar continuidad en la sala no fueron analizadas estadísticamente. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 18: Horas acumuladas por actividad

	Horas Totales	Total Estándar	Diferencia en Horas	Diferencia en %
Llegada área de trabajo	45:17:00	16:40:00	28:37:00	(+)172 %
Charla diaria	55:19:00	66:40:00	11:21:00	(-)17 %
ART/herramientas y materiales	223:40:00	66:40:00	157:00:00	(+)236 %
Desplazamiento	33:43:00	33:20:00	0:23:00	(+)1 %
Colación	241:37:00	200:00:00	40:01:00	(+)21 %
Orden y traslado de herramientas	54:48:00	66:40:00	11:52:00	(-)18 %
Traslado a andén	29:14:00	16:40:00	12:34:00	(+)75 %
Espera en andén	85:26:00	50:00:00	35:26:00	(+)71 %
HH.EE Totales	1330:26:00	1650:00:00	319:34:00	(-)19 %
Tiempo No utilizado	798:04:00	516:40:00	281:24:00	(+)54 %
Horas Totales	2128:30:00	2166:40:00	38:10:00	(-)2 %

Las diferencias superan el 200 % en el caso de la ART, seguida de llegada a área de trabajo con 172 % y traslado a andén con 75 %.

Tampoco es menor el sobretiempo en traslado a andén que excede el estándar en 71 %, el horario de colación tiene una magnitud similar (en horas acumuladas). Las desviaciones en el término de turno son producto de la aglomeración de trabajadores que compiten por el transporte.

Estas son las principales actividades que elevan el tiempo no utilizado y reducen las horas efectivas a un 63 %.

Figura 47: Distribución global



Para completar la medición de productividad y calcular los indicadores propuestos se estiman las horas ganadas semanalmente en la sala eléctrica principal. La información es entregada por la oficina técnica de la empresa contratista y corroborada por el servicio de inspección.

Tabla 19: Horas ganadas

	Obras Civiles	Electricistas	Alumbrado	Mecánico	HH.GG totales
Semana 38	-	-	722	352	1074
Semana 39	38	335	-	383	756
Semana 40	1052	-	-	80	1132
Semana 41	522	-	250	80	851
Semana 42	-	-	5	80	85
Semana 43	283	-	392	631	1306
Semana 44	141	-	478	71	689

Se observa una caída significativa de la producción la semana 42, que no está directamente asociada a las horas trabajadas en la sala.

Los trabajos eléctricos han sido menores a las demás especialidades ya que por un tema de secuencia requiere que se finalicen otras tareas. Este punto es importante ya que los especialistas eléctricos dedican tiempo a tareas que no son de su área (montaje u otros) mostrando menores ritmos y mayor ineficiencias.

Como se menciona en los antecedentes, cuando los trabajos están parcialmente completados es difícil estimar un avance. Esto junto a los adicionales solicitados a la empresa, distorsionan las medidas.

Otro aspecto relevante es que algunas semanas se trabaja en múltiples partidas de forma superficial sin rematar los trabajos con el objetivo de mostrar avance y cumplir con la condiciones del mandante generando importantes quiebres de productividad.

Se cuenta con información deficiente en cuanto al avance o meta impuesta durante las semanas. Esta información debiese estar plasmada en el programa independiente si están atrasados o no.

Dado que la empresa contratista acordó una nueva fecha de entrega deben reprogramar y detallar en cifras el avance estimado para la finalización del proyecto.

#### 4.3.4. Estimación de indicadores

El registro de la información y cálculo del factor de productividad se realiza por medio de una planilla de Excel, que incluye todas las partidas realizadas en la sala eléctrica principal.

Tabla 20: Indicadores

Sala Eléctrica Principal	Horas Efectivas	Horas Totales	Horas Ganadas	Horas Programadas	Coficiente Eficiencia	Coficiente Efectividad	Coficiente Productividad
Semana 38	703	1166	1074	213	60 %	5.04	0.92
Semana 39	839	1363	756	-	62 %	-	0.55
Semana 40	783	1254	1132	-	62 %	-	0.90
Semana 41	901	1353	851	-	67 %	-	0.63
Semana 42	666	1055	85	-	63 %	-	0.08
Semana 43	595	966	1306	-	62 %	-	1.35
Semana 44	392	610	689	-	64 %	-	1.13
Global	4879	7767	5893	-	63 %	-	0.76

El factor muestra que en el plazo estudiado el indicador de productividad esta bajo el ideal (0.76), las horas gastadas superan en un 25 % las ganadas. Se observa una variabilidad importante entre semanas, siendo, alarmantemente poco productiva la semana 42.

La semana 41 presenta el mayor coeficiente de eficiencia, sin embargo, esto no se ve reflejado en la productividad. El ritmo de trabajo en sí es menor que lo presupuestado, confirmando que no solo se requiere que el personal este trabajando el mayor número de horas posibles, la cantidad de trabajo y la planificación deben ser tal que se asegure la producción.

Durante todas las semanas el coeficiente de eficiencia está bajo el 76 % presupuestado, aunque presentan un importante tendencia alza. No es posible cuantificar el coeficiente de efectividad ya que posterior al 29 de Enero no se cuenta con un programa detallado.

Parte fundamental de un proyecto de construcción es su planificación y programación. Muchos de los retrasos e ineficiencias pasar por una mala secuencia de trabajos, descoordinaciones y reasignacion de personal.

Para evaluar la calidad de la programación y capacidad de la oficina técnica contratista se utiliza el indicador de efectividad de programación. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 21: Eficiencia de programación

	N Actividades programadas ejecutadas	N Actividades programadas	Efectividad de programación
Semana 36	18	22	82 %
Semana 37	21	32	66 %
Semana 38	27	38	71 %
Semana 39	26	39	67 %
Semana 40	32	41	78 %
Semana 41	27	42	64 %
Semana 42	20	36	56 %
Semana 43	25	35	71 %
Semana 44	22	27	81 %
Total	218	312	70 %

Las tareas programadas ejecutadas, en el mejor caso, no superan el 82 %. Existe un alto porcentaje de tareas no programadas que se incluyen en las actividades diarias y en reiteradas ocasiones las cuadrillas son reposicionadas por falta de materiales o interferencias internas. El problema de la reasignación es que la planificación es aún más deficiente por lo que los trabajos se realizan de forma parcial y no se cuenta con los insumos.

