

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



Diagnóstico Operativo de la empresa ABC

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN

ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS

OTORGADO POR LA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

PRESENTADA POR:

Raquel Chuquín Orihuela

Adriana Farro Yamaguchi

Franklin Valdivia Díaz

Asesor: Ricardo Pino Jordán

Surco, diciembre 2017

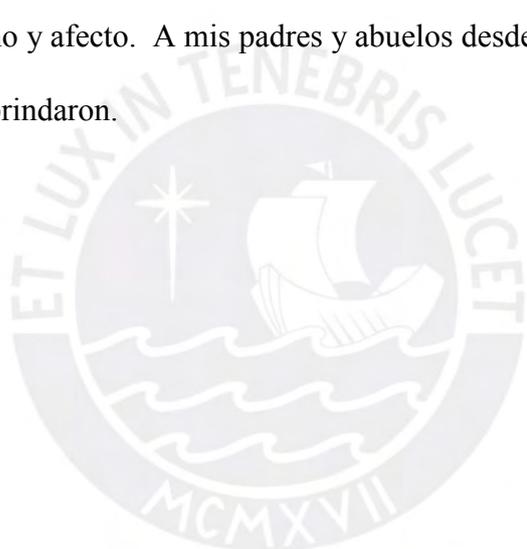
Dedicatoria

A nuestros hijos, porque el camino del bien no debe ser enseñado solo con palabras sino con el ejemplo, y las cosas que realmente valen en la vida no se compran con dinero, se deben ganar con esfuerzo y sacrificio.

Raquel Chuquín Orihuela

Franklin Valdivia Díaz

A mi amado esposo; sin su amor, soporte y paciencia no hubiera sido posible este logro. A mi pequeño hijo, por todo el amor que me da a diario. A mi hermano por todo su cariño y afecto. A mis padres y abuelos desde donde estén, muchas gracias por todo lo que me brindaron.



Adriana Farro Yamaguchi



Agradecimientos

Agradecemos a nuestros padres, por el amor y los valores recibidos que nos acompañan en nuestra vida diaria. También agradecemos a nuestras familias, que nos apoyaron en este viaje para cumplir nuestras metas.

Agradecemos a nuestro asesor, Prof. Ricardo Pino, por su dedicación y guía para realizar exitosamente este proyecto. También a la profesora Giovanna Di Laura, por su apoyo en la revisión de los aspectos APA

Finalmente, agradecemos la colaboración del personal y la gerencia de la empresa ABC.



Resumen Ejecutivo

La empresa ABC es un contratista especializado en desarrollo de túneles horizontales primarios y secundarios para minería subterránea en la provincia del *Copperbelt*, en Zambia. ABC inició sus operaciones en el año 2003, posee una oficina y un taller central de mantenimiento en el área industrial de la ciudad de Kitwe, la cual brinda soporte a los diferentes proyectos mineros de la empresa. ABC realiza minado por métodos convencionales con ayuda de explosivos, para lo cual cuenta con: (a) una flota de equipos de interior mina, y (b) personal altamente especializado y con amplia experiencia en la industria minera.

Actualmente la empresa ha visto afectada sus operaciones debido a la disminución paulatina de proyectos de desarrollo minero, ello se ha debido a factores como: (a) la baja de mediano plazo en el precio del cobre, y (b) el incremento de los costos operativos propios y de los clientes. Por lo tanto, ABC ha requerido optimizar sus operaciones con el objetivo de potencializar su rentabilidad para lo cual se ha llevado a cabo un Diagnostico Operativo Empresarial (DOE).

En el DOE se revisaron las diferentes áreas involucradas con la creación de valor de la empresa: (a) el diseño del producto, (b) el diseño del proceso, (c) la distribución de planta, el planeamiento y control de la calidad, (e) los costos, (f) y la logística, todo ello con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en términos de productividad y eficiencia, que redunden en una reducción de costos o establezcan una positiva percepción de la calidad del servicio por parte del cliente.

Se han propuesto 15 oportunidades de mejora, dentro de las que destacan: (a) mejorar el avance por disparo a 50% >2.7m en el primer año y a 75% >2.7m en el segundo año; (b) implementar una política de mantenimiento correctivo 30% y mantenimiento preventivo 70%, (c) encontrar un proveedor alternativo de brocas y barras de perforación, y (d) renovar 50%

de la flota de jumbos con jumbos de dos brazos. Con estas medidas se espera lograr un incremento de la utilidad bruta de 754k USD/año en el primer año y 718k USD/año en el segundo año. Debido al aumento de la productividad, se estima que los clientes perciban una mejora en la calidad del servicio brindado y por ende alcanzar en el mediano plazo la posición de proveedor preferido por costo y calidad de servicio.



Abstract

The ABC company is a contractor specialized in primary and secondary tunnel development for underground mining in the *Copperbelt* province, Zambia. ABC started operations in 2003, it operates a central office and workshop located in Kitwe industrial area, these facilities support the company mining project` operations. ABC does mining by conventional methods aid by explosives, ABC has the following resources: (a) underground equipment fleet, and (b) highly trained and experienced personnel for mining industry.

Actually, ABC operations were affected by a steady reduction of mining development projects, due to factors like: (a) the lower copper price, and (b) the increase in operation cost for ABC and its customers. Thus, ABC requires a Business Operating Assessment (BOA) in order to optimize operations and achieve cost effectiveness.

In this BOA, different areas involved with value creation like: (a) product design, (b) process design, (c) plant layout, (d) quality assurance and quality control, (e) cost, and (f) supply were reviewed in order to identify improvements opportunities in terms of productivity and efficiency, which attract either a cost reduction or a customer perception of a better service.

We propose 15 improvement opportunities, the key ones are: (a) increase blast advance to 50%>2.7m on year one and 75%>2.7m on year two; (b) implement a corrective maintenance 30% and preventive maintenance 70% policy; (c) evaluate and find a suitable supplier of quality drilling bits and drilling rods; and (d) renew 50% of jumbo fleet by two arms jumbos (instead of one arm jumbos). As a result, we expect to increase gross profit in USD 754k on year one and USD 718k on year two. Due to productivity increase, we also expect that customers` perception of a better quality service, and achieve in medium term a “preferred supplier” status based on cost and quality.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	viii
Lista de Figuras.....	xi
Capítulo I: Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción de la Empresa	7
1.3 Productos Elaborados	8
1.3.1 Operación de minas	8
1.3.2 Mantenimiento.....	8
1.4 Ciclo Operativo.....	9
1.5 Diagrama Entrada – Proceso – Salida.....	10
1.6 Clasificación según sus Operaciones Productivas.....	11
1.7 Matriz del Proceso de Transformación.....	12
1.8 Relevancia de la Función de Operaciones	13
1.9 Conclusiones.....	14
Capítulo II: Marco Teórico.....	16
2.1 Ubicación y Dimensionamiento de la Planta.....	16
2.2 Planeamiento y Diseño de los Productos.....	17
2.3 Planeamiento y Diseño del Proceso.....	19
2.4 Planeamiento y Diseño de Planta.....	22
2.5 Planeamiento y Diseño del Trabajo	24
2.6 Planeamiento Agregado.....	26
2.7 Programación de Operaciones Productivas	29
2.8 Gestión de Costos	30

2.9	Gestión Logística	34
2.10	Gestión y Control de la Calidad.....	37
2.11	Gestión del Mantenimiento.....	40
2.12	Cadena de Suministro	42
Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de la Planta		45
3.1	Dimensionamiento de Planta (Capacidad).....	45
3.2	Ubicación de Planta	46
3.3	Propuesta de Mejora	48
3.4	Conclusiones.....	49
Capítulo IV: Planeamiento y Diseño del Producto		51
4.1	Secuencia del Planeamiento y Aspectos a Considerar.....	51
4.1.1	Fase 0 – Planeamiento	51
4.1.2	Fase 1 – Desarrollo del concepto.....	51
4.1.3	Fase 2 – Diseño del sistema.....	52
4.1.4	Fase 3 – Diseño detallado	55
4.1.5	Fase 4 – Pruebas y afinación	59
4.1.6	Fase 5 – Producto de transición	60
4.2	Aseguramiento de la Calidad del Diseño.....	60
4.2.1	Trazo y topografía.....	60
4.2.2	Perforación.....	61
4.2.3	Carga y voladura.....	61
4.2.4	Acarreo y transporte.....	61
4.2.5	Desatado y sostenimiento.....	62
4.3	Propuesta de Mejora	62
4.3.1	Revisión de tecnología disponible versus empleada.....	62

4.3.2 Revisión de las diferentes etapas del ciclo de minado.....	63
4.3.3 Revisión de productividad.....	69
4.4 Conclusiones.....	70
Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso	72
5.1 Mapeo de los Procesos.....	74
5.2 Diagrama de Actividades de los Procesos Operativos (DAP).....	75
5.3 Herramientas para Mejorar los Procesos	78
5.3.1 Relaciones ingreso / costo mensual.....	79
5.3.2 Factores internos de ABC.....	83
5.3.3 Análisis del mantenimiento.....	83
5.3.4 Relaciones producción real versus producción teórica.....	87
5.4 Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos	87
5.5 Propuesta de Mejora	90
5.5.1 Transporte de equipo.....	91
5.5.2 Impacto de demoras externas.....	91
5.5.3 Disponibilidad de personal.....	91
5.5.4 Disponibilidad de equipos.....	92
5.6 Conclusiones.....	91
Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de la Planta.....	94
6.1 Distribución de Planta.....	94
6.2 Análisis de la Distribución de Planta.....	96
6.3 Propuesta de Mejora	97
6.4 Conclusiones.....	100
Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo.....	101
7.1 Planeamiento del Trabajo	101

7.2	Diseño del Trabajo.....	104
7.3	Propuesta de Mejora	105
7.4	Conclusiones.....	110
Capítulo VIII: Planeamiento Agregado		111
8.1	Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado	111
8.2	Análisis del Planeamiento Agregado.....	111
8.3	Pronóstico y Modelo de la Demanda.....	112
8.4	Planeamiento de Recursos (Programa Maestro).....	114
8.4.1	Equipos de interior mina.....	115
8.4.2	Recursos humanos.....	116
8.4.3	Materiales.....	118
8.5	Propuesta de Mejora	118
8.6	Conclusiones.....	120
Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas		121
9.1	Optimización del Proceso Productivo.....	121
9.2	Programación.....	121
9.3	Gestión de la Información.....	123
9.4	Propuesta de Mejoras.....	124
9.5	Conclusiones.....	127
Capítulo X: Gestión Logística		128
10.1	Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento.....	128
10.1.1	Organización del departamento logístico de ABC.....	128
10.1.2	Lista de compras y proceso de aprobación.....	129
10.1.3	Ciclo de compras	130
10.1.4	Proveedores y formas de pago.....	130

10.2	La Función de Almacenes.....	131
10.2.1	Flujo entre almacenes.....	132
10.3	Inventarios.....	132
10.3.1	La cantidad.....	133
10.3.2	Costo de inventarios.....	133
10.4	La Función de Transporte.....	134
10.5	Definición de los Principales Costos Logísticos.....	135
10.6	Propuestas de Mejoras.....	136
10.7	Conclusiones.....	139
Capítulo XI: Gestión de Costos.....		140
11.1	Introducción.....	140
11.2	Costeo por Órdenes de Trabajo.....	141
11.2.1	Los proyectos SOB y Mufulira Deeps.....	141
11.3	Costeo Basado en Actividades.....	147
11.4	Propuesta de Mejora.....	147
11.5	Conclusiones.....	150
Capítulo XII: Control de la Calidad.....		151
12.1	Gestión de la Calidad.....	151
12.2	Control de la Calidad.....	154
12.3	Propuesta de Mejora.....	156
12.4	Conclusiones.....	158
Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento.....		159
13.1	Mantenimiento Correctivo.....	159
13.2	Mantenimiento Preventivo.....	160
13.3	Propuesta de Mejora.....	161

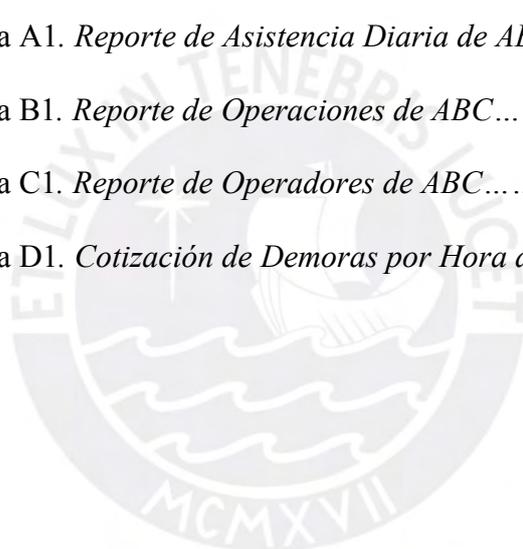
13.4 Conclusiones.....	162
Capítulo XIV: Cadena de Suministro	165
14.1 Definición del Producto	165
14.2 Descripción de las Empresas que Conforman la Cadena de Abastecimiento.....	165
14.3 Descripción del Nivel de Integración Vertical, Tercerización, Alianzas o Joint -Venture Encontrados.....	167
14.4 Describir las Estrategias del Canal de Distribución.....	168
14.5 Proponer Mejoras al Desempeño de la Cadena de Aprovisionamiento.....	168
14.6 Conclusiones.....	171
Capítulo XV: Conclusiones y recomendaciones.....	165
15.1 Conclusiones.....	172
15.2 Propuesta de Mejora.....	176
15.3 Futuro de las Operaciones Productivas.....	179
Referencias.....	180
Apéndice A: Reporte de Asistencia Diaria	184
Apéndice B: Reporte de Operaciones	185
Apéndice C: Reporte de Operadores.....	187
Apéndice D: Cotización de Demoras por Hora	188
Apéndice E: Reporte de Productividad.....	189
Apéndice F: Check List Diario de Revisión	190

