

Tabla de Contenido

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema y motivación	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo principal	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Alcances.....	3
1.4. Metodología de Trabajo	4
1.5. Estructura del informe	4
CAPITULO II	6
ANTECEDENTES DE PRODUCTIVIDAD.....	6
2.1. Conceptos generales de productividad	6
2.2. Importancia de la productividad	8
2.3. Medición de la productividad.....	9
2.4. Tipos de productividad	9
2.5. Etapas para construir un índice de productividad	9
2.5.1. Medición de la producción en construcción.....	10
2.6. Benchmarking como herramienta para el mejoramiento de la productividad	11
2.7. Conclusiones del capítulo	13
CAPITULO III	14
ANTECEDENTES DE LA PREPARACIÓN MINERA DE BLOCK/PANEL CAVING EN LA DIVISIÓN EL TENIENTE	14
3.1. Contexto: División El Teniente	14
3.1.1. Reservas y producción	14

3.1.2.	Sistema de explotación	14
3.1.3.	Niveles de la mina	14
3.2.	Preparación minera.....	15
3.2.1.	Actividades y labores de la preparación minera	16
3.3.	Preparación minera en División El Teniente	17
3.3.1.	Modelo de negocios para la preparación minera DET.....	17
3.3.2.	Sectores en preparación en El Teniente	17
3.3.3.	Planificación de la preparación minera en DET.....	19
3.4.	Antecedentes del control y seguimiento de la preparación minera en El Teniente.....	21
3.4.1.	Estructura organizacional de la Gerencia de Obras Minas.....	22
3.4.2.	Planificación y control de la Gerencia de Obras Minas (GOBM)	23
3.5.	Camino recorrido de la preparación minera en El Teniente	29
3.6.	Factores que afectan la productividad	31
3.7.	Conclusiones del capítulo	34
CAPITULO IV		36
METODOLOGÍA PROPUESTA.....		36
4.1.	Propuesta de definición de productividad en preparación minera.....	36
4.2.	Propuesta de medición de productividad en la preparación minera.....	36
4.3.	Medición de los recursos utilizados en preparación minera	37
4.4.	Medición de la producción en preparación minera	38
4.4.1.	Área Preparada Equivalente y Cantidad de Obra	39
4.5.	Índices de productividad en preparación minera.....	45
4.5.1.	Índice del costo por metro cuadrado preparado	45
4.5.2.	Índice de la Cantidad de Obra en relación a la mano de obra.....	45
4.6.	Conclusiones del capítulo	46

CAPÍTULO V	47
EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN MINA EL TENIENTE	47
5.1. Índices de productividad en preparación minera.....	47
5.1.1. Índice de eficacia en la preparación minera	47
5.1.2. Índice de eficiencia en la preparación minera	48
5.2. Recursos de la preparación minera	51
5.3. Medición de la producción en preparación minera en el tiempo	55
5.3.1. Área Preparada Equivalente	57
5.3.2. Cantidad de Obra	62
5.4. Resultados obtenidos a nivel global en la División El Teniente.....	64
5.5. Conclusiones del capítulo	66
CAPÍTULO VI	67
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y SENSIBILIDAD	67
6.1. Indicador de productividad del costo por metro cuadrado equivalente	67
6.1.1. Análisis de resultados del Indicador	68
6.2. Indicador de productividad de la Cantidad de Obra por dotación de personal.....	69
6.2.1. Análisis del ponderador para Cantidad de Obras	69
6.2.2. Análisis de resultados del indicador	75
6.2.3. Análisis de la cantidad de actividades	76
6.3. Resultados obtenidos a nivel global en la División El Teniente.....	82
6.4. Conclusiones del capítulo	85
CAPÍTULO VII	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
7.1. Conclusiones generales	87
7.2. Recomendaciones a futuro	90

CAPÍTULO VIII	91
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS	93
ANEXO A: Detalle de indicadores utilizados en la preparación minera de El Teniente 93	
ANEXO B: Cálculo para pasar a una moneda de un año con respecto a otro.....	94
ANEXO C: Datos y ponderadores utilizados para las métricas propuestas.....	95
ANEXO D: Gastos incurridos y mediciones físicas de obras	99
ANEXO E: Detalle de las principales actividades consideradas	103
Sistemas de traspaso	103
Muros de fortificación de pilares	106
Puntos de extracción	109