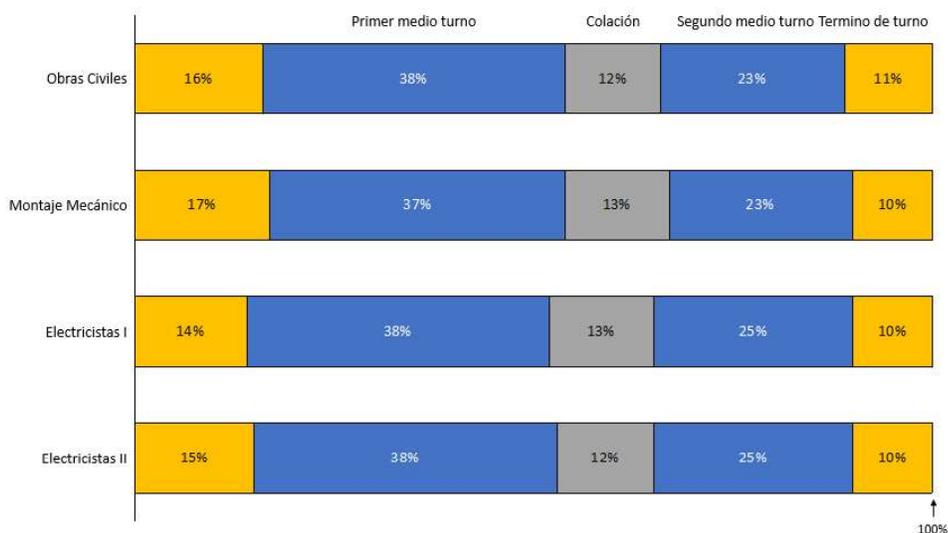
#### 4.3.5. Análisis de resultados y factores que afectan la productividad

Los resultados obtenidos son distintos a los estimados por la oficina técnica. La eficiencia total del contrato es aproximadamente un 63 %, siete puntos bajo el 70 % informado y un 13 % bajo el estándar de 76 %.

La diferencia entre la nueva información y los registros del servicio de inspección radica en la formalización del procedimiento de medición. Algunas actividades fueron eliminadas o unidas para reflejar la realidad operacional, los tiempos fueron medidos de forma continua durante todo el turno, y al considerar el estudio por cuadrillas se observan en detalle las desviaciones.

Las pérdidas de tiempo efectivo durante el período de estudio se concentran en el inicio y término de turno, pudiendo existir mermas de eficiencia que son informadas como interferencias en caso de ser significativas.

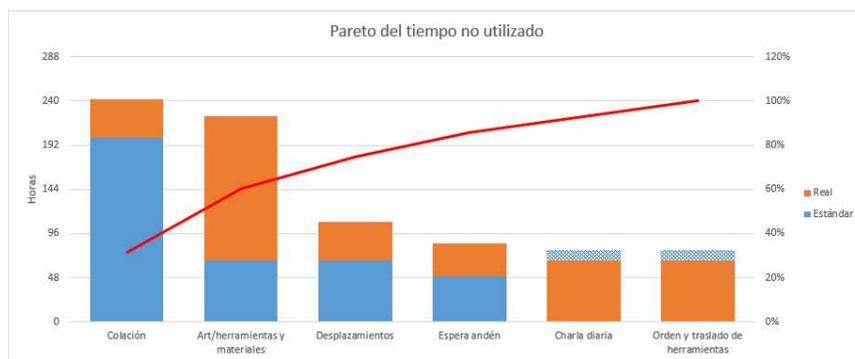
Figura 48: *Tiempo trabajado*



Se destina en promedio un 15 % de las 11 horas en el inicio de turno y un 10 % en el término. El tiempo efectivo es mayor en el primer medio turno, ya que el inicio de colación se aplaza y es el segundo medio turno el que absorbe los retrasos debido a que el horario de término (no es el mismo que el de salida) es fijo alrededor de las 18:00 hrs.

Al desgregar el tiempo no utilizado por actividad se tienen los siguientes porcentajes y desviaciones:

Figura 49: *Pareto tiempo no utilizado*



Es en la primera parte del turno donde se genera el mayor sobretiempo, la confección de ART, entrega de herramientas y materiales presenta desviaciones sobre el 200 %, donde el 80 % de las mediciones presentan un valor sobre los 45 minutos, indicando que se trata de un problema sistemático y constante.

La principal causa de la lenta confección de la ART es el desconocimiento de los peligros y, especialmente, los trabajos que se realizarán. Si bien, los máximos retrasos son causados por la falta de material, este desconocimiento, lentitud y muchas veces relajo en la confección del documento están presentes en la totalidad de las jornadas.

En segundo lugar se encuentran los desplazamientos, específicamente la actividad denominada llegada a área de trabajo, que consiste en el traslado desde el barrio cívico hasta el lugar donde se realizan las labores. El sobretiempo supera en un 150 % el tiempo estándar asignado, principalmente, por la desinformación de las áreas bajo efecto de los gases de tronadura y el escaso control en la llegada.

Este problema pone en evidencia la deficiente supervisión y gestión de la oficina técnica por no alertar la situación, desconocer las zonas afectadas y por último no iniciar el turno junto a la empresa contratista.

Tomado conocimiento se realizaron las acciones correctivas logrando bajar el tiempo de llegada al área de trabajo en al menos 20 minutos, y la tendencia indica que continuará disminuyendo hasta llegar al estimado.

A diferencia de las actividades recién analizadas, la charla diaria utiliza menos tiempo que el considerado, un 17 % menos. Al participar de la charla se advierte que los temas abordados no poseen relevancia salvo los días en que se realizan reflexiones de seguridad. El tiempo no está siendo bien utilizado y generalmente los trabajadores toman desayuno o descansan.

Al observar la evolución del tiempo de inicio, se tiene que la confección de ART cumple por si sola el tiempo presupuestado (45 minutos) para el inicio de las labores. A pesar de ello, notamos que en 3 de las 4 cuadrillas presentan una tendencia a la baja, de 1:44 horas las primeras semanas a 1:36 horas, principalmente por la reducción del tiempo de traslado.