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Producción Minera de Cobre de los Años 2016, 2015 y 2014 por Continentes</i>	4
Tabla 2. <i>Flota de Equipos de ABC</i>	52
Tabla 3. <i>Trazo y Replanteo</i>	55
Tabla 4. <i>Tiempos de Perforación y Cantidad de Taladros por Tipo de Sección</i>	56
Tabla 5. <i>Perforación</i>	56
Tabla 6. <i>Carga y Voladura</i>	58
Tabla 7. <i>Acarreo y Transporte</i>	59
Tabla 8. <i>Desatado y Sostenimiento</i>	59
Tabla 9. <i>Tiempos Promedio en Horas del Ciclo Operativo</i>	60
Tabla 10. <i>Tiempos de Perforación y Cantidad de Taladros por Sección y Tipo de Jumbo</i>	65
Tabla 11. <i>Tiempos de Desatado y Sostenimiento por Sección y Tipo de equipo</i>	68
Tabla 12. <i>Histograma de disparos en la mina SOB para el mes de septiembre 2016</i>	69
Tabla 13. <i>Avance Teórico Para el Proyecto SOB</i>	84
Tabla 14. <i>Cálculo de Penalidades por Tiempo Perdido</i>	91
Tabla 15. <i>Cálculo de Ahorros por Implementar Políticas de Mantenimiento Correctivo</i>	92
Tabla 16. <i>Horario de Uso del Pique en la Mina SOB</i>	95
Tabla 17. <i>ABC Nivel 3360, Duración Promedio de Actividades Contributarias</i>	96
Tabla 18. <i>Cálculo Mensual del Costo de un Táiler Diésel Versus Ahorro en el Nivel 3360</i> ..	99
Tabla 19 <i>Inversión</i>	99
Tabla 20. <i>Costo Directo</i>	99
Tabla 21. <i>Ahorro de Combustible</i>	99
Tabla 22. <i>Ahorro por Costo de Oportunidad</i>	100
Tabla 23. <i>Personal Operativo Técnico Certificado los Proyectos Mineros</i>	105
Tabla 24. <i>Cantidad De Horas Sin Actividad Y Promedio Diario Por Fallas Técnicas</i>	107

Tabla 25. <i>Cantidad De Horas Sin Actividad Y Promedio Diario Por Falta de Repuestos ...</i>	107
Tabla 26. <i>Cantidad de Horas Necesarias Inicialmente Para Implementar las Mejoras.....</i>	108
Tabla 27. <i>Cuadro Comparativo De La Mejora En Horas Por Turno Y Equipo</i>	109
Tabla 28. <i>Producción Histórica de ABC</i>	113
Tabla 29. <i>Avance en Metros de Túnel en Proyectos de ABC.....</i>	115
Tabla 30. <i>Análisis de RRHH de ABC en Proyectos</i>	116
Tabla 31. <i>Matriz de Responsabilidad de Materiales Directos en Indirectos</i>	117
Tabla 32. <i>Proyección de Capacidad Instalada e Incremento de Jumbos.....</i>	118
Tabla 33. <i>Planeamiento Agregado de ABC propuesto</i>	119
Tabla 34. <i>Tiempos Promedio en Horas y % de Tiempo del Ciclo Operativo</i>	121
Tabla 35. <i>Reporte de Avance Mina Mufulira.....</i>	122
Tabla 36. <i>Costos requeridos para la implementación del ERP SAP Business.....</i>	126
Tabla 37. <i>Ciclo de Compra de ABC.....</i>	130
Tabla 38. <i>Lista de Principales Proveedores de ABC.....</i>	131
Tabla 39. <i>Valor de Almacenes ABC en Setiembre del 2016.....</i>	134
Tabla 40. <i>Principales Costos Logísticos de ABC</i>	136
Tabla 41. <i>Inventario de Equipos septiembre 2016</i>	137
Tabla 42. <i>Costo Operativo Mensual de ABC.....</i>	142
Tabla 43. <i>Análisis de Aceros de Perforación para Marzo2017 de ABC</i>	145
Tabla 44. <i>Producción, Empleados e Indicadores de Productividad de ABC.....</i>	147
Tabla 45. <i>Ganancia Bruta para ABC en el Trimestre 2017</i>	148
Tabla 46. <i>EBT de ABC para el Primer Trimestre 2017.....</i>	149
Tabla 47. <i>Cálculo de Ahorros y Ganancias al Implementar una Cuadrilla de Control</i>	150
Tabla 48. <i>Procesos de Control/Medición en el Ciclo de Minado las Especificaciones.</i>	152
Tabla 49. <i>Procesos de Control/Medición Para el Cronograma de Trabajo</i>	153

Tabla 50. <i>Procesos de Control/Medición Para la Optimización de Recursos</i>	153
Tabla 51. <i>Procesos de Control/Medición Para la Seguridad Industrial</i>	154
Tabla 52. <i>Hoja de Asistencia Diaria 29 -09 - 2016</i>	157
Tabla 53. <i>Lista de Trabajadores en el Área de Mantenimiento</i>	160
Tabla 54. <i>Aspectos de Valoración de Criticidad de Máquinas</i>	163
Tabla 55. <i>Matriz de Criticidad de Máquinas</i>	164
Tabla 56. <i>Evaluación de la Cadena de Abastecimiento</i>	170
Tabla 57. <i>Matriz de Evaluación de Proveedores</i>	170
Tabla 58. <i>Resumen Oportunidades de Mejora – Año 1 y su Efecto en la Utilidad Bruta</i>	176
Tabla 59. <i>Resumen Oportunidades de Mejora – Año 2 y su Efecto en la Utilidad Bruta</i>	177
Tabla A1. <i>Reporte de Asistencia Diaria de ABC</i>	184
Tabla B1. <i>Reporte de Operaciones de ABC</i>	185
Tabla C1. <i>Reporte de Operadores de ABC</i>	187
Tabla D1. <i>Cotización de Demoras por Hora de ABC</i>	188



Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Profundidades de los hallazgos mineros mundiales de metales entre 1900-2013	3
<i>Figura 2.</i> Precio cátodos grado A de cobre – LME al contado, CIF puerto en Europa.....	3
<i>Figura 3.</i> Producción mundial de cobre por países 2014	5
<i>Figura 4.</i> Geología del Copperbelt de Zambia	6
<i>Figura 5.</i> Ciclo operativo de la empresa ABC	9
<i>Figura 6.</i> Diagrama Entrada – Proceso – Salida empresa ABC	11
<i>Figura 7.</i> Clasificación integral de las empresas según sus operaciones	12
<i>Figura 8.</i> Matriz del proceso de transformación	13
<i>Figura 9.</i> Procesos productivos: flotación	21
<i>Figura 10.</i> Procesos productivos: lixiviación	22
<i>Figura 11.</i> Decisiones de diseño de puestos de trabajo	24
<i>Figura 12.</i> Simbología empleada en los diagramas DAP y DOP	26
<i>Figura 13.</i> Requerimientos para el sistema de planeación de la producción.....	27
<i>Figura 14.</i> Representación de los costos primos y los costos de conversión	32
<i>Figura 15.</i> Logística de operaciones.....	35
<i>Figura 16.</i> Logística de operaciones mineras	36
<i>Figura 17.</i> Ciclo de compras locales en promedio para el sector minero.....	36
<i>Figura 18.</i> Ciclo de importaciones en promedio para el sector minero.....	37
<i>Figura 19.</i> Modelo esquemático de un sistema de control total de calidad.....	38
<i>Figura 20.</i> Eslabones en la cadena de suministros	44
<i>Figura 21.</i> Plano de las instalaciones de ABC	45
<i>Figura 22.</i> Ubicación de las instalaciones de ABC	46
<i>Figura 23.</i> Ubicación de la oficina central ABC y las minas donde da servicios	47
<i>Figura 24.</i> Ubicación de las instalaciones de Mina South Ore Body	47

<i>Figura 25.</i> Ubicación de las instalaciones de Mina Mufulira.....	48
<i>Figura 26.</i> Cantidad de proyectos mineros realizados entre 2007 - 2017	49
<i>Figura 27.</i> Jumbo de dos brazos	64
<i>Figura 28.</i> Camión Komatsu autónomo (sin conductor) para operaciones de superficie	67
<i>Figura 29.</i> Empernadora de techo Boltec 235 de Atlas Copco	68
<i>Figura 30.</i> Rotación de los tres turnos de trabajo	73
<i>Figura 31.</i> Organigrama matricial de ABC.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 32.</i> Mapa de procesos de ABC.....	75
<i>Figura 33.</i> DAP trazo y topografía - ABC.	76
<i>Figura 34.</i> DAP perforación - ABC	76
<i>Figura 35.</i> DAP carga y voladura – ABC.....	77
<i>Figura 36.</i> DAP acarreo y transporte - ABC	77
<i>Figura 37.</i> DAP desatado y sostenimiento – ABC.....	78
<i>Figura 38.</i> Productividad promedio mensual de ABC en el proyecto Mufulira	79
<i>Figura 39.</i> Productividad promedio mensual de ABC en el proyecto SOB.....	80
<i>Figura 40.</i> Índice de productividad mensual en la operación Mufulira.	81
<i>Figura 41.</i> Índice de productividad mensual en la operación SOB.....	82
<i>Figura 42.</i> Disponibilidad y utilización de la flota de ABC en el proyecto Mufulira.....	85
<i>Figura 43.</i> Análisis de tiempo de la flota de ABC en el proyecto Mufulira.....	86
<i>Figura 44.</i> Indicadores de metros por disparo y metros por día para el proyecto SOB.	87
<i>Figura 45.</i> Distribución en planta del nivel 3360 en el proyecto SOB.....	94
<i>Figura 46.</i> Tráiler de diésel típico de interior mina.....	98
<i>Figura 47.</i> Cantidad de personal administrativo por área en ABC.....	101
<i>Figura 48.</i> Cantidad de equipos existentes por ubicación en ABC.....	102
<i>Figura 49.</i> División del tiempo de mantenimiento para el proyecto Mufulira.	102

<i>Figura 50.</i> Distribución de personal en ABC	104
<i>Figura 51.</i> Gráfico de Pareto – Actividades realizadas por equipos en la mina Mufulira ...	106
<i>Figura 52.</i> Gráfico de Pareto – Actividades mejoradas por equipos en la mina Mufulira	Error! Bookmark not defined.
<i>Figura 53.</i> Camión y cargador de interior mina	114
<i>Figura 54.</i> Diseño del sistema propuesto para ABC	124
<i>Figura 55.</i> Modelo de infraestructura requerida en la empresa ABC.....	126
<i>Figura 56.</i> Organigrama del departamento logístico de ABC	129
<i>Figura 57.</i> Flujo de artículo entre almacenes de ABC	132
<i>Figura 58.</i> Actividades de transporte en ABC.....	135
<i>Figura 59.</i> Ítems sin rotación en los almacenes de ABC.....	137
<i>Figura 60.</i> Organigrama de la dirección de administración y finanzas de ABC	141
<i>Figura 61.</i> Aceros de perforación (RDT)	144
<i>Figura 62.</i> Esquema de sistema de calidad ABC en MCM.....	151
<i>Figura 63.</i> Costo mensual de explosivos ABC.....	155
<i>Figura 64.</i> Costos del nivel de actividad del mantenimiento	161
<i>Figura E1.</i> Reporte de productividad de ABC.....	189
<i>Figura F1.</i> Propuesta de <i>checklist</i> diario de revisión de equipos.....	190

Capítulo I: Introducción

1.1 Introducción

En la presente Tesis se elaboró un Diagnóstico Operativo Empresarial (DOE) de la empresa ABC, la cual brinda servicios de desarrollo de túneles horizontales para el sector minero en la provincia del *Copperbelt* (Zambia). La empresa actualmente enfrenta un escenario macroeconómico adverso, debido a los efectos de la economía mundial y específicamente la caída del precio del cobre en los mercados internacionales, por lo cual se ha visto afectada en sus operaciones y rentabilidad, al reducirse la cantidad de trabajo y el margen de ganancia. En el primer capítulo se ha desarrollado la descripción de la empresa, así como sus características operativas. En el segundo capítulo se ha descrito el marco teórico bajo el cual se trabajó la tesis. De los capítulos tercero al décimo cuarto se ha trabajado: la descripción, el levantamiento de información, el análisis y propuestas de mejora de los procesos, y los productos y gestión de la organización en diversos ámbitos. Por último, el décimo quinto capítulo expone las conclusiones y recomendaciones para la empresa.

El objetivo específico de la investigación ha sido delimitar y definir oportunidades de mejora en detalle que permitan: (a) el ahorro de costos o bien que (b) el cliente perciba una mejora en la calidad del servicio, lo cual redundará en una mejora de la rentabilidad de la organización. Con este fin se ha definido, primero, conceptos básicos como minerales, minería y su importancia.