Índice de Figuras

Figura 2.1-1 Relación de la productividad con la eficiencia, efectividad y eficacia. Fuente: Revista Universidad EAFIT (2004).	7
Figura 2.6-1 Benchmarking como herramienta para mejorar la productividad. (Alarcón et al, 1997)	12
Figura 2.6-2 Metodología para la implementación de benchmarking (Lema et al, 1995)	12
Figura 2.6-3 Evolución Benchmarking. (Tello, 2016).....	13
Figura 3.1-1 Sectores de las minas actuales en operación. Además de los desarrollos del Nuevo Nivel Mina.	15
Figura 3.2-1 Clasificación de la preparación minera (Camhi, 2012).....	16
Figura 3.3-1 Volumen de obras promedio y cantidades de las principales actividades y suministros para la preparación minera. Fuente: Gerencia de Obras Minas.....	19
Figura 3.3-2 Esquema general de la planificación de la preparación minera (Salgado, 2009).	21
Figura 3.4-1 Estructura organizacional de la Gerencia de Obras Minas.	23
Figura 3.4-2 Esquema de los KPI's de contratos de largo plazo en la GOBM.	24
Figura 3.4-3 Ejemplo de los resultados de los indicadores de desempeño para la semana 1 del mes de octubre del 2016. Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	25
Figura 3.4-4 Volumen de control para cuantificar las actividades que comprende un sector. Elaboración: Gerencia de Obras Minas	27
Figura 4.2-1 Metodología propuesta para medir productividad.	36
Figura 4.4-1 Esquema representativo de la preparación de área en los distintos niveles en el tiempo en la mina Esmeralda (Díaz, J. F., 2016).....	38
Figura 4.4-2 Esquema del cálculo de área preparada equivalente.	41
Figura 4.4-3 Esquema del cálculo de Cantidad de Obras.	44
Figura 5.3-1 Medición física de actividades principales de Diablo Regimiento desde el año 2006 al año 2015.....	57
Figura 6.2-1 Diseño de sistema de traspaso para Esmeralda y Reservas Norte Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	73

Figura E 0-1 Diseño de sistema de traspaso para Esmeralda	104
Figura E 0-2 Diseño sistema traspaso para Reservas Norte	105
Figura E 0-3 Corte sección del pique de traspaso con piloto- Reservas Norte	106
Figura E 0-4 Corte sección del pique de traspaso con piloto- Esmeralda	106
Figura E 0-1 Diseño Muros de fortificación pilares para Esmeralda y Reservas Norte	107
Figura E 0-2 Diseño muros de fortificación pilares para Diablo Regimiento.....	108
Figura E 0-3 Diseño Muros de fortificación pilares, vista entre calles, para Diablo Regimiento	108
Figura E 0-1 Arcos metálicos para puntos de extracción Esmeralda y Reservas Norte	109
Figura E 0-2 Vista sección zanja en diseño de puntos de extracción para Esmeralda y Reservas Norte	109
Figura E 0-3 Diseño de puntos de extracción de marcos de acero. Esmeralda y Reservas Norte	110
Figura E 0-4 Vista sección zanja en diseño de puntos de extracción Diablo Regimiento	110
Figura E 0-5 Vista perfil zanja en diseño de puntos de extracción de marcos de acero Diablo Regimiento	111

Índice de Gráficos

Gráfico 3.4-1 Cumplimiento preparación minera versus gasto (2000 – 2015) Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	28
Gráfico 3.4-2 Dotación preparación de minas (1998-2015). Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	29
Gráfico 3.6-1 Pareto tiempo no utilizado para proyectos de construcción minera Fuente: Estudio de productividad construcción minera CDT.....	33
Gráfico 3.6-2 Interferencias causas de la División. (Díaz y Arce, 2015).....	34
Gráfico 3.6-3 Pérdidas Operacionales Contratista. (Díaz y Arce, 2015)	34
Gráfico 5.1-1 5.1-1 Índice de productividad en base a los costos por área preparada equivalente, junto con los gastos incurridos por sector en el tiempo.....	49
Gráfico 5.1-2 Índice de productividad en base a la Cantidad de Obra por hombre mes, junto con la dotación mensual promedio al año por sector en el tiempo	50
Gráfico 5.2-1 Gastos incurridos por año en MUSD	52
Gráfico 5.2-2 Dotación mensual promedio al año del personal para los diferentes sectores	52
Gráfico 5.2-3 Detalle del gasto incurrido y dotación de Esmeralda	53
Gráfico 5.2-4 Detalle del gasto incurrido y dotación de Reservas Norte	54
Gráfico 5.2-5 Detalle del gasto incurrido y dotación de Diablo Regimiento.....	54
Gráfico 5.2-6 Gastos vs Dotación en cada sector	55
Gráfico 5.3-1 Medición física de actividades principales de Esmeralda desde el año 2006 al año 2015.....	56
Gráfico 5.3-2 Medición física de actividades principales de Reservas Norte desde el año 2006 al año 2015.....	56
Gráfico 5.3-3 Área preparada equivalente en los diferentes sectores en el tiempo.	58
Gráfico 5.3-4 Ponderador con respecto al peso económico por actividad para las 3 minas.	61
Gráfico 5.3-5 Cantidad de Obra en los diferentes sectores en el tiempo.	63
Gráfico 5.4-1 Cantidad de Obras vs Dotación para la División El Teniente	65