A parte del inicio de turno, el tiempo de espera de buses y el tiempo de colación en conjunto presentan una diferencia sobre el 90 %. El primero es un gasto de tiempo adicional generado por la acumulación de trabajadores en el barrio cívico, competencia por los camarines y la falta de inspectores hasta el final del turno, mientras que el segundo se produce a la salida del casino donde los trabajadores descansan y tienen tiempo ocioso.

Los días con mayor sobretiempo coinciden con el cambio de turno. El desconocimiento de los trabajos, la mala asignación de personal y deficiente logística de materiales disparan los tiempos.

En la siguiente tabla se muestra la estadística:

Tabla 22: Estadística cambio de turno

Actividad	Obras civiles	Montaje Mecánico	Electricistas I	Electricistas II	Promedio
Llegada buses	8:04	8:03	8:04	8:04	8:04
Llegada área de trabajo	0:21	0:32	0:17	0:14	0:21
Charla diaria	0:19	0:19	0:20	0:22	0:20
ART/Herramientas y materiales	1:43	1:18	1:15	1:20	1:24
Tiempo efectivo	5:32	5:56	6:16	6:32	6:04
Tiempo No utilizado	5:21	4:58	4:36	4:21	4:49
Tiempo total	10:53	10:54	10:52	10:53	10:53
Coefficiente eficiencia	51 %	54 %	58 %	60 %	56 %

El coeficiente de eficiencia llega a estar 11 % bajo el promedio global en el grupo de obras civiles ya que en el último período se encuentra realizando tareas misceláneas o de otra especialidad siendo de peor calidad la planificación.

El tiempo de llegada al área de trabajo se extiende porque se desconocen las actividades, las cuadrillas se equivocan de postura y se desplazan entre los niveles sub-6 y Teniente 7.

Cabe destacar que el coeficiente de eficiencia durante los cambios de turno ha aumentado producto del traslape de supervisores, que a pesar de no ser óptimo ayuda a destrabar problemas y liderar los trabajos.

En cuanto a las horas efectivas diarias todas las cuadrillas, a excepción de electricistas II, presentan una tendencia al alza como resultado de las mejoras mencionadas con anterioridad y el rol más activo exigido a la supervisión.

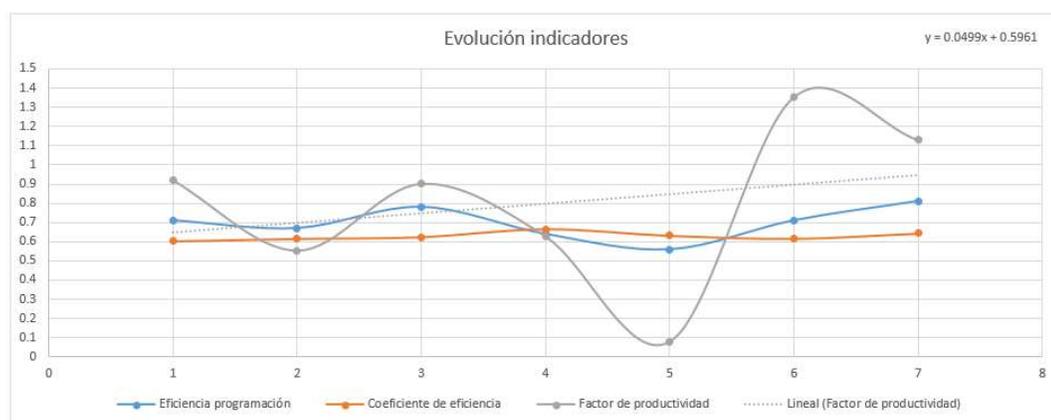
La cuadrilla electricistas II presenta una menor continuidad que las demás, ya en general, se dedica al montaje de conduit, sistema contra incendio y presurización. Estas actividades requieren diversos materiales cajas de derivación, pernos, reductores entre otros por lo que la logística interna y el control de los suministros fuera de la mina la afecta de forma significativa.

Con respecto al avance físico del contrato se mantiene la importante desviación respecto al programa, aproximadamente un 20 %. Durante el período de estudio se estima un factor de productividad de 0.76, es decir, uno de cada cuatro trabajadores directos no está realizando labores significativas.

La producción, medida como horas ganadas, presenta una alta variabilidad en parte por la falta de programación, solo un 70 % de las tareas son ejecutadas. Tanto el programador de la empresa contratista como el del servicio de inspección no se encuentran evaluando los trabajos en terreno, no son parte de las soluciones y su aporte a la continuidad operacional es bajo. Cumplen básicamente una función de alerta ante posibles retrasos. El servicio de inspección no lleva un control del programa paralelo a la empresa contratista, solo verifica mediante los ITO's en terreno la escasa información entregada. No es capaz de anticipar la falta de suministro y llevar un control del stock.

La semana 42 presenta una pobre, casi nula, productividad que se podría atribuir a lo denominado como lucro cesante. Esto ocurre cuando la secuencia constructiva se pierde y se acumula avance de la obra gruesa, sin que se desarrollen actividades enfocadas a reducir el stock de tareas. El hecho de terminar la obra gruesa y no realizar las terminaciones finas es un daño financiero para el proyecto. Se genera un falso avance en desmedro de las terminaciones o remates finales que no son cuantificados.