Tatiya (2013) indica que los minerales son sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en la naturaleza y la minería es el proceso de extraerlos con propósitos comerciales. Se estima que la minería comenzó alrededor del año 300,000 a.C. y de acuerdo a las necesidades del hombre se buscó cierto tipo de minerales, lo cuales a su vez nombraron ciertas edades de la historia de la humanidad como: (a) la edad de piedra, (b) la edad de

bronce, y (c) la edad de hierro. Después del aire, el agua, y los alimentos, los minerales formaron parte de las necesidades básicas, pues son empleados en la fabricación de: (a) equipos, (b) máquinas, (c) utensilios, (d) herramientas, y (e) aparatos electrónicos, los cuales definieron el estilo de vida de la humanidad. Según el *Mineral Information Institute* (MII, Colorado, USA), un niño americano consumirá 60kg de minerales todos los días hasta que muera a una edad promedio de 80 años y consumirá 1700 toneladas de minerales (metálicos, no metálicos y combustibles) a lo largo de su vida (Tatiya, 2013)

Según el *World Bank* (2016), Zambia tienen una larga historia en minería y una gran fuente de recursos de: (a) cobre, (b) esmeraldas, y (c) otros depósitos. La minería representa 12% del PBI de Zambia y el 70% de las exportaciones. El sector es, además, una fuente importante de ingresos al gobierno y empleo formal directo e indirecto. Continuar atrayendo inversión en este sector es crucial para el crecimiento del país, pues constituye el 62% de la inversión extranjera directa. El cobre es un excelente conductor de calor y electricidad, siendo resistente a los microbios (antimicrobiano), y a la corrosión. La primera fuente del cobre es la minería, pero también existe cobre procedente del reciclaje, disminuyendo de este modo la contaminación y colaborando con la ecología. El proceso de producción del cobre posee tres etapas: (a) minado, (b) fundición, y (c) refinado, las cuales son importantes diferenciar, pues el proceso no necesariamente se realiza en la misma ubicación geográfica.

En los últimos años, el margen de rentabilidad del minado del cobre se ha visto afectado por: (a) la disminución de precios, debido a la sobreoferta y reducción de la demanda global; y (b) el incremento de los costos de operativos de exploración, y explotación, al encontrarse los yacimientos a cada vez mayor profundidad. En la Figura 1 se muestra cómo ha ido aumentando la profundidad de los hallazgos mineros durante el siglo XX e inicios del siglo XXI (Schodde, 2014). En la Figura 2 se muestra la variación en el precio de cobre (cátodos grado A) en los últimos 20 años, se puede ver que se mantuvo por debajo

de los 2,000 USD/ton hasta octubre de 2003, cuando se inició un crecimiento acelerado producto de: (a) los bajos inventarios, y (b) pocas inversiones en nuevos proyectos.

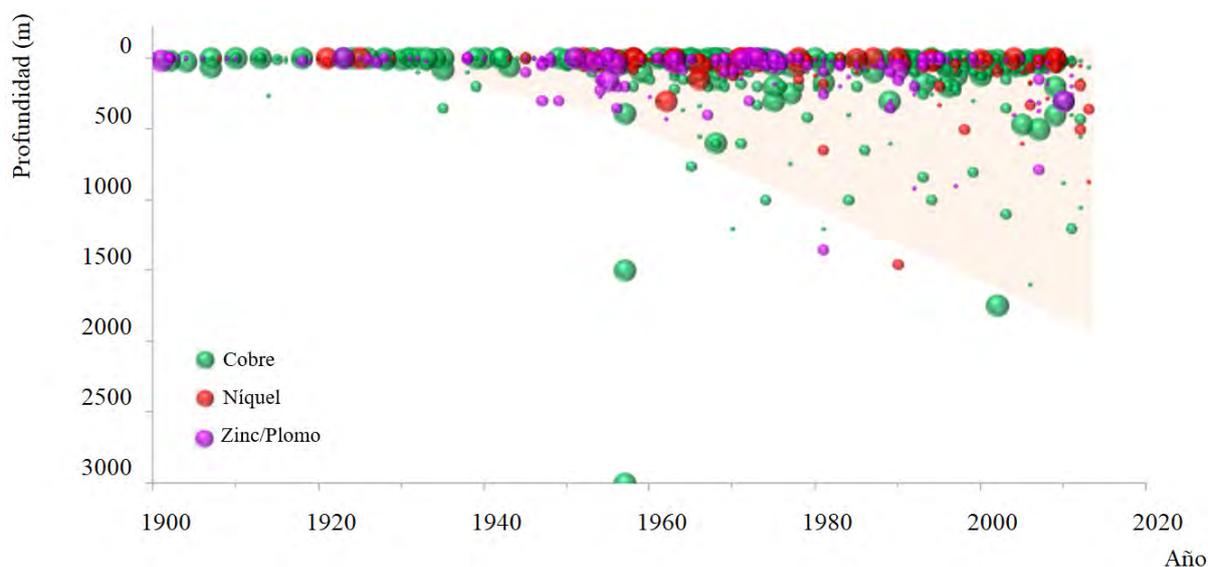


Figura 1. Profundidades de los hallazgos mineros mundiales de metales entre 1900-2013. Tomado de “The Global Shift to Undercover Exploration – How fast? How effective?”, R. Schodde, Keynote paper for the Society of Economic Geologist 2014 Conference, Keystone, Colorado, 2014. Recuperado de <http://www.minexconsulting.com/publications/sep2014b.html>

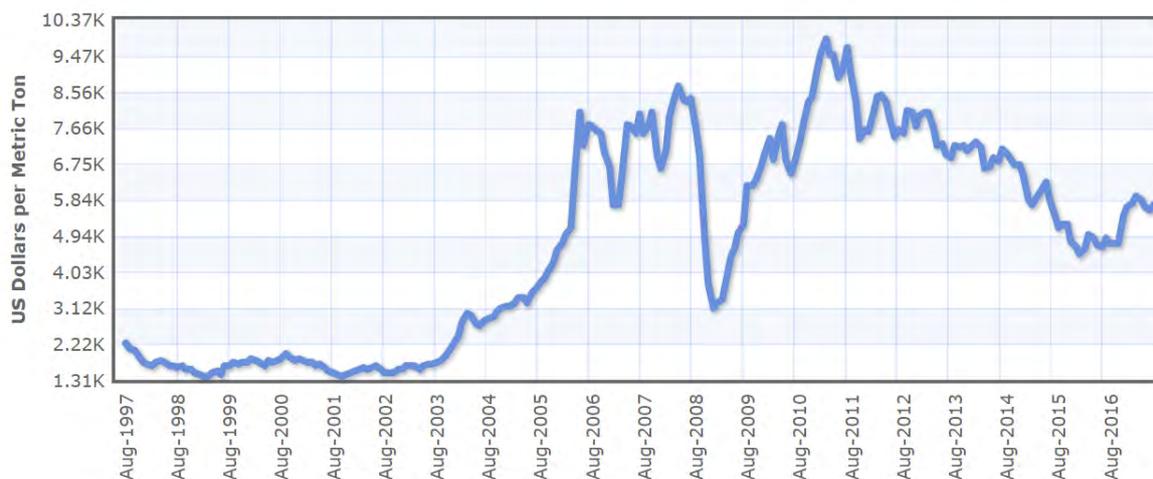


Figura 2. Precio cátodos grado A de cobre – LME al contado, CIF puerto en Europa. Recuperado de <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=copper&months=240>

Se puede apreciar el efecto la crisis internacional del año 2008, que incluyó la bancarrota de *Lehman Brothers*, el cual era el cuarto banco de inversión más grande de USA, el precio se vio afectado entre julio 2008 y enero 2010. El máximo valor de 9,880 USD/ton se alcanzó en febrero 2011, y debido a la entrada en producción en numerosos proyectos, los

inventarios aumentaron. La curva de Oferta se movió a paulatinamente la derecha, por lo que el precio ha presentado tendencia a la baja hasta alcanzar 4,600 USD/ton en febrero 2016 y actualmente se ha recuperado marginalmente a 6,000 USD/ton en agosto 2016.

En la Tabla 1 se muestra la producción minera de cobre por continentes de los años 2014 al 2016. Se puede apreciar que la producción está aumentado a nivel mundial, pero este efecto se debe principalmente al aumento en América y Asia. En el África, la producción manifiesta una disminución marginal de 1,905k toneladas y en el 2014 a 1,823k toneladas en el 2016

Tabla 1.

Producción Minera de Cobre de los Años 2016, 2015 y 2014 por Continentes

Continente	Miles de toneladas					
	2016	%	2015	%	2014	%
Africa	1,823	9.0	1,889	9.9	1,905	10.3
America	11,272	55.8	10,634	55.6	10,168	55.2
Asia	4,381	21.7	3,889	20.3	3,611	19.6
Europa	1,715	8.5	1,709	8.9	1,700	9.2
Oceania	1,028	5.1	1,011	5.3	1,046	5.7
Total	20,219	100.0	19,132	100.0	18,431	100.0

Nota. Adaptado de “Copper mine, smelter, refinery production and refined copper usage by geographical area” por International Copper Study Group (ICSG). Recuperado de <http://www.icsg.org/index.php/component/jdownloads/finish/165/872>

Zambia es una nación perteneciente al continente africano que limita al sur con:

Zimbabwe, Botswana, y Namibia; al oeste con Angola, al norte con: la República

Democrática del Congo, y Tanzania y al este con: Malawi y Mozambique. Zambia es un país mediterráneo, tiene un área de 752,618 km², cuenta con un clima tropical que varía según la altitud y una época de lluvias que va desde octubre hasta abril. En la Figura 3 se muestra la producción de cobre por países, donde: (a) Chile es el mayor productor de este mineral con un 34%; (b) le sigue Perú con 8%; (c) China con el 7%; y (d) un poco más alejado en séptimo lugar Zambia con el 5% de producción mundial de cobre.

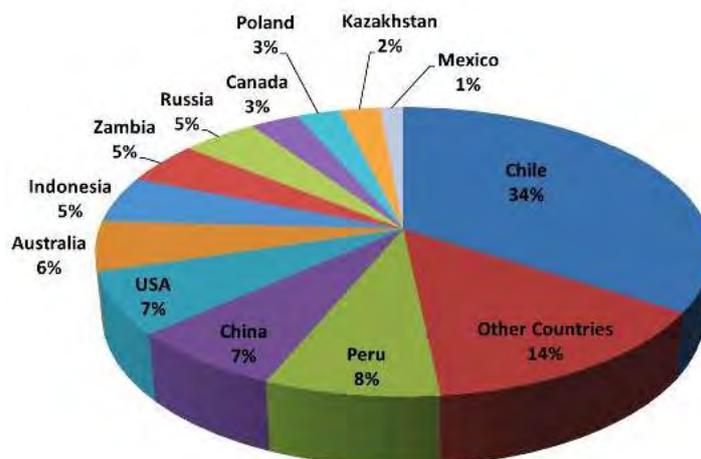


Figura 3. Producción mundial de cobre por países 2014

Tomado de “The Global Shift to Undercover Exploration – How fast? How effective?”, R. Schodde, Keynote paper for the Society of Economic Geologist 2014 Conference, Keystone, Colorado, 2014. Recuperado de <http://www.minexconsulting.com/publications/sep2014b.html>

Zambia ha tenido una de las economías de más rápido crecimiento del mundo en los últimos diez años, con una variación del PIB real de aproximadamente 6,7% anual, aunque el crecimiento se redujo en el año 2015 a poco más del 3% debido a factores como: (a) la caída de los precios del cobre, explicado por una menor demanda de China; (b) problemas en la generación y abastecimiento de energía eléctrica; y (c) la depreciación de su moneda. La falta de diversificación económica y la dependencia del cobre como la principal exportación, hacen que el crecimiento económico de Zambia sea vulnerable a las fluctuaciones del mercado mundial de materias primas (CIA, 2017). En África se localiza la mayor zona de yacimientos cupríferos del mundo, la zona llamada el Cinturón de Cobre o *African Copperbelt*, que se extiende desde el sudeste de la República Democrática del Congo hasta el norte de Zambia.

En la Figura 4 se pueden apreciar los depósitos en el *Copperbelt* de Zambia, que están ubicados en el Supergrupo de Katanga, formados en la era Neo-proterozoica, cuya extensión aproximada es cinco kilómetros de rocas meta-sedimentarias marinas y terrestres que carece de volúmenes significativos de rocas ígneas. El tipo volumétricamente dominante de mineralización que se producen en el *Copperbelt* de Zambia, son los Sulfuros de Carolita

(Cobre-Cobalto), el cual es bastante inusual al tener elevada concentración de cobalto y reducida concentración de (a) Plata, (b) Zinc, y (c) Plomo (Selley, y otros, 2005).