Gráfico 5.4-2 Cumplimiento en preparación en % vs Cantidad de Obra por persona	65
Gráfico 6.1-1 Tasa de cambio del costo por metro cuadrado con respecto al presupuestado.....	68
Gráfico 6.2-1 Valor precio unitario de desarrollos horizontales nivel de hundimiento	70
Gráfico 6.2-2 Valor precio unitario de desarrollos horizontales nivel de producción	71
Gráfico 6.2-3 Valor precio unitario de desarrollos horizontales subnivel de ventilación	71
Gráfico 6.2-4 Valor precio unitario de desarrollos horizontales nivel de acarreo.....	72
Gráfico 6.2-5 Evolución del costo del sistema de traspaso para Reservas Norte Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	74
Gráfico 6.2-6 Evolución del costo para el sistema de traspaso de Esmeralda Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	74
Gráfico 6.2-7 Resultados del indicador de productividad de la Cantidad de Obra por dotación mensual	75
Gráfico 6.2-8 Tasa de cambio de actividades con respecto al año 2012 en el sector de Esmeralda.	77
Gráfico 6.2-9 Tasa de cambio de actividades con respecto al año 2012 en el sector de Reservas Norte.	77
Gráfico 6.2-10 Tasa de cambio de actividades con respecto al año 2012 en el sector de Diablo Regimiento	78
Gráfico 6.2-11 Cantidad de Obras versus Dotación por sector	79
Gráfico 6.2-12 Cantidad de Obra por la dotación utilizada versus el cumplimiento físico de las obras en porcentaje- Esmeralda.....	80
Gráfico 6.2-13 Cantidad de Obra por la dotación utilizada versus el cumplimiento físico de las obras en porcentaje- Reservas Norte	81
Gráfico 6.2-14 Cantidad de Obra por la dotación utilizada versus el cumplimiento físico de las obras en porcentaje- Diablo Regimiento.....	82
Gráfico 6.3-1 Evolución del precio del cobre vs Cantidad de Obra por persona en la División El Teniente.....	83
Gráfico 6.3-2 Eficiencia en la Preparación Minera versus Precio del Cobre	84

Índice de Tablas

Tabla 3.3-1 Gastos reales de cada uno de los sectores y extensiones del año 2012 al año 2015 (montos en monedas correspondientes a cada año).	18
Tabla 3.4-1 Detalle del Costo por metro cuadrado presupuestado al año 2015. Elaboración: Gerencia de Obras Minas.....	27
Tabla 4.4-1 Cuadro comparativo entre la medida de área incorporada y de área preparada.....	39
Tabla 4.4-2 Ventajas y desventajas entre Área Preparada Equivalente y Cantidad de Obra	40
Tabla 5.1-1 Cumplimiento físico de obras con respecto al programa de revisión B	47
Tabla 5.1-2 Índice de productividad en costo por área preparada equivalente para los diferentes sectores en el tiempo.....	48
Tabla 5.1-3 Costo por área preparada según el presupuesto al año 2015, para los diferentes sectores.	48
Tabla 5.3-1 Cantidad de obras en un área de 100 x 100 m² requeridas en cada sector	59
Tabla 5.3-2 Porcentaje del costo real del año 2015 de las actividades principales con respecto al total en el área de 100x100 m²	60
Tabla 5.3-3 Ponderador final por actividad para transformar Área Preparada Equivalente en cada sector.....	62
Tabla 5.3-4 Costos utilizados para realizar la equivalencia a la Cantidad de Obras en metros lineales.	64
Tabla 6.1-1 Porcentaje de error con respecto al caso base del indicador de área preparada equivalente.....	67
Tabla 6.2-1 Variación porcentual de la Cantidad de Obra con respecto al caso base ...	72
Tabla 6.2-2 Porcentaje de error de la variación del precio unitario del sistema de traspaso	75
Tabla A-0-1 Cuadro resumen con el detalle de las observaciones de cada métrica.	93
Tabla C-0-1 Ponderador de cantidad de actividad y de peso económico en porcentaje.	95

Tabla C-0-2 Costos por actividades principales en el área de 100 x 100 m2 en USD MB2015.....	95
Tabla C-0-3 Cantidad de actividades principales requeridas por sector para un área de 100 x 100 m2	96
Tabla C-0-4 Detalle de las actividades principales y el ponderador para la Cantidad de Obra.	96
Tabla D-0-1 Gastos incurridos por Esmeralda	99
Tabla D-0-2 Gastos incurridos Reservas Norte.....	99
Tabla D-0-3 Gastos incurridos Diablo Regimiento	99
Tabla D-0-4 Medición física de obras a modo general de la División El Teniente de las actividades principales	100
Tabla D-0-5 Medición física de obras de las actividades principales del sector Esmeralda	100
Tabla D-0-6 Medición física de obras de las actividades principales para el sector Reservas Norte	101
Tabla D-0-7 Medición física de obras de las actividades principales para el sector Diablo Regimiento	102

Índice de Ecuaciones

Ecuación 2.1-1 Relación que define productividad.....	7
Ecuación 4.4-1 Cálculo de Área Preparada Equivalente.....	41
Ecuación 4.4-2 Cálculo de Cantidad de Obra en metros equivalentes	44
Ecuación 4.5-1 Índice de productividad (1): costo por metro cuadrado.....	45
Ecuación 4.5-2 Índice de productividad (2): Cantidad de Obra por hombre mes por año.	45
Ecuación B 0-1 Cálculo de factor para cambio de moneda base	94