Figura 50: *Evolución de indicadores*



*\*Observación: No se cuenta con el avance de las primeras semanas, ya que en Diciembre cambia la empresa de inspección y no se registran las horas ganadas*

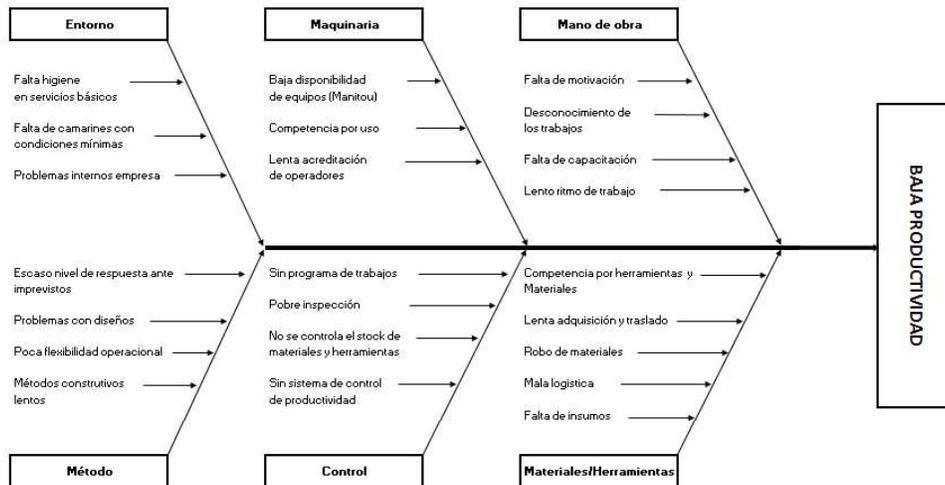
Al graficar los indicadores se aprecia que la productividad total de los trabajos realizados en la sala eléctrica principal tiene una tendencia al alza atribuida a la reprogramación de los trabajos, se incorpora el avance generado por los trabajos adicionales. Sin embargo, es un aumento temporal y el indicador debiese disminuir en las próximas semanas mostrando la tendencia inicial producto del poco avance asignado a los trabajos de terminación y el exceso de personal presente en la faena.

Se puede notar una tendencia a alza en la eficiencia del contrato que eleva el promedio de 61 % las primeras semanas a un 63 %. Esta diferencia de 2 % significa un aumento de 11 minutos en la cantidad de horas efectivas (resulta significativa cuando se trata de cambios en el comportamiento de los trabajadores).

A continuación, en base al desarrollo del proyecto en cuestión, se procede a determinar los problemas que impactaron en la programación y ocasionaron pérdidas de productividad.

Un resumen y clasificación de los problemas se muestra en el siguiente diagrama causa-efecto:

Figura 51: *Diagrama causa-efecto*



Tal como lo señala el indicador eficiencia de la programación, de las 312 actividades programadas solo 218 fueron ejecutadas. Las principales causas de que no se concretarán las tareas es la falta de materiales con un 48 %, seguida de falta de personal con un 30 %. El restante se divide entre falta de herramientas (eslingas, brocas, andamios) y errores en la asignación de las cuadrillas.

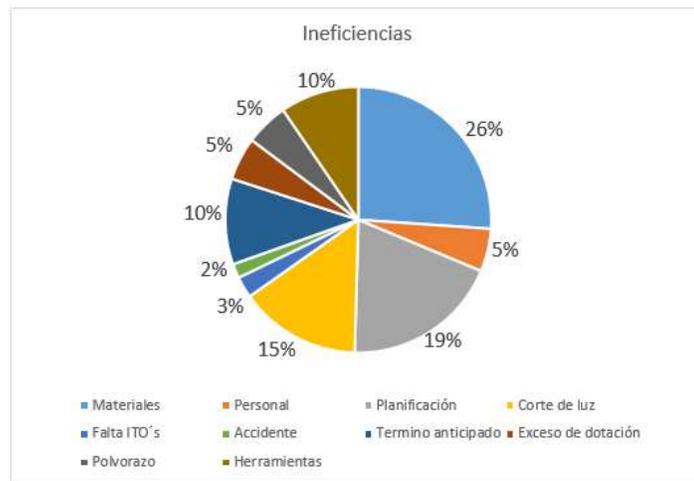
De las 221 tareas ejecutadas medidas un 49 % muestra deficiencias y problemas relevantes que disminuyen la productividad del contrato. De ellas, el 26 % se relaciona con la escasez o mala logística de los materiales y suministros. Retrasos en la entrega de hormigón, moldaje, perno e incluso agua potable disminuyen los ritmos de trabajo. En un 19 % de las actividades se observa una mala planificación de los trabajos.

El tiempo destinado a preparación es considerable (aproximadamente un 8 % de las horas efectivas). El traslado, armado y desarme de andamios se realiza de forma lenta por falta de personal calificado y certificado.

Otro aspecto importante son los continuos cortes de luz producto de la conexión provisoria utilizada en el sector. La mayoría de las ocasiones son cortes de no más de 5 minutos que interrumpe los trabajos, un 19 % de las actividades presenta este problema.

Los porcentajes y el resto de las problemáticas se muestran en la siguiente figura:

Figura 52: *Fuentes de Ineficiencias*



A continuación se definen y analizan los factores claves que reducen la productividad del proyecto.

- Programación

La programación se lleva a cabo mediante el software "primavera", que contiene un plan maestro o carta gantt con los plazos, actividades críticas, mano de obra presupuestada entre otros. A esta carta gantt se le realiza un seguimiento a través de mediciones o cubicaciones que definen el avance de cada trabajo. En este caso, el seguimiento lo realiza la oficina técnica contratista y es verificado de forma superficial por inspección.

El problema es que a través de este sistema difícilmente se puede llevar un control diario ya que requiere de un número considerable de personal especializado. En general, los recursos se destinan a realizar el seguimiento semanal sin dar espacio a la programación estratégica, anticipación de problemas, pro-

yección de plazos y reasignación de recursos. Incluso durante el último período no se cuenta con presupuestos o metas de producción que permitan determinar la efectividad de los trabajos.

El programador del servicio de inspección lleva un control basado en la información entregada por los inspectores en terreno, que al no contar con el listado de tareas detalladas y el avance programado, no son capaces de evaluar rendimientos y efectividad. En varias ocasiones solo informan que las actividades se encuentran en proceso o muestran avance sin poder cuantificarlo.

Por lo tanto, ante cualquier imprevisto el servicio de inspección es incapaz de reaccionar y evaluar de buena forma el avance real del proyecto. Tampoco lleva un control de los suministros y difícilmente puede redistribuir recursos.