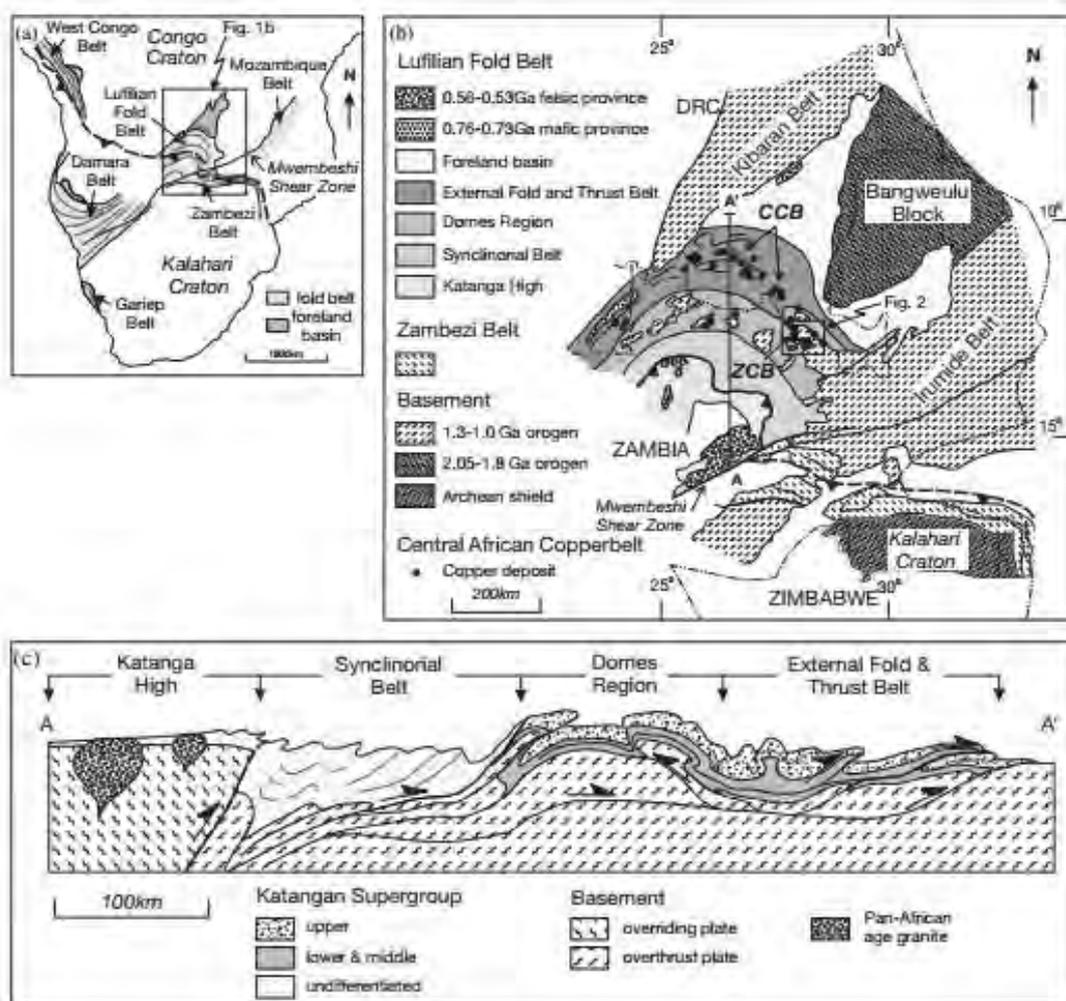


Figura 4. Geología del Copperbelt de Zambia. Tomado de *A new look at the geology of the Zambian Copperbelt*, por Selley, D y otros, 2005. University of Tasmania. Recuperado de <http://eprints.utas.edu.au/755/>

Según Tatiya (2013) en el mercado existen diferentes procesos para excavar túneles para la minería subterránea, pero los más frecuentemente usados en minería son: (a) desarrollo horizontal por métodos convencionales con ayuda de explosivos, (b) desarrollo vertical hacia abajo (*blind sinking*), y (c) desarrollo vertical hacia arriba (*raise boring*). Los tres métodos son de alto riesgo, requieren equipo y personal altamente especializado. El desarrollo de túneles horizontales es el más común de todos los métodos empleados y por ende existe una mayor competencia en este mercado.

El proceso de desarrollo de túneles horizontales puede ser: (a) manual, y (b) mecanizado. La minería manual es cada vez más inusual, la perforación de las rocas y voladura para extracción de este mineral es efectuada de forma manual con la ayuda de herramientas como martillos neumáticos mientras que el transporte se realiza en vagones sobre rieles y tiene las siguientes características: (a) poca inversión en activos (maquinaria), (b) poco avance en metros por mes, y (c) usa extensivamente mano de obra. De otro lado, la minería mecanizada: (a) emplea equipos autopropulsados en neumáticos (*trackless*) de alto costo; (b) produce un rendimiento entre cinco y diez veces mayor a la minería manual por mes, y (c) reduce drásticamente la mano de obra. Los equipos que se emplean en la minería mecanizada son: (a) las perforadoras de avance (jumbo), (b) los cargadores de interior mina (perfil bajo), y (c) los camiones de interior mina (perfil bajo). Una empresa minera debe gestionar adecuadamente los recursos existentes de tal forma que se obtenga el máximo beneficio, se deben tomar decisiones operativas estratégicas tales como definir si el desarrollo de túneles y la extracción del mineral se desarrolla de manera directa, con personal y equipos propios o a través de servicios de terceros.

1.2 Descripción de la Empresa

La empresa ABC fue fundada en Zambia en el año 2003 por tres accionistas peruanos con amplia experiencia en la industria minera y que contaban con emprendimientos en el Perú relacionados al rubro minero. El principal rubro de la empresa es el desarrollo de túneles mineros. ABC tiene una oficina central en la zona industrial de la ciudad de Kitwe. En la actualidad posee dos proyectos de desarrollo minero primario y secundario con Mopani Copper Mines PLC (MCM).

El primer proyecto se localiza en la ciudad de Kitwe, a 350 km al norte de la capital Lusaka, en la mina *South Ore Body* (SOB). Los trabajos de desarrollo se realizan en interior mina en tres niveles, con una producción estimada de 200 metros lineales de túnel por mes.

El segundo proyecto está en la ciudad de Mufulira, a 50 Km al noreste de la ciudad de Kitwe. Los trabajos de desarrollo se realizan en interior mina en cuatro niveles, con una producción estimada de 300 metros lineales de túnel por mes.

La empresa ABC cuenta con aproximadamente 500 trabajadores repartidos entre los dos proyectos y la oficina principal. El personal asignado a los proyectos trabaja en tres turnos de 12 horas por cuatro días cada uno: (a) turno de día, (b) turno de noche, y (c) turno de descanso. Los principales equipos que posee la empresa son: (a) ocho perforadores de avance denominados Jumbo, (b) siete cargadores mineros (de perfil bajo), y (c) cuatro camiones de interior mina.

1.3 Productos Elaborados

1.3.1 Operación de minas.

Este es el negocio principal de ABC, a lo largo de los años ha desarrollado estrategias contractuales dirigidas a agregar valor a sus clientes. Los servicios principales que ofrecen son: (a) desarrollo primario y secundario de la mina en operación continua, (b) producción de la mina, y (c) soporte primario y secundario.

1.3.2 Mantenimiento.

ABC cuenta con mecánicos y electricistas especializados en equipos de minería subterránea, lo cual representa una ventaja competitiva y le permite responder a todos los problemas relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo. Los servicios principales que ofrecen son: (a) el mantenimiento de equipos pesados para la minería, (b) manejo de agua en interior mina, y (c) servicios de energía en interior mina. La división de mantenimiento tiene un taller central y personal de soporte en cada proyecto, posee la capacidad de realizar reparaciones *in situ* en interior mina, e incluso fabricó un vehículo utilitario subterráneo llamado *caddy* en base a equipo “reciclado” que ha sido aprobado por el Departamento de Seguridad de Minas de Zambia para uso subterráneo.

1.4 Ciclo Operativo

Según D'Alessio (2004), el ciclo operativo de la empresa envuelve las áreas de: (a) operaciones, (b) marketing, y (c) finanzas. Estas tres áreas son los pilares de toda empresa, pero también intervienen dos áreas de soporte: (a) recursos humanos, como eje de soporte central; y (b) logística, como área de soporte lateral. En la Figura 5 se muestra el ciclo operativo de una empresa típica.



Figura 5. Ciclo operativo de la empresa ABC. Adaptado de *Administración y Dirección de la Producción* (2a ed. rev. P.4) por F.D'Alessio, 2004, Lima, Perú, Pearson

En el caso de ABC, los servicios de desarrollo de túneles que se ofrecen a sus clientes son de naturaleza contractual y es un servicio muy especializado; por lo general el contrato tiene una duración de mediano plazo, tres años, aproximadamente, pues la movilización de un proyecto significa: (a) tiempo de movilizar recursos, y (b) una fuerte inversión en maquinaria y personal. Por estos motivos, el departamento de marketing es importante pero reducido. Actualmente las funciones de marketing las realiza la Gerencia Central de Operaciones.

La empresa ABC brinda el servicio de minado de túneles y por lo tanto es un proveedor de servicios a la empresa minera. Aunque ABC tiene la capacidad técnica de diseñar la operación de minado, en los proyectos actuales ejecutan un diseño elaborado por la gerencia de ingeniería del cliente, el cual involucra una serie de departamentos como:

1. Geología. Identifica la ubicación del mineral, cuantifica la ley (cantidad y calidad de mineral en la roca), produce un modelo del cuerpo mineral, establece el volumen de mineral y monitorea la calidad del mineral extraído;
2. Planeamiento. Diseña el método de extracción del mineral y las galerías o túneles necesarios para extraer el mineral, los túneles usados a largo plazo se llaman desarrollo primario y los túneles usados en el corto plazo se llaman desarrollo secundario;
3. Mecánica de rocas. Sección que define el tipo de soporte necesario para las galerías;
4. Servicios mina. Encargada de brindar energía eléctrica, aire comprimido y ventilación necesaria para el normal desarrollo de las labores; y
5. Topografía. Compara el desarrollo real contra lo planeado en términos de cantidad y ubicación.

La construcción de un túnel en el interior de la mina por métodos convencionales con la ayuda de explosivos se realiza siguiendo un proceso repetitivo llamado “*ciclo de minado*”. La performance del ciclo de minado se mide en base al avance obtenido durante el ciclo en metros de túnel y normalmente es afectado por factores como: (a) la longitud de perforación de taladros, (b) la calidad y cantidad de explosivos, y (c) las características de la roca. El ciclo de minado consta de los siguientes pasos: (a) Trazo y topografía del frente, (b) Perforación, (c) Carga y voladura, (d) Acarreo y transporte, y (e) Desatado y sostenimiento.

1.5 Diagrama Entrada – Proceso – Salida

Las actividades del proceso de transformación de ABC se realizan en la planta del cliente (mina). ABC moviliza sus equipos y personal mientras que el cliente proporciona recursos como energía, agua y ciertos suministros como los explosivos, acordados contractualmente. En la Figura 6 se observa el Diagrama de Entrada-Proceso-Salida.

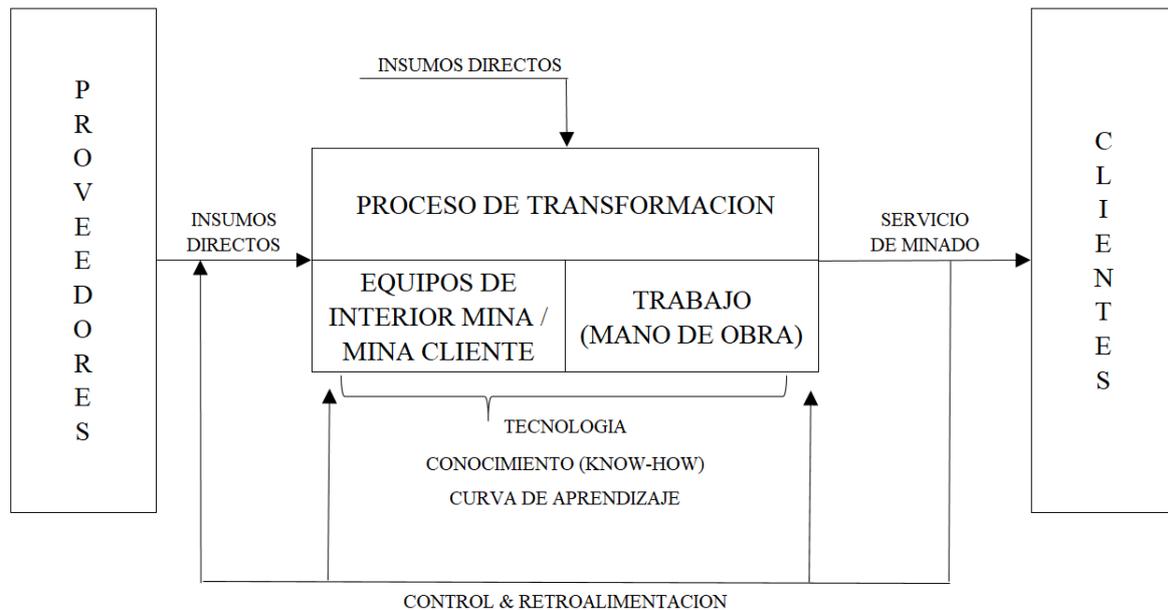


Figura 6. Diagrama Entrada – Proceso – Salida empresa ABC. Adaptado de “Administración de las Operaciones Productivas: Un Enfoque en Procesos para la Gerencia,” por F. D’Alessio, 2012. Lima, Perú: Pearson.

1.6 Clasificación según sus Operaciones Productivas

Según el tipo de operaciones, ABC realiza actividades de servicios, debido a su función de producción tiene un grado de contacto con el cliente (en este caso el dueño de la operación minera) para la creación del servicio. En términos generales, cuanto mayor sea el porcentaje de tiempo de contacto entre el sistema del servicio y el cliente, tanto mayor será el grado de interacción que exista entre ambos durante el proceso de su producción. En los sistemas de este tipo, el cliente afecta el tiempo demandado, la naturaleza exacta del servicio y la calidad (o calidad percibida) del servicio porque él participa en el proceso (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009). En la Figura 7 se muestra la clasificación de las empresas según sus operaciones. La producción de servicios se divide en: (a) logística, (b) seguridad y (c) bienestar, identificándose la actividad que desarrolla ABC en servicios logísticos, teniendo como principales características el cambio de la ubicación de los recursos, según lo establecido por D’Alessio (2004) en una adaptación de Barndt, S y Carvey, D.



Figura 7. Clasificación integral de las empresas según sus operaciones. Adaptado de “Administración de las Operaciones Productivas: Un Enfoque en Procesos para la Gerencia,” por F. A. D’Alessio, 2012. Lima, Perú: Pearson.

1.7 Matriz del Proceso de Transformación

La matriz del proceso de transformación es importante pues relaciona el volumen de producción con la frecuencia, a primera vista pareciera no tener implicancias mayores, pero esta clasificación ha sido estudiada y proporciona parámetros críticos para las diferentes etapas de la administración como: (a) planificación y organización, (b) dirección y ejecución, y (c) control. Para ABC, al trabajar en desarrollo de túneles para minería, hay dos enfoques del servicio brindado, si describimos el servicio por el producto final que es un conjunto de túneles, entonces el servicio brindado es un “artículo único”, pues no hay otra mina con esa disposición de túneles entre otras características particulares de cada proyecto; pero si nos enfocamos en el proceso, vemos que construir un túnel es un proceso repetitivo, llamado “Ciclo de Minado”, el cual tiene un avance de tres metros por ciclo y se desarrolla en un calendario continuo. Por lo tanto, siguiendo la clasificación de D’Alessio (2004), en la matriz de transformación, el proceso corresponde al tipo masivo como se muestra en la Figura 8.

VOLUMEN DE PRODUCCION	-	REPETITIVIDAD TECNOLOGIA	UNA VEZ	INTERMITENTE	CONTINUO (LINEA)
	ARTICULO UNICO	PROYECTO			
	LOTE		LOTE DE TRABAJO		
	SERIE		SERIE		
	MASIVO		MASIVO ABC		
	+	CONTINUO			CONTINUO
	-	FRECUENCIA DE PRODUCCION			+

Figura 8. Matriz del proceso de transformación. Adaptado de “*Administración de las Operaciones Productivas: Un Enfoque en Procesos para la Gerencia,*” por F. A. D’Alessio, 2012. Lima, Perú: Pearson.

En el proceso masivo existen ciertas características particulares:

1. *Layout* de acuerdo con la secuencia de operaciones,
2. Ritmo pre-especificado y controlado en la producción,
3. Operaciones altamente especializadas,
4. Cada estación de trabajo es dependiente de las otras,
5. El proceso es inflexible pues es muy difícil cambiar la ruta de producción,
6. Se realiza producción para stock o una capacidad fija en unidades por hora.
7. Las actividades críticas son: (a) el balance de la línea, (b) el mantenimiento, y (c) planificación en el suministro de materiales.

1.8 Relevancia de la Función de Operaciones

Según D’Alessio (2004), “las operaciones son un conjunto de procesos donde los insumos se transforman en productos y se les agregan valor; pueden ser bienes o servicios” (p. 32). Para el desarrollo de túneles mineros, ABC emplea tres fases unidas: (a) insumos, (b)

procesos, y (c) producto (servicio), estos recursos crean valor para la empresa, pues el cliente paga una tarifa fija por el servicio (metro de túnel). De la fórmula *Utilidad* es igual a *Ingresos* menos *Egresos*, vemos que hay dos formas de maximizar las utilidades de la empresa: (a) maximizar los ingresos, y (b) minimizar los egresos. Por lo tanto, la presente tesis se enfocará en analizar propuestas de mejora que aborden estos dos objetivos, y por lo tanto impliquen: (a) un óptimo uso de los recursos, y (b) la percepción de un servicio de calidad por parte del cliente, que ayuda a diferenciar el servicio de ABC con respecto a la competencia.

Las funciones modernas de la gerencia de operaciones emplean una metodología de que implica: (a) planificar, (b) hacer, (c) evaluar, y (d) actuar. Esta metodología se aplica de manera cíclica a diferentes áreas de decisión: (a) planta y equipo, (b) planificación y control de operaciones productivas, (c) mano de obra y recursos humanos, (d) diseño e ingeniería de productos, y (e) organización y administración

1.9 Conclusiones

ABC presta servicios de desarrollo de túneles para minería, tomando en cuenta el tipo de producto, y su ubicación en la matriz de transformación, es crítico revisar: (a) el balance de la línea de operaciones, (b) el mantenimiento de los equipos, y (c) la planificación del suministro de materiales. ABC requiere optimizar sus procesos con la finalidad de mejorar su rentabilidad ante el incremento de los costos y la disminución de los precios del cobre que afectan a sus clientes; se tratará de incrementar de la rentabilidad con: (a) mejora calidad del proceso de perforación y voladura, que redundaría en un mayor avance del servicio; (b) renovación de equipos más modernos y eficientes que representen menores costos operativos; y (c) estrechar los tiempos de demora y trabajo efectivo del personal, como los principales factores bajo control de ABC. Asimismo, se han evaluado la disminución de pérdidas debido a factores externos como: (a) el movimiento de equipos y personal, responsabilidad del

cliente de ABC (o de otros contratistas); (b) disponibilidad de servicios e insumos que pueden paralizar las actividades; y (c) liberación de puntos de acopio de desmote.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

Para el adecuado funcionamiento de una planta productiva uno de los temas iniciales que se han analizado es el de la ubicación y dimensión de las instalaciones, debido a que ambos componentes impactan de forma directa e inicial en los costos de la operación productiva. Para definir la ubicación de una planta existen dos metodologías ampliamente utilizadas (Krajewski & Ritzman, 2000), la primera basada en comparar dos o más ubicaciones mediante los siguientes pasos:

1. Identificación de factores importantes asignándoles una categoría (dominante o secundaria).
2. Contar con los sitios específicos a evaluar, en este punto se trabaja mediante la reducción de opciones primero se escogen regiones, luego zonas dentro de estas y por último los espacios específicos;
3. Analizar los datos cuantitativos en primer lugar y como segundo paso los cualitativos recopilados sobre los sitios específicos seleccionados en el punto anterior; y
4. Para poder trabajar con ambos tipos de variables y dar una recomendación final se puede evaluar mediante la revisión del rendimiento esperado o asignar factores de ponderación de importancia relativa y calcular un puntaje utilizando una matriz de preferencias.

El segundo es llamado método de carga – distancia emplea un modelo matemático evalúa las localizaciones basados en la proximidad y cantidad de cargas ponderadas que salen y entran de las instalaciones. También es posible considerar únicamente métodos cualitativos (Díaz, Jarufe, & Noriega, 2007) tales como:

1. Antecedentes industriales, donde se considera que la ubicación ideal debe ser cercana a lugares donde ya existen empresas dedicadas al mismo rubro,
2. Factores preferenciales, la selección se basa en la preferencia personal de quien elige la locación, y
3. Factor dominante, concepto por el cual en casos como la industria minera o petrolera, la ubicación se determina por la ubicación de los yacimientos.

La determinación del dimensionamiento de la planta se establece a partir de un estudio de tamaño viable para la operación. Esta metodología comprende la realización de aproximaciones sucesivas hasta lograr un límite máximo, establecido a partir del estudio de mercado, y un mínimo, calculado a partir del punto de equilibrio. El tamaño de la planta estará ubicado dentro de dicho intervalo (Diaz, Jarufe, & Noriega, 2007).

2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos

Para esta etapa es necesario realizar un planeamiento adecuado y metódico para obtener un producto reproducible y repetible. Las seis fases del proceso genérico del desarrollo de productos son (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009):

1. Fase 0: Planeación, donde se trabaja a partir de la estrategia de la compañía incluyendo la evaluación de los desarrollos tecnológicos y los objetivos del mercado.
2. Fase 1: Desarrollo del concepto, en esta fase se identifican las necesidades del mercado meta, se evalúan conceptos alternativos de productos eligiendo aquellos conceptos que requerirán mayor desarrollo y prueba.
3. Fase 2: Diseño del sistema, donde se trabajan las definiciones de la arquitectura del producto y su división en subsistemas y componentes.

4. Fase 3: Diseño detallado, donde se incluye la especificación completa de la geometría, los materiales, las tolerancias de las piezas y la identificación de todas las piezas estándar adquiridas en los proveedores.
5. Fase 4: Pruebas y afinación, donde se construyen diferentes prototipos y se realizan las evaluaciones correspondientes previas a su producción.
6. Fase 5: Producción de transición, periodo en el cual se procede a realizar la producción según los sistemas a emplear regularmente.

Chase et al. (2009) señalaron que, es de extrema relevancia que, cuando se crea un nuevo servicio o se modifica uno existente, el tema debe ajustarse a las necesidades del cliente. En ese sentido, se han planteado los tres factores generales siguientes para determinarlo: (a) el acoplamiento con la experiencia del servicio, (b) el acoplamiento de las operaciones y (c) las repercusiones para las finanzas

1. Acoplamiento de la experiencia del servicio: Significa que el nuevo servicio debe ajustar con la experiencia del servicio que tiene el cliente.
2. Acoplamiento de las operaciones: Hasta las mejores ideas de servicios necesitan del apoyo de las operaciones para llevarlas a cabo.
3. Repercusiones para las finanzas: El diseño y la implementación de un nuevo servicio resultan costosos y deben estar justificados en términos financieros. Aun cuando la introducción de un nuevo servicio se suele ver en el sentido positivo de que producirá ganancias, también se puede ver como algo para no perder clientes valiosos.

Un camino muy útil para analizar si un nuevo servicio encaja con las operaciones existentes consiste en especificar la complejidad y la divergencia que concurre entre el proceso del servicio propuesto y el proceso del servicio básico. La complejidad se refiere al número de pasos que implica un servicio y a las posibles medidas que se pueden tomar en

cada paso. La divergencia se refiere al número de formas en que la interacción entre el cliente y el prestador del servicio pueden variar en cada paso de acuerdo con las necesidades y las capacidades de cada uno de ellos. El resultado puede ser una combinación de mayor complejidad/divergencia en algunos pasos y menor en otros. Lo anterior sirve para determinar los distintos recursos requeridos, como las habilidades de los trabajadores, la distribución y los controles del proceso (Chase et al., 2009).

Debido a la alta contaminación involucrada en la producción minera es necesario considerar dentro del diseño del producto o servicio temas concernientes al cuidado en el manejo de los productos y gestión de los residuos. La pretensión de plantear el papel del diseño del producto o servicio dentro de una perspectiva de producción limpia ha definido el desafío de productos, como el desarrollo de productos, sistemas, infraestructuras o servicios con una eficiencia ecológica, es decir, alcanzar la mayor utilidad deseada de un producto a través de la menor utilización de material y energía, disminuyendo de paso la menor cantidad de emisiones dañinas y desechos posibles. El desafío de productos orientado hacia una producción limpia debe lograr -en un mínimo posible de materia y energía un índice mayor de servicio y bienestar (Harvey Sánchez, 1999).

2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso

Un proceso es todo lo que implica el uso de los recursos de una organización, para obtener algo de valor, es decir ningún producto puede fabricarse y ningún servicio puede suministrarse sin un proceso y viceversa (Corrales, Ormachea, Quispe, & Barrera, 2002). En base a esta definición primaria se describirá los siguientes conceptos sobre el tipo de procesos dentro de una organización (Chase et al., 2009):

1. Procesos estratégicos, aquellos que la organización define como los más importantes de acuerdo a su situación actual, se enfocan al cumplimiento de la

planeación estratégica hecha por la dependencia y la transformación hacia futuro.

Están relacionados con las declaraciones de misión y visión de la organización.

2. Procesos de negocios, son aquellos que están dando directamente valor agregado al cumplimiento de los principales requisitos de los clientes.
3. Procesos de soporte, aquellos que sirven como apoyo para la realización de los procesos de negocio.
4. Una de las decisiones primarias a ser tomada es la selección de los procesos de la operación, los cuales se clasifican de la siguiente manera (Krajewski & Ritzman, 2000):
5. Por proyecto, donde se caracteriza por un alto grado de personalización de los puestos, gran alcance de cada proyecto y la liberación de gran cantidad de recursos una vez culminado.
6. Intermitente, donde se presenta la suficiente flexibilidad para producir diversos productos o servicios en cantidades significativas.
7. Por lotes, el cual se caracteriza por volúmenes altos suministrados repetidas veces y poca variedad de productos o servicios.
8. En línea, sus volúmenes son altos y los productos o servicios correspondientes están estandarizados lo cual permite organizar los recursos en torno a un producto o servicios. Los materiales avanzan en forma lineal entre operaciones, siguiendo una secuencia foja y repitiendo el procedimiento una y otra vez.
9. Continuo, es una producción estandarizada de alto volumen y flujos de línea rígidos.
10. Los principales procesos que componen el negocio minero son (Canfield, 2012):
11. Extracción, del mineral desde la mina hasta la planta de procesos extraer la roca desde la mina para ser enviada a la siguiente etapa. La extracción subterránea se

puede llevar a cabo mediante distintos métodos de explotación. Esta elección depende de aspectos técnicos – económicos, como característica de la roca o escala de la explotación.

12. Procesamiento, reducción de tamaño por métodos físicos para liberar las partículas metálicas desde la roca y aumento de la concentración de los metales por métodos físico-químicos. Existe una gran diversidad de procesamientos metalúrgicos, dependiendo de las características del mineral.