Relacionado con este factor se visualizaron los siguientes problemas:

- Mala asignación de personal: cuadrillas son enviadas a nivel Teniente 7, y posteriormente devueltas al sub-6.
- Sin programa: No se entregan o llegan tarde las pautas de trabajo. No se indica cuanto es el avance esperado.
- Falta de equipo: Para el traslado o realización de trabajos.
- Retraso en la llegada de materiales: Falta de suministros básicos que impiden un buen ritmo de trabajo.
- Exceso de personal: Cuadrillas con exceso de trabajadores disminuye la productividad y aumenta la probabilidad de accidentes.
- Interferencias internas: Exceso de cuadrillas en un sector. Impide la correcta realización de trabajos, competencia por las herramientas y genera tiempos ociosos.
- Acreditación: Personal con licencias vencidas o sin cursos (por ejemplo, charla ZT) provoca la paralización de las labores.

- Liderazgo y capacitación

El cumplimiento de los tiempos estándar, la reasignación de trabajos y en gran medida la solución de los problemas requieren de personal capacitado con el liderazgo necesario para modificar la conducta de los trabajadores.

El lento ritmo de trabajo o la lenta confección de la ART se deben, en algunos casos, a la falta de un supervisor o un inspector capaz de acelerar los procesos.

Esta habilidad es de relevancia a la hora de tomar decisiones y resolver las contingencias propias de ambiente minero.

Por otra parte se observan trabajadores con escasas habilidades que alteran el avance y aumentan la probabilidad de accidentes. Generalmente reducen la productividad ya que aumentan el tiempo gastado.

- Logística

Materiales enviados a otros niveles, falta de suministros claves, falta de tarjetas de andamios u hojas de ART se observan continuamente en la faena.

La distribución interna es deficiente y no se tiene un stock crítico de materiales. La bodega presente en la sala eléctrica no tiene capacidad de reacción y no anticipa los futuros requerimientos.

El registro e inventario de los materiales es manual por lo que la coordinación y traslado de materiales desde otros puntos de almacenaje es lento.

- Seguridad

Este aspecto es crucial en toda faena minera. Las pérdidas económicas, humanas y el impacto en el ambiente generado por accidentes son enormes. La mayoría de las detenciones son menores y no significa retrasos importantes, sin embargo, es necesario que inspección realice una gestión activa capaz de dar continuidad de a los trabajos.

Actualmente el rol de la inspección es detectar, informar y detener los trabajos afectando la productividad del sector.

El liderazgo visible realizado los días jueves debe ser efectivo. Actualmente solo constituye una charla de mayor duración que cuenta con la presencia del mandante.

El foco debe ser cambiar el comportamiento de los trabajadores con intervenciones continuas y sin aviso.

- Inspección

El servicio de inspección cumple con fiscalizar en terreno los trabajos ejecutados conforme a las normas aplicables, permisos, planos y especificaciones técnicas. Es responsabilidad de la ITO velar por la correcta aplicación del contrato de construcción y representar y administrar los intereses del cliente en terreno. La ITO debe contar con instalaciones en todas las frentes de trabajo, y debe maximizar su tiempo en terreno. Cada fuente de retraso o baja productividad debe ser gestionada y en última instancia informada al mandante. Debe ejercer su rol de forma profesional, siguiendo protocolos e instructivos que validen su trabajo en terreno.

Los inspectores deben conocer las actividades y compartir el turno con los trabajadores contratistas, deben estar presentes durante todo el turno reduciendo la posibilidad que los trabajadores se retiren de forma anticipada. Por no iniciar el turno en el nivel sub-6 se generan retrasos importantes, deben apoyar la realización de la ART y hacer seguimiento a los materiales.

#### **4.3.6. Evaluación económica de las pérdidas**

Según los resultados obtenidos durante el período de estudio existe una pérdida de aproximadamente un 20% de las HH. Por lo tanto si se estima que el contrato tiene asignado un monto de MUSD 3.1 solo a mano de obra, las pérdidas ascienden a KUSD 750.

## 5. HERRAMIENTAS PARA LA MEDICIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD OPERACIONAL

La medición de tiempos de actividad, avance y finalmente, productividad apunta a la analizar la situación de la empresa y detectar las fuentes de ineficiencia. Constituye el primer paso que conduce al control y eventual mejoramiento de los contratos.

Frente a los problemas visualizados en el estudio se proponen herramientas que complementen el diagnóstico y análisis de las fuentes de improductividad. La primera de ellas la constituye el control y seguimiento del abastecimiento de materiales de la empresa, se recomienda aplicar la planilla de control de abastecimiento, figura (53a), con el objetivo de cuantificar los retrasos.

La cantidad de materiales empleados en las obras de construcción son significativas, razón por la cuál realizar un control y seguimiento a cada elemento puede ser complejo para la oficina técnica. Sin embargo, se puede aplicar a los suministros y materiales considerados críticos según el especialista del área o programador.

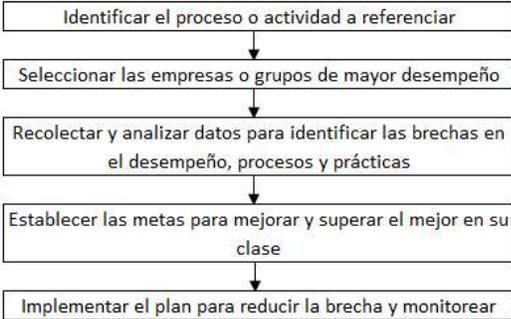
Otro aspecto relevante es el relacionado a la calidad de la ingeniería llevada a terreno. Registrar los cambios y sus motivos permite evaluar la calidad de la empresa que genera los planos y diseños, además de la gestión y rendimiento de los especialistas tanto de inspección como de la empresa mandante (53b).

Queda en evidencia que la calidad de la supervisión es a lo menos cuestionable y que la correcta medición de los indicadores requiere personal comprometido con el proyecto y la administración. Para mejorar el control y visibilizar el uso del tiempo se propone implementar tecnologías como el TAG que entregue valores objetivos sobre la llegada y salida de los distintos sectores (área de trabajo, casino, andén) además de entregar la dotación diaria exacta.



Se pueden utilizar distintas metodologías para detectar e implementar las mejoras como, por ejemplo:

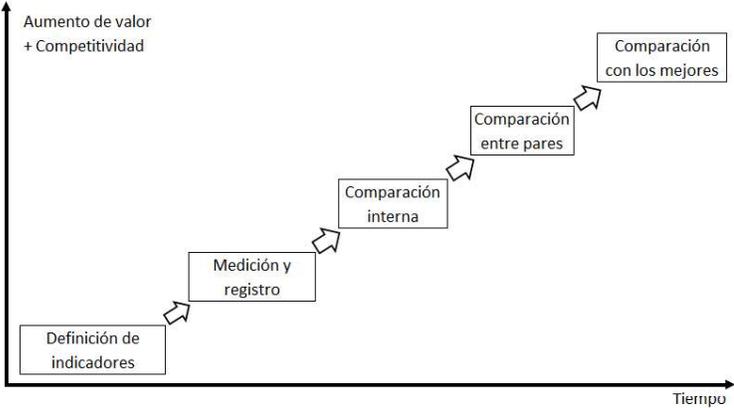
Figura 54: Metodología para la implementación de benchmarking



A través de esta herramienta se puede generar un ranking con las empresas con mejores prácticas y mejorar los niveles de competitividad de la división.

Inicialmente se deben medir las horas efectivas con el instructivo creado para este estudio. Posteriormente se pueden realizar modelos estadísticos que permitan relacionar las distintas variables (tiempo efectivo, eficiencia programación, etc) con la productividad de la empresa.

Figura 55: Evolución Benchmarking



## **6. RECOMENDACIONES FUTUROS PROYECTOS**

El control de la productividad debe estar centrado en indicadores representativos o críticos que permitan evaluar continuamente el estado de los trabajos, con el objeto de identificar mejoras, monitorear el uso de los recursos y proyectar los plazos.

Esencial es la correcta medición de los niveles de actividad dentro de la operación, donde el procedimiento generado para este análisis debe ser aplicado en los contratos desde un principio y debe ser supervisado por personal de empresa mandante.

La planilla de avance de diario viene a complementar y validar la información entregada por el servicio de inspección, ya que indica los trabajos diarios, tiempos y adicionalmente permite determinar el rendimiento de las cuadrillas.

El cálculo de los indicadores y en especial el factor de productividad debe ser realizada por un equipo especializado capaz de llevar un seguimiento del programa en una línea paralela a la contratista. En ese sentido se debe contar con personal de distintas especialidades capaces de dimensionar, medir o cubicar el avance de las obras (estimaciones), la idea es que en todo momento el desempeño pueda ser medido de forma cuantitativa.

El equipo puede ser conformado por el servicio de inspección (ITOS) y liderado por los especialistas de la empresa mandante, o podría ser constituido por personal externo consciente de la importancia de los registros al momento de determinar las responsabilidades ante los atrasos. En cualquiera de los casos la calidad de los datos debe ser continuamente supervisada por todas las líneas dentro de la administración e idealmente la recopilación, validación y análisis debe ser realizado por personal en terreno que entregue continuamente recomendaciones sobre posibles mejoras que se podrían mejorar.

Resulta beneficioso concretar reuniones semanales entre los miembros del proyecto para discutir los resultados y proponer metas en las siguientes semanas, apuntando a un mejoramiento continuo de los indicadores.

Por otra parte, si bien, los principales indicadores están ligados al avance y al tiempo utilizado para los trabajos es de utilidad incorporar indicadores relacionados

con la seguridad, diseño, abastecimiento y capacitación. Cada uno de ellos requiere un procedimiento claro que otorgue la mayor confiabilidad a los datos especificando el grupo y lugar donde se aplicarán. Además la organización completa debe estar al tanto de los valores obtenidos con el fin de recoger recomendaciones y realizar las modificaciones correspondientes.

Recomendaciones generales:

- Comprometer a la administración: Sin el compromiso y apoyo de las organizaciones presentes en el proyecto la implementación de procedimientos e indicadores se pierde rápidamente. Se debe contar con los recursos y responsables de analizar y explicar los resultados obtenidos.
- Verificar la información: Debe ser tarea de todos los involucrados velar por la correcta medición con el fin de obtener resultados reales y representativos. Asegurar el cumplimiento de las instrucciones y modificarlas en caso de ser necesario.
- Informar los objetivos del control: La medición de indicadores no busca determinar personas o trabajadores culpables, el objetivo es mayor e involucra el desempeño de todo el personal que participa del proyecto. No se debe entender el proceso como un seguimiento o persecución si no como un sistema que busca detectar falencias e implementar mejoras focalizadas en determinados aspectos.
- Almacenar información: La correcta organización y recopilación de información permite comparar empresas y adoptar las mejores prácticas o métodos para lograr un desempeño superior.
- Conformar un equipo de trabajo de alto desempeño: Se debe conformar un equipo de especialistas de vasta experiencia y compromiso que supervise la obras y velen por el cumplimiento del programa y los tiempos. Dentro de sus facultades esta reasignar recursos, coordinar trabajos especiales, controlar

el suministro de materiales y por sobre todo apoyar la planificación de los trabajos, antes y durante.

- Implementar e innovar en nuevas filosofías y sistemas de gestión: Aplicar la filosofía Lean en el proceso constructivo a través de las herramientas LPDS (Lean Project Delivery System) o IPD (Integrated Project Delivery) que ofrecen una visión de conjunto de todas las fases del proyecto con el objetivo de alinear fines, recursos y restricciones.

A partir del análisis de resultados y detección de los factores claves se generan un serie de recomendaciones específicas:

### **6.1. Control de factores claves**

- Programación: Como se discute en el análisis de resultados, la programación y seguimiento es fundamental para el correcto desarrollo del proyecto ya que define los plazos y recursos.

Las tareas y el avance diario que asegure el cumplimiento semanal debe estar definido y difundido el último día de cada período. La idea es que el programa sea discutido en reuniones semanales entre la empresa contratista, servicio de inspección y especialistas.

La metodología y tecnología utilizada para la programación es anticuada, se recomienda implementar nuevas herramientas como Last Planner o BIM, esta última permite modelar el proceso constructivo en tres dimensiones disminuyendo las pérdidas de tiempo y recursos en el diseño y la construcción.

- Sobretiempos: La tendencia mundial es que las empresas colaboradoras sean las encargadas de medir y controlar su eficiencia, efectividad y productividad. Sin embargo, la empresa mandante debe asegurar el cumplimiento mínimo de estos indicadores.