Los principales métodos son en el caso de sulfuros empleado en minerales profundos los pasos se presentan en la Figura 9. Procesos productivos: flotación. se emplea el proceso de flotación y en el caso de los óxidos al ser minerales en superficie los pasos se presentan en la Figura 10. Procesos productivos: lixiviación. donde se emplea el proceso de la lixiviación.



Figura 9. Procesos productivos: flotación. Tomado de *Etapas del Proceso Productivo de una Mina*. Por M. Canfield, 2012, Santiago de Chile: Grupo Antofagasta Minerals.

1. Fundición, separación de los metales contenidos en los concentrados mediante un proceso piro-metalúrgico (con altas temperaturas que funde el concentrado, transformándolo de sólido a líquido).

2. Refinación, purificación de los metales producto de la fundición, para su transformación industrial.

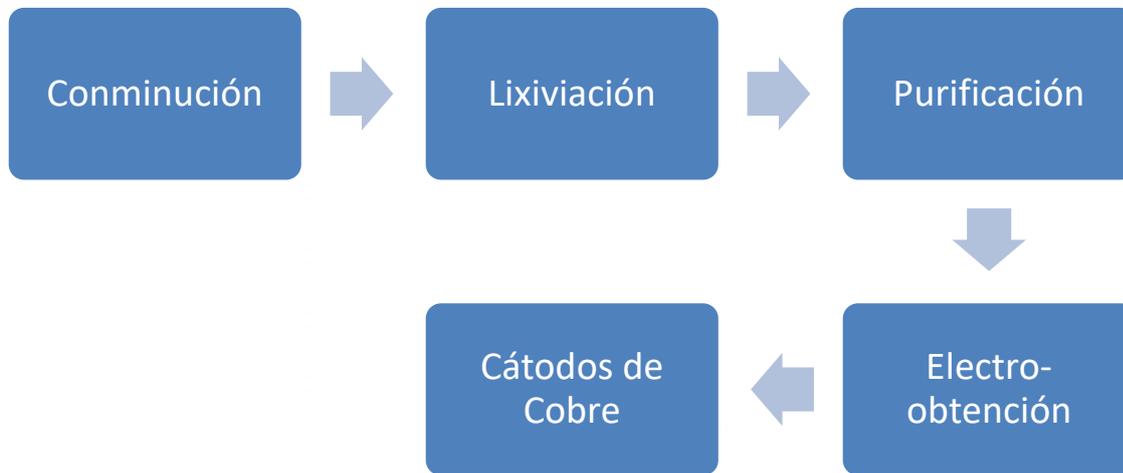


Figura 10. Procesos productivos: lixiviación. Tomado de *Etapas del Proceso Productivo de una Mina*. Por M. Canfield, 2012, Santiago de Chile: Grupo Antofagasta Minerals.

2.4. Planeamiento y Diseño de Planta

La distribución o diseño de planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Este arreglo ya en vigencia o en proyecto, incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios. Los principios de la distribución o diseño de planta son los siguientes (Muther, 1984):

1. Integración de conjunto, debido a que la mejor distribución es aquella que integra todos los factores (materia prima, mano de obra, etc.) de modo que resulte un compromiso mejor entre todas estas partes.
2. Mínima distancia recorrida, en los casos donde las condiciones sean semejantes siempre debe primar que el recorrido del material entre operaciones sea el menor.

3. Flujo de materiales, manteniendo un orden en las áreas de trabajo de tal forma que el movimiento de los materiales siga el mismo flujo determinado por el proceso.
4. Espacio cúbico, donde se economiza el espacio disponible tanto de forma vertical como horizontal.
5. Satisfacción y seguridad, bases primordiales para el correcto funcionamiento de una planta.
6. Flexibilidad, dando facilidad para los ajustes o reordenamientos.

Minería subterránea es la que desarrolla su actividad de explotación en el interior de la tierra y puede profundizar en ella a través de túneles, ya sean verticales u horizontales. Por el túnel entran: (a) las personas que trabajarán en la mina; y (b) la maquinaria necesaria para que el material excavado se pueda sacar en coches a la superficie. Dichos túneles tienen un sistema de ventilación que lleva el aire fresco a los mineros y evita la acumulación de gases peligrosos. El control del terreno es una de las consideraciones más importante para seleccionar la forma de explotar un cuerpo mineral, por lo que debe ser también un aspecto primordial en cualquier estudio de método de explotación que se realice (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2009). Cada yacimiento, por sus características geológicas consiste en una combinación diferente de factores de los cuales se derivan unos determinados comportamientos del terreno al extraer el mineral., es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones de diseño (Herrera Herbert, 2007):

1. Geometría de la mina subterránea, donde se evalúan características como la forma del yacimiento, potencia y buzamiento, tamaño y regularidad.
2. Estabilidad y soporte, el límite de esta capacidad se estima generalmente por la tensión necesaria para producir la rotura de la estructura, aunque algunas veces la deformación excesiva puede también constituir una limitación.

3. Ubicación de los accesos
4. Logística para el transporte y movimiento de mineral subterráneo

2.5 Planeamiento y Diseño del Trabajo

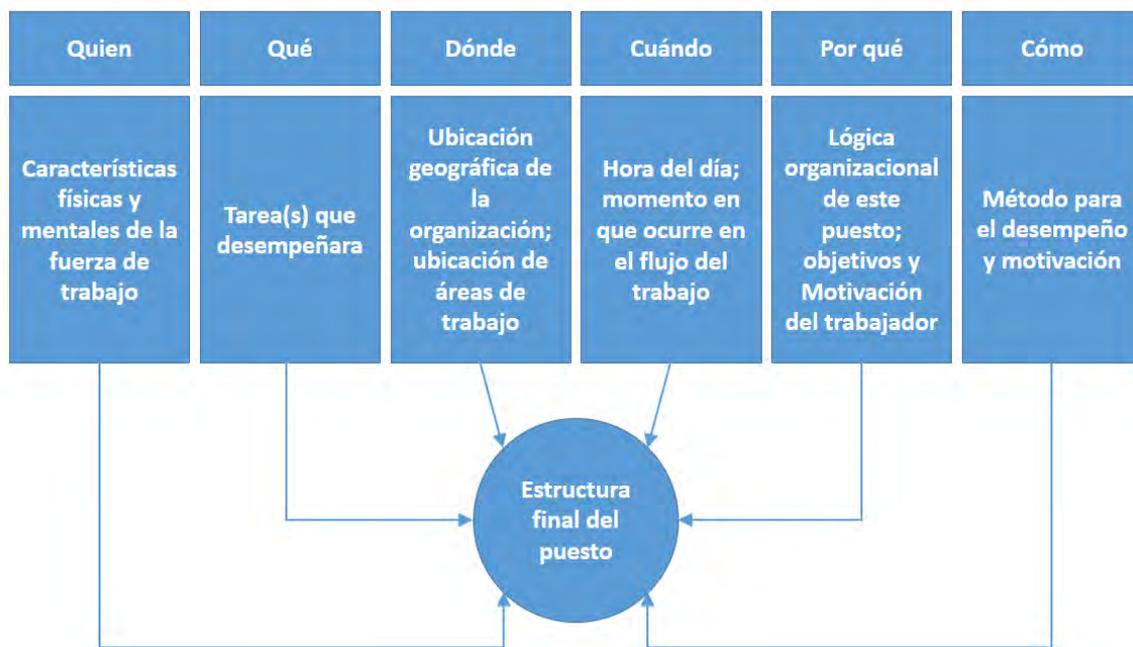


Figura 11. Decisiones de diseño de puestos de trabajo. Tomado de *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros (12ma edición)*. Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. ,2009, D.F. México: Mc Graw Hill.

El diseño del puesto de trabajo tiene como función especificar las actividades laborales de un individuo o un grupo dentro de un contexto organizacional teniendo como objetivo la creación de estructuras laborales que cumplan con las necesidades de las organizaciones y que satisfagan los requerimientos de los colaboradores que desempeñan los puestos de trabajo (Chase, et al., 2009).

En la Figura 11 se resumen las variables que afectan la decisión del diseño de los puestos de trabajo, los cuales tienen que estar articulados con las siguientes habilidades en mayor o menor medida del personal asignado a dicho puesto (Chase et al.,2009):

1. El control de calidad como parte del puesto del trabajador, el cual está ligado al concepto de la atribución de facultades. A su vez, el empoderamiento al trabajador el cual otorga a estos la autoridad para detener una línea de producción

si se presenta un problema de calidad o para entregar al cliente un reembolso de inmediato si el servicio no ha sido satisfactorio.

2. Capacitación cruzada de los trabajadores para que desempeñen trabajos que requieren múltiples habilidades. A medida que las compañías adelgazan, se espera que la fuerza de trabajo restante desempeñe más y diferentes tareas.
3. La participación del empleado y los enfoques de equipo para diseñar y organizar el trabajo. Se trata de una característica central de la administración de la calidad total (TQM) y de las actividades para la mejora continua. Informar a los trabajadores comunes y corrientes expandiendo así la naturaleza de su trabajo y su capacidad para desempeñarlo. En este contexto, informar significa más que sólo automatizar el trabajo, abarca también revisar la estructura fundamental del trabajo.
4. Amplio uso de trabajadores temporales.
5. Creación de “centros de trabajo alternativos”, como oficinas compartidas, trabajo a distancia y oficinas virtuales, que complementen o sustituyan los contextos tradicionales de las oficinas.
6. Automatización del trabajo manual pesado.
7. Lo más importante es el compromiso que tiene la organización de ofrecer trabajos que tengan sentido y que satisfagan a todos los empleados.
8. Para poder registrar el cómo se realiza el trabajo se emplean las siguientes herramientas (Corrales, Ormachea, Quispe, & Barrera, 2002):
9. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), donde se presenta un cuadro general de la sucesión de las principales actividades, operaciones e inspecciones en un proceso donde se incluyen la materia prima, insumos, componentes, puntos

de ensamble, tiempos y máquinas con la nomenclatura indicada que se muestra en la Figura 12.

10. Diagrama de análisis de proceso (DAP), en este caso se muestra la trayectoria de un producto señalando todos los hechos analizados mediante la simbología correspondiente. Muestra todas las operaciones, los transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos dentro del proceso. En ambos casos se emplea la nomenclatura indicada en la Figura 12

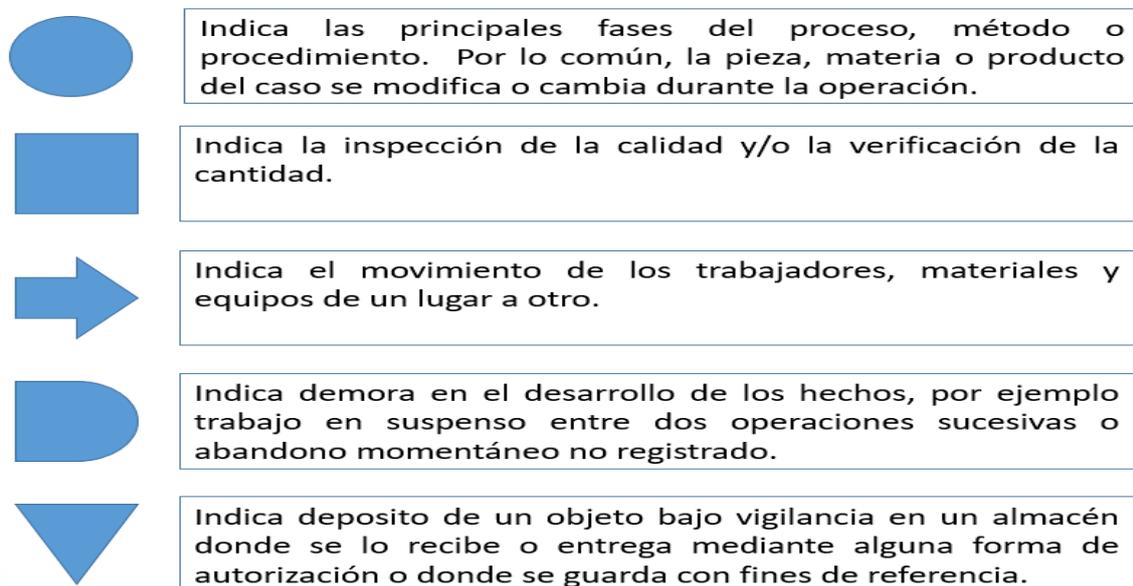


Figura 12. Simbología empleada en los diagramas DAP y DOP. Tomado de *Introducción al estudio del trabajo (4ta edición)*. OIT, 1996, Ginebra: OIT.

2.6 Planeamiento Agregado

Según Chase et al. (2009), el plan agregado de operaciones se ocupa de establecer los índices de producción por grupo de productos u otras categorías a mediano plazo. Su propósito principal es especificar la combinación óptima de índice de producción, nivel de fuerza de trabajo e inventario a la mano. Las estrategias de planeación de la producción comprenden cambios en los siguientes aspectos:

1. Estrategias de ajuste: en la que se iguala el índice de producción con el índice de pedidos contratado y despedir empleados conforme varía el índice de pedidos,

depende de tener un grupo humano a los que se pueda capacitar con rapidez y contratar empleados cuando los pedidos aumenten.

2. Fuerza de trabajo estable: donde se varía la producción ajustando el número de horas trabajadas por medio de horarios de trabajo flexibles u horas extras.
3. Estrategia de nivel: donde se mantiene una fuerza de trabajo estable con un índice de producción constante.

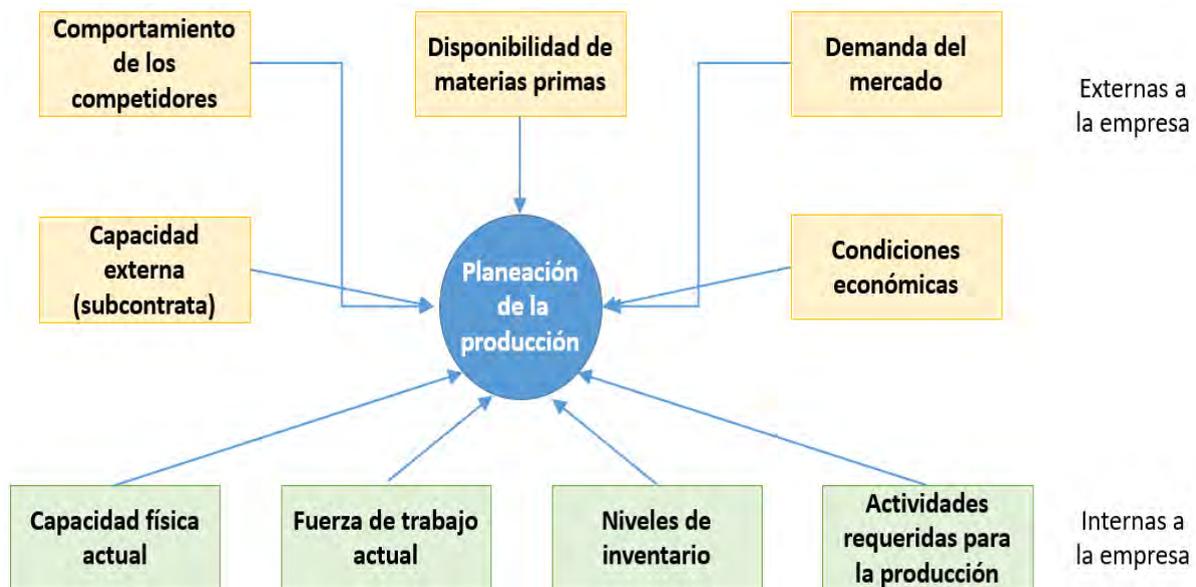


Figura 13. Requerimientos para el sistema de planeación de la producción. Tomado de *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros (12ma edición)*. Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N., 2009, D.F. México: Mc Graw Hill.

En la Figura 13 se muestra los factores internos y externos que constituyen el entorno de planeación de la producción. En general, el ambiente externo se encuentra fuera del control directo del responsable del plan, pero en algunas empresas es posible manejar la demanda del producto, mediante una cooperación estrecha entre (a) mercadotecnia y operaciones, (b) las actividades promocionales, y (c) la reducción de precios, se pueden usar para crear demanda durante periodos de recesión. Por el contrario, cuando la demanda es alta, es posible reducir las actividades promocionales y elevar los precios para maximizar los ingresos obtenidos de aquellos productos o servicios que la empresa tiene la capacidad de proporcionar (Chase et al., 2009).

La optimización de la planificación de extracción de recursos mineros tradicional se basa en suponer que no existe incertidumbre en las cantidades de recursos existentes dado por sentado que los insumos son perfectamente conocidos. En consecuencia, estos modelos no pueden manejar la incertidumbre de los insumos y utilizar un modelo de promedio estimado que contiene un valor económico único o constante para un caso en particular. Sin embargo, ante las incertidumbres geológicas y / o financieras, las implicaciones de las decisiones económicas sugeridas en los estudios de optimización convencionales pueden conducir al cierre de proyectos mineros intensivos en capital, es por esto que un adecuado diseño y planeamiento minero utilizando herramientas de optimización estocástica lo cual logrará en el corto, y largo plazo incrementar la productividad y competitividad de dichas explotaciones, que redundará en una explotación sostenible (en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales) y en la generación de nuevos empleos en las regiones donde se lleven a cabo estos procesos productivos (Asad, Dimitrakopoulos, & van Eldertc, 2013).

Adicionalmente, la planeación minera tiene como finalidad la obtención de la mejor proyección del uso de los recursos minerales disponibles, y además que es una actividad capaz de ajustarse a eventuales cambios en el transcurrir del tiempo; se puede afirmar que la planeación minera es la gestora del presente y futuro de la actividad minera. Dicha actividad minera posee un componente operacional llamado Planeación de Producción; El éxito de esta planeación dependerá de poder alcanzar un Valor Presente Neto (VPN) óptimo que genere factibilidad al proyecto a desarrollar. Llegar a dicho valor lleva a que la actividad sea a veces difícil y compleja (Sepulveda, Branch Bedoya, & Jaramillo Alvarez, 2012).

Con el fin de obtener los resultados esperados en el planeamiento minero, se tienen dos métodos de seguimiento del buen desempeño (Sepulveda, Branch Bedoya, & Jaramillo Alvarez, 2012):

1. El primer método son las técnicas de simulación con la cual basados en datos conocidos se generan una cierta cantidad de hipótesis a las que se les realiza un análisis y se empiezan a trabajar. El uso de esta técnica de simulación en minería se basa en el hecho de que se puede lograr una reducción de recursos en algunas actividades, la disminución de riesgos a la hora de la toma de decisiones y elaborar un modelo de simulación lo más ajustado a la realidad.
2. El segundo método, es la optimización que tiene como base un plan ya estipulado o basarse en las simulaciones históricas. Su objetivo principal es realizar las mejoras que sean pertinentes para no equivocarse el camino de los objetivos planteados. En la actualidad, la optimización de la planeación, las aproximaciones utilizadas para estimación de reservas y cálculo de la producción mineral resultan imprecisas.

Se trabaja con el concepto genérico de programación lineal de recurso en dos etapas específicamente para un ámbito minero. El modelo de recurso en dos etapas es un tipo de Modelo de programación matemático donde los mecanismos fundamentales de las políticas anticipativas y los modelos adaptativos se integran en un solo modelo. Este modelo representa un intercambio entre las estrategias de anticipación a largo plazo y las estrategias adaptativas asociadas. En términos de la minería, la compensación podría ser entre el VAN total previsto y los riesgos asociados en el cumplimiento de los objetivos de producción.

Conceptualmente, se espera que un modelo matemático resulte en valores más altos de VPN si se toleran mayores riesgos geológicos dentro del modelo; un manejo más conservador del riesgo nos dará como resultado un VPN menor (Ramazan & Dimitrakopoulos, 2013).

2.7 Programación de Operaciones Productivas

Los programas de operaciones son planes a corto plazo elaborados con el fin de poner en práctica el programa maestro de producción, que es el detalle de las actividades a realizar

en cada uno de los recursos. La programación de operaciones se enfoca en encontrar la mejor forma de usar la capacidad existente, tomando en cuenta las restricciones técnicas para la producción. Según Krajewski & Ritzman (2000), Para su ejecución se emplean herramientas tales como las gráficas de Gantt. Para controlar que el programa se esté ejecutando de manera adecuada se manejan las siguientes medidas de rendimiento:

1. Tiempo de flujo de trabajo: donde se calcula la cantidad de tiempo de taller que se requerirá para realizar el trabajo. Se consideran la sumatoria del tiempo de tránsito entre operaciones, esperas, tiempo de proceso retrasos ocasionados dentro del proceso.
2. Lapso de fabricación: tiempo total necesario para completar un grupo de trabajos.
3. Retraso: cantidad de tiempo por el cual un trabajo no fue entregado a tiempo.
4. Inventario del trabajo en proceso: cualquier trabajo que este en espera o tránsito para la operación siguiente rezagado por alguna causa.
5. Inventario total: la sumatoria de todas las recepciones programadas y los inventarios en mano.
6. Utilización: es la relación entre el tiempo de trabajo productivo y el tiempo total de trabajo disponible.

2.8 Gestión de Costos

La gestión de costos abarca dos aspectos importantes para la gestión de la organización la contabilidad financiera y la gerencial. La contabilidad financiera se encuentra centrada en la presentación de informes a terceros, como juntas de accionistas o entidades gubernamentales; mide y registra las transacciones del negocio y proporciona estados financieros basados en los principios de contabilidad generalmente aceptados (Horngren, Datar, & Foster, 2007). Por otro lado, la contabilidad gerencial es el proceso de (Pollimeni, Fabozzi, & Adelberg, 1994):

1. Identificación, de los hechos económicos para una acción contable apropiada.
2. Medición, de los hechos anteriormente identificados.
3. Acumulación, de forma ordenada y coherente de estos.
4. Análisis, de las circunstancias en las que se efectúan dichos hechos.
5. Preparación e interpretación, para ser presentados de forma lógica para satisfacer la necesidad de información y llegar a conclusiones a partir de estos.
6. Comunicación, donde la información antes preparada será presentada para su uso tanto interno como externo a la organización.

Según Polimeni et al. (1994), existen tres enfoques en el tema de los costos dentro de una organización. Una de ellas es desde la perspectiva del producto, donde según la contabilidad de costos, está compuesto por costos de:

1. Materiales, que son los principales recursos que se usan en la producción, los cuales son transformados en bienes terminados por medio de la interacción de la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. Se pueden clasificar como directos, que son aquellos que pueden identificarse fácilmente como componentes de un producto y los indirectos que son aquellos que están involucrados, pero no son directos, por ejemplo, la goma para pegar los adornos en un juguete para niños.
2. Mano de obra, que corresponde al esfuerzo físico o mental del empleado en la elaboración en la fabricación de un producto, los cuales pueden ser divididos en (a) directos son aquellos que están involucrados directamente al producto elaborado, y (b) los indirectos son aquellos que no afectan directamente al producto, por ejemplo, la supervisión de la producción.

3. Costos indirectos de fabricación, es el conjunto de costos indirectos acumulados más aquellos costos indirectos de fabricación que no es posible identificar directamente a un producto específico.

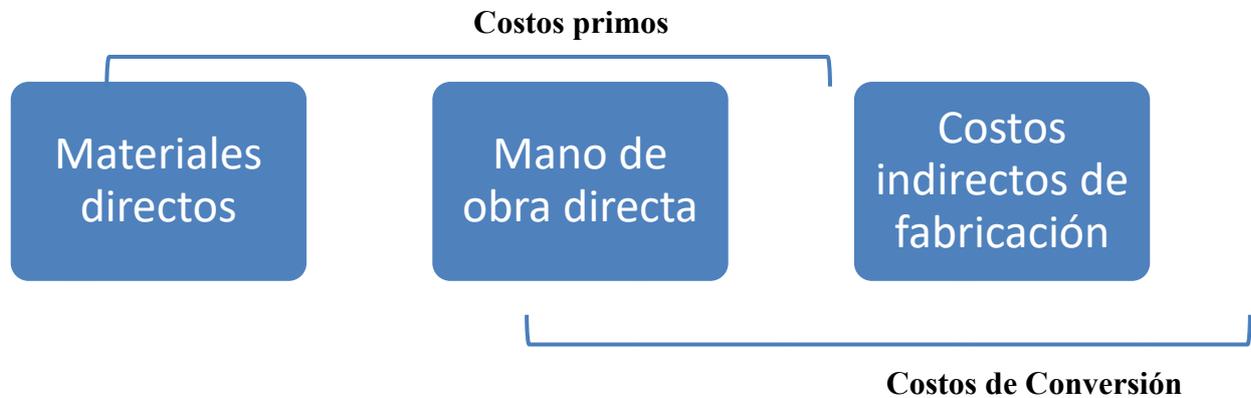


Figura 14. Representación de los costos primos y los costos de conversión. Tomado de *Contabilidad de Costos (3ra edición)*. Polimeni, R., Fabozzi, F., & Adelberg, A., 1994, Santa Fe de Bogota: McGraw Hill Interamericana S.A.

Según Polimeni et al. (1994) el enfoque desde la perspectiva de la producción maneja (a) costos primos, y (b) costos de conversión, como se muestra en la Figura 14.

1. Costos primos, son aquellos costos que se relacionan directamente con la producción, siendo la sumatoria de los materiales directos y la mano de obra directa, y
2. Costos de conversión, que son la suma de los costos indirectos de fabricación y la mano de obra directa y están relacionados con la transformación de materias directas hasta el producto terminado.

En ambos casos se incluye a la mano de obra directa, lo cual no genera una doble contabilización ya que esta clasificación tiene un fin de planeamiento y control mas no de acumulación de costos. Si lo revisamos desde el punto de vista del volumen de producción según Polimeni et al. (1994) se desglosan en:

1. Costos variables, son aquellos en los que el costo total que cambia en proporción a las variaciones de los volúmenes mientras los costos unitarios se mantienen constantes,

2. Costos fijos, son aquellos que permanecen fijos a pesar de las variaciones relevantes de los volúmenes de producción.

Una vez identificados los costos es necesario analizarlos mediante el análisis de costo – volumen – utilidad, para poder revisar los comportamientos de los ingresos totales, costos totales y utilidad operativa a partir de las variaciones presentadas en la producción, precio de venta, costos variables y costos fijos (Horngren, Datar, & Foster, 2007). Las hipótesis bajo las cuales se realiza este análisis son las siguientes:

1. Las variaciones de los niveles de ingresos y costos deben estar únicamente relacionados con variaciones de las unidades vendidas,
2. Los costos totales deben poder ser separados en componente fijo y variable,
3. Al ser representados de forma gráfica tanto el comportamiento de los ingresos totales y de los costos totales deben ser lineales,
4. El precio de venta, el costo variable unitario y los costos totales deben ser datos del análisis,
5. Se asume que la proporción de venta de múltiples productos se mantiene constante en el tiempo, y
6. Se puede omitir la variación del dinero en el tiempo.