Los tiempos de llegada y término de los trabajos pueden ser medida a través de los sistemas tradicionales como marcadores o relojes, que entreguen valores confiables de la duración de la jornada y además indiquen cual es la dotación

diaria. El tiempo de actividad debe ser controlada por el ITO en conjunto con los supervisores de las empresas. Tiene que existir un trabajo y coordinación entre estas dos organización con el fin de trabajar por el proyecto y eliminar los problemas.

- Logística: Los suministros y materiales críticos de cada semana deben ser supervisados por la ITO y el equipo de especialistas. Se recomienda implementar herramientas como tableros de monitoreo y control.

En caso de tener problemas con la adquisición de materiales específicos, el personal de la empresa mandante debe gestionar la compra de los elementos. Posteriormente los gastos son descontados a la empresa contratista sin interrumpir la producción.

Las nuevas empresas licitadas deben contar con sistemas de gestión de logística avanzados que cuenten con la tecnología necesaria para contrarrestar las contingencias.

- Seguridad: La gestión de la seguridad debe ser tal que asegure el cumplimiento de los estándares corporativos y al mismo tiempo otorgue la continuidad operacional que permita cumplir con los plazos y recursos. Los problemas deben ser solucionados de forma inmediata por el servicio de inspección o el propio supervisor.

Se recomienda llevar un registro interno de las detenciones y tiempo perdido por este concepto para detectar las principales deficiencias y generar cambios en la organización.

- Inspección: Se debe llevar un control de la actividad y desempeño del servicio de inspección. Los inspectores deben cumplir su horario junto a la empresa contratista y contar con infraestructura y herramientas que permita el flujo inmediato de la información y alertas.

Se debe controlar el tiempo de ingreso y egreso, y evaluar su desempeño a través del registro de cambio de planos y el aumento o disminución de los indicadores de productividad (establecer metas).

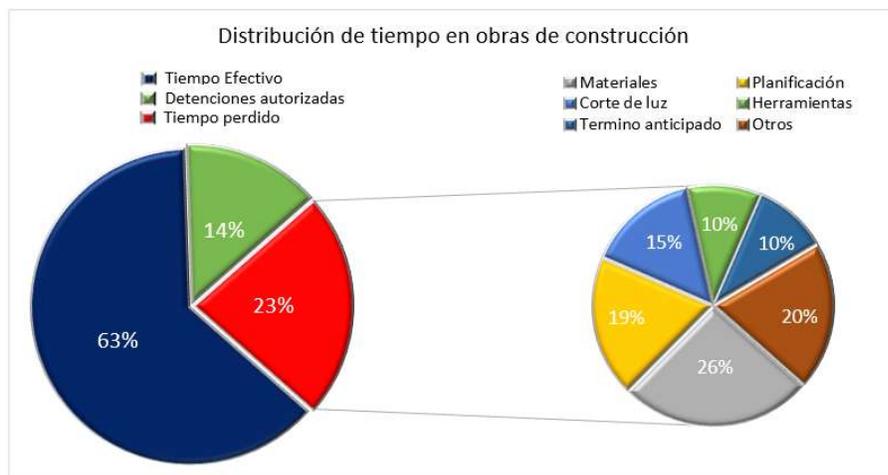
## 7. CONCLUSIONES

La productividad es un desafío recurrente en minería, y más aún en las obras de construcción en los proyectos mineros subterráneos donde las condiciones inherentes del método dificultan los trabajos. Hoy en día la relación entre las empresas constructoras y los mandantes debe avanzar a un trabajo conjunto en busca de objetivos comunes ejecutando medidas que controlen y mejoren la productividad, asegurando el cumplimiento de los plazos y costos.

El sistema de evaluación utilizado se basa en la estimación de indicadores globales que requieren información fácil y rápida de registrar por el servicio de inspección o el personal destinado para ello. Un punto de suma relevancia en el estudio es la estandarización de los procesos de medición, las diferencias entre los datos aportados por la oficina técnica y los obtenidos al aplicar el instructivo superan el 7% en el valor de eficiencia (tampoco se estima la productividad de los trabajadores).

En términos generales la empresa colaboradora a cargo del sub proyecto de infraestructura y apoyo eléctrico presenta una productividad de un 76%, con una eficiencia de 63% y una calidad de programación de un 70% en base a las actividades programadas. Cabe destacar que la eficiencia de esta empresa contratista está por sobre el promedio nacional de 49% según el estudio del centro de desarrollo tecnológico.

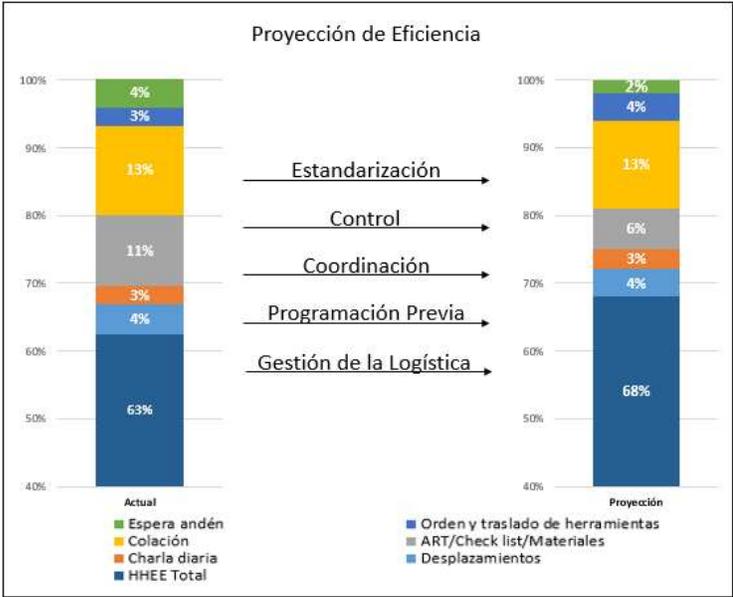
Figura 56: *Distribución de tiempos en obras de construcción*



Un 23 % del tiempo medido no agrega valor a los trabajos, producto de problemas relacionados con la logística de materiales, planificación y cortes de energía. Es urgente implementar nuevas herramientas y “filosofías” que mejoren los indicadores de las empresas. De los resultados se desprende que uno de cada cuatro trabajadores no realiza labores que generen un avance del proyecto. Al llevar esto a cifras se estiman pérdidas cercanas a los KUSD 750.

Un aspecto positivo es que la estandarización y medición permanente de los niveles de actividad y programación permite detectar y gestionar las fuentes de improductividad de los contratos. Durante el período de estudio la eficiencia sufrió un aumento de un 2 % que llevado a tiempo significa que las horas efectivas aumentaron en aproximadamente 11 minutos. En base a este resultado, las tendencias observadas y la información que se continua midiendo es posible establecer algunas proyecciones con respecto a la eficiencia esperada para los contratos de construcción.

Figura 57: *Proyección de eficiencia en obras de construcción*



Las mejoras se relacionan con un mejor control y planificación de los trabajos, con una optima asignación de recursos y claridad en las labores diarias la confección de documentos y traslado de materiales es eficiente, minimizando los retrasos en el inicio de turno. Se debe apostar por nuevas formas de fomentar el trabajo seguro sin

incurrir en papeleo excesivo.

Por otra parte es importante realizar un trabajo divisional con el objetivo de mejorar el uso de los recursos, un 4 % de la jornada se utiliza en la espera de buses. Este problema es transversal a las empresas contratistas y se asocia a una deficiente organización en la salida de buses y la competencia por los servicios básico en camarines.

Con respecto al factor de productividad, se debe mejorar el indicador de eficiencia de programación estableciendo metas diarias con el objetivo de estimar rendimiento que permitan realizar correcciones inmediatas evitando el retraso del proyecto. La logística interna de materiales y suministros es clave dentro del mejoramiento, al igual que la programación cumple un rol fundamental y se requiere sistemas innovadores capaces de captar las contingencias y reprogramar. Lamentablemente, el control y medición no se traduce en mejoras inmediatas en la productividad ya que problemas como sobre dotación y motivación de los trabajadores requiere un tratamiento a largo plazo.

Para finalizar se establece que para calcular las pérdidas de productividad laboral es necesario contar con información de la obra que solo se tendrá si se cuenta con los registros de las eventualidades que impactan la ejecución de los trabajos. Se requiere de un servicio de inspección alineado, que tenga por objetivo primordial la medición y mejoramiento de la productividad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

[1] León J., García A., López A. (2014). Bases para el Estudio de Factores que afectan la Productividad en la Construcción Minera, Corporación de Desarrollo Tecnológica, Cámara Chilena de la Construcción.

[2] León J., García A. (2013). Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile , Corporación de Desarrollo Tecnológica, Cámara Chilena de la Construcción.

[3] Alarcón L., Serpell A.,Grillo A., Díaz D. (1997). Un Sistema de Medición y Evaluación de Desempeño Para Empresas Constructoras Chilenas. Chile, Pontificia Universidad Católica. Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción. Cámara Chilena de la Construcción.

[4] Abad F., Rivero F., Leone M. (2004). Diseño de un modelo para gerenciar la productividad de construcción en obras de ingeniería. Caracas, Universidad Católica Andrés Bello.

[5] Betancour M., Valverde J. (2013). Una mirada a la productividad del sector minero en Chile. Dirección de Estudios, Comisión Chilena del Cobre.

[6] Catallopts J., Castillo E., Verdugo S. (2014). Productividad en la Industria Minera en Chile. Dirección de Estudios, Comisión Chilena del Cobre.

[7] Magendzo I. (2014). Evolución de la Productividad Total de Factores (PTF) en Chile, Boletín n 8. Universidad Adolfo Ibáñez, Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile.

[8]Lala A., Moyo M., Sellschop R. (2015). Productivity in mining operations: Reversing the downward trend. Mckinsey & Company.

[9]Kalsaas T. (2010). Work-Time Waste in Construction. 18th Annual Conference, International Group for Lean Construction, Haifa, Israel,2010.

## 9. ANEXOS

Figura 58: *Estándar de tiempos*



Figura 59: Estándar de tiempos

INFORMACION TURNO Contrato _____ Fecha / Turno _____ Empresa _____	Control de estándar de tiempos										Ubicación Partida Asociada Firma Jefe de área _____
	Cuadrilla 1		Cuadrilla 2		Cuadrilla 3		Cuadrilla 4		Cuadrilla 5		
	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Inicio	Termino	
Especialidad											
Trabajadores directos											
Trabajadores indirectos											
<b>ACTIVIDAD</b>											
Llegada bus barrio civico											
Desplazamiento II.FF/ Área de trabajo											
Charla Diaria											
Entrega de herramientas y materiales											
Desplazamiento área de trabajo											
Confección ART											
Preparación y limpieza											
Inicio primer medio turno											
Termino primer medio turno											
Traslado a casino											
Colación											
Traslado área de trabajo											
Inicio segundo medio turno											
Termino segundo medio turno											
Desplazamiento II.FF											
Entrega de herramientas											
Desplazamiento hacia andén											
Salida de buses											

Figura 60: Avance diario por planilla

**PLANILLA DE AVANCE DIARIO POR CUADRILLA**

<b>INFORMACION TURNO</b>		<b>DATOS CUADRILLA</b>		<b>PERSONAL CUADRILLA</b>	
Contrato _____	Supervisor _____	1 _____	2 _____	3 _____	4 _____
Fecha / Turno _____	Capataz _____	5 _____	6 _____	7 _____	8 _____
Empresa _____	Maquina # _____	9 _____	10 _____	11 _____	12 _____

Ubicación _____	Postura _____	Firma Supervisor _____	Hora y Firma 1° Inspeccion _____	Hora y Firma 2° Inspeccion _____
Partida Asociada _____				

CODIGO ACTIVIDAD	HORA		AVANCE		MATERIALES	DESCRIPCION
	INICIO	TERMINO	PROGRAMADO	REAL		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

<b>NO OPERATIVAS</b>	<b>CODIGO ACTIVIDADES</b>	
101 Charla	106 Aislacion	201 _____
102 Movilizacion	107 Colacion	204 _____
103 Documentacion	108 Orden y aseo	202 _____
104 Armado de plataforma	109 Otra 1	205 _____
105 Falta de materiales	110 Otra 4	203 _____
		206 _____
		207 _____
		208 _____
		209 _____