El análisis se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{Ingresos} - \text{Costos variables} - \text{Costos Fijos} = \text{Utilidad operativa}$$

A partir de la cual se calcula el punto de equilibrio, que es la cantidad de productos vendidos que es necesaria para obtener una utilidad igual a cero o la meta de utilidad, donde se tiene un valor establecido de utilidad que permite calcular el volumen de ventas que nos permitirá obtenerlo. A partir de esta ecuación es posible realizar diferentes análisis de sensibilidad e incertidumbre que nos darán diferentes escenarios posibles y que facilitarán la toma de decisiones a nivel gerencial.

Otro punto importante es el costeo el cual puede aplicarse a las órdenes de trabajo o a los procesos. El primero se emplea sobre todo en los casos donde los productos manufacturados difieren en sus requerimientos, tanto de materias primas como de conversión. El segundo es el sistema de acumulación de los costos de producción por departamento o centro de costos (Polimeni et al., 1994)

2.9 Gestión Logística

Logística es un nombre heredado del ambiente militar que significa soporte, apoyo, y abastecimiento de los recursos que se necesitan para operar sin interrupciones. La logística empresarial es aquella que provee el soporte de las operaciones de los recursos básicos: materiales, mano de obra, maquinarias, métodos, moneda, medio ambiente y mentalidad. En la Figura 15 se hace referencia a cantidad (Q) y tiempo (T) como los dos objetivos fundamentales, es decir, cuánto y cuándo pedir. La logística L2 puede dividirse en L2 A (repuestos), L2 B (suministros) y L2 C (materiales generales). Las logísticas L0 y L4 se apoyan en las logísticas L1 y L3 por ser actividades discretas la primera en el diseño y sus modificaciones posteriores, y la segunda, cuando se requiera servicio posventa al cliente (D'Alessio, 2004).

La gran preocupación de la gerencia es: (a) en la entrada, evitar inventarios de insumos y materiales indirectos en exceso que inmovilicen el capital innecesariamente, o no tenerlos y correr el riesgo que el proceso productivo se paralice, no producir, perder ventas y otros; y (b) en la salida, no tener inventarios de productos terminados en exceso, que no sólo inmovilizan sino que ponen en riesgo el capital de la empresa, y no tener productos terminados que originen pérdidas de ventas, de imagen, costos de oportunidad y otros. Este equilibrio ha sido la preocupación de analistas administrativos e ingenieros, quienes tratan de obtener lo óptimo en cantidad y en el momento adecuado (tiempo) (D'Alessio, 2004).

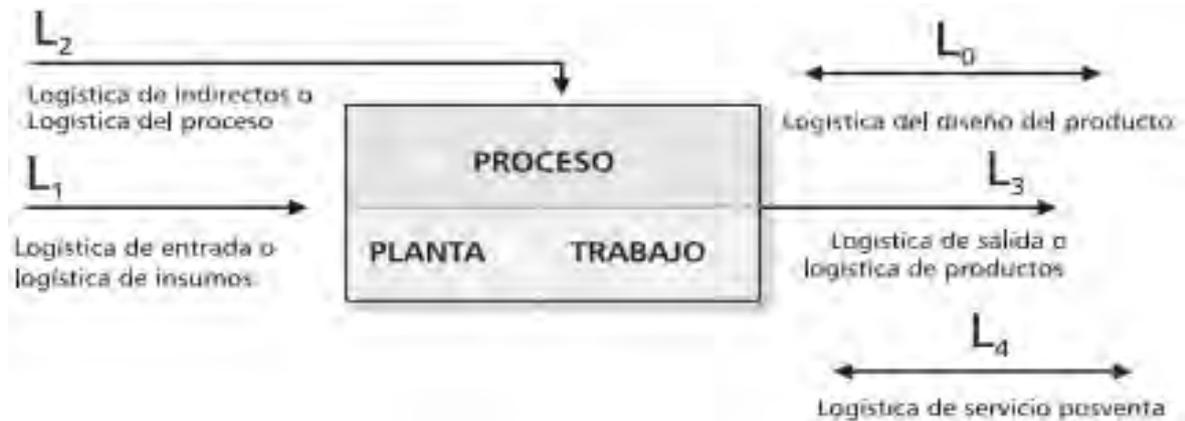


Figura 15. Logística de operaciones. Tomado de *Administración y dirección de la producción* (2a ed.) por F. D'Alessio, 2004, DF México: Pearson Educación.

La logística minera se basa en dos principales columnas, como se puede observar en la Figura 16. Tanto el tema de las operaciones realizadas bajo el plan anual y la gestión del mantenimiento basado en el programa maestro, están soportados por el control de inventarios que es administrada por los planificadores de almacenes que, basados en sus conocimientos sobre la operación, equipos empleados, repuestos e insumos, técnicas de reposición de materiales, dominios de las herramientas logísticas disponibles y de sus experiencias permiten planificar la reposición de los inventarios. El área Logística a pesar de ser un área de soporte permite el sostén de la operación minera la cual está orientada a dar alta disponibilidad y confiabilidad de los equipos (365 días al año por 24 horas) (Andújar, 2010). Parte del manejo en el área Logística es el tema de los tiempos reposición ya sean estos locales o importaciones. Como se puede observar en la Figura 17, se maneja en promedio una espera total de entre 36 hasta 44 días desde la aprobación del requerimiento a solicitar o RTP hasta la recepción en almacén, en el caso del ser un insumo importado como se ve en la Figura 18 es necesario contar hasta con más de un mes de anticipación como mínimo para poder contar con los elementos necesarios a tiempo en los almacenes (Andújar, 2010).



Figura 16. Logística de operaciones mineras. Tomado de *Gestión de compras y proveedores en las empresas mineras*, por R. Andújar, 2010, Lima: Approlog



Figura 17. Ciclo de compras locales en promedio para el sector minero. Tomado de *Gestión de compras y proveedores en las empresas mineras*, por R. Andújar, 2010, Lima: Approlog

Otro punto importante en la gestión logística es el tema de los métodos de reposición, se maneja dos metodologías que nos permiten la gestión del inventario (Andújar, 2010):

1. ROP – ROQ: donde se busca por medio de punto de re-orden (ROP) indicador que nos permita calcular la fecha en la cual es necesario realizar el pedido de reposición, mientras que la Cantidad de Reordenar (ROQ) es la cantidad necesaria a solicitar.



Figura 18. Ciclo de importaciones en promedio para el sector minero. Tomado de *Gestión de compras y proveedores en las empresas mineras*, por R. Andújar, 2010, Lima: Approlog.

2. Lote Económico: Por medio de la siguiente ecuación se determina la cantidad ideal de pedido de reposición:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2UC}{Pi}}$$

Dónde: U = Uso anual

C = Costo por orden / ítem

P = Precio ítem.

i = Costo de oportunidad

2.10 Gestión y Control de la Calidad

El control de calidad es una de las etapas más importantes del control de operaciones (cantidad – calidad – costo – tiempo) e involucra la calidad del diseño, de los insumos y materiales indirectos (entradas), del proceso, de los productos: bienes o servicios (salidas) y del servicio posventa. Las calidades del diseño y del servicio posventa son actividades discretas y ocurren cuando debe otorgarse el servicio posventa por reclamo, garantía o solución a algún problema con el producto que el cliente adquirió. El modelo esquemático de un sistema de control total de calidad puede visualizarse en la Figura 19.

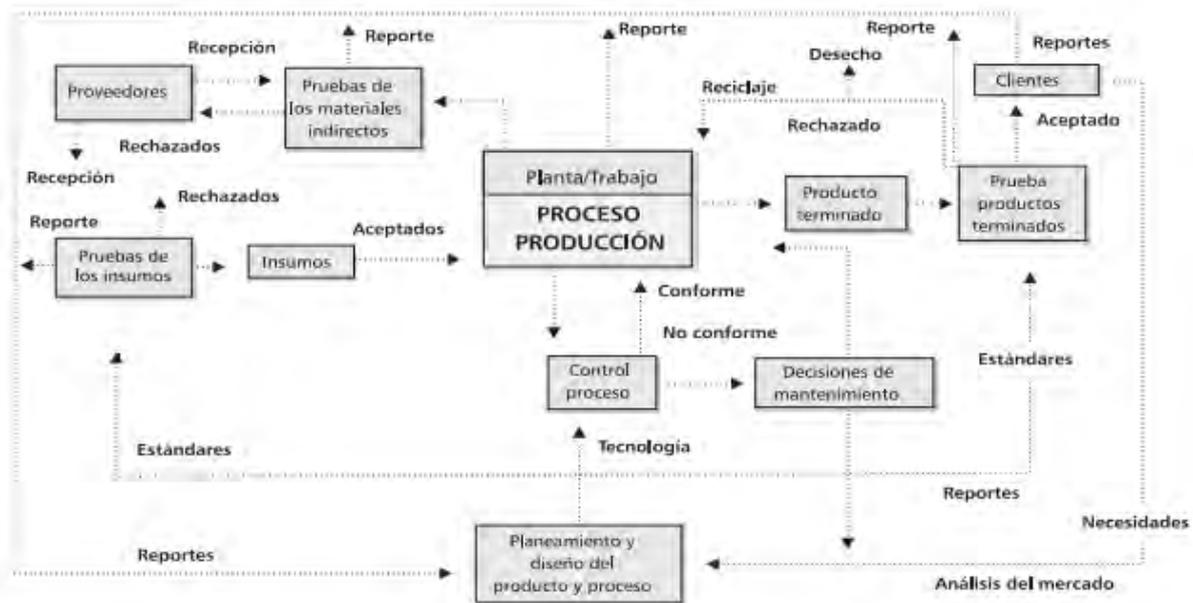


Figura 19. Modelo esquemático de un sistema de control total de calidad. Tomado de *Administración y dirección de la producción* (2a ed.) por F. D'Alessio, 2004, DF México: Pearson Educación.

Un sistema de gestión de la calidad comprende actividades mediante las que la organización identifica sus objetivos y determina los progresos y recursos requeridos para lograr los resultados deseados. Este gestiona los procesos que interactúan y los recursos que se requieren para proporcionar valor y lograr los resultados para las partes interesadas pertinentes y posibilita a la alta dirección optimizar el uso de los recursos considerando las consecuencias de sus decisiones a largo y corto plazo. El Sistema de Gestión de la Calidad proporciona los medios para identificar las acciones para abordar las consecuencias previstas y no previstas en la provisión de productos y servicios (ISO, 2015). Los principios de la gestión de la calidad según ISO (2015) son: (a) Enfoque al cliente; (b) Liderazgo; (c) Compromiso de las personas; (d) Enfoque a procesos; (e) Mejora; (f) Toma de decisiones basada en la evidencia; (g) Gestión de las relaciones.

Tener todo documentado, ordenado, facilita el trabajo, bajo los lineamientos de las normas de calidad ISO, permiten un mejor control en los procesos y conocer cuando uno no está funcionando adecuadamente y poder hacer las correcciones del caso inmediatamente. El sistema de gestión de la calidad permite conocer si los clientes están satisfechos del servicio y

entrega a tiempo del producto y es una herramienta muy útil al optimizar nuestros procesos y buscar alternativas para mejorarlos. Promueve mejorar el uso de los recursos en base al análisis y evaluaciones, mejorar la comunicación para la información y retroalimentación entre las áreas y sobre todo del área comercial y planta, en lo que concierne a la calidad de los productos cuando se observa una variación en la calidad o el incumplimiento de esta y establecer objetivos, metas e indicadores de calidad (Compañía Minera MILPO SAA, 2005).

Como parte del sistema de gestión de la calidad es importante la aplicación de las siete herramientas básicas de calidad (Massachusetts Institute of Technology, 2012):

1. Diagramas de flujo, La descripción visual mejora la comprensión de los procesos a analizar, ayudando a garantizar que los pasos de proceso se realicen en la secuencia correcta, conecta los resultados con los insumos y ayuda en la recolección de datos
2. Diagramas de causa y efecto, también llamado diagrama de Ishikawa o espina de pescado es herramienta de análisis de causa raíz, frecuentemente respaldada por los "5 por qué"
3. Hojas de verificación, herramienta estructurada para la recolección de datos
4. Histogramas, muestras frecuencia de ocurrencia y la distribución de frecuencia: normal, aleatoria, etc. Sirven para ver diferencias en una distribución, cambios en el tiempo, entradas/salidas cuantitativas y comparación con requerimientos de clientes.
5. Diagramas de Pareto, es un tipo especial de gráfica de barras donde los valores graficados están organizados de mayor a menor. El diagrama de Pareto debe su nombre a Vilfredo Pareto y su principio de la "regla 80/20".

6. Diagramas de dispersión, gráfica de pares (x, y) de datos numéricos donde se puede mostrar si existe correlación y es un punto de partida útil para el análisis de causa raíz
7. Diagrama de control, Las gráficas de control de variables grafican datos de procesos de medición continua, tales como longitud o presión, en una secuencia ordenada por tiempo. En contraste, las gráficas de control de atributos grafican datos de conteo, tales como el número de defectos o unidades defectuosas. Las gráficas de control de variables, las gráficas de variables, como todas las gráficas de control, ayudan a identificar las causas de variación que se deben investigar, de manera que usted pueda ajustar su proceso sin controlarlo exageradamente.

2.11 Gestión del Mantenimiento

Parte importante para contar con un adecuado nivel de disponibilidad de planta o de los servicios es la gestión del mantenimiento. La Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como $\text{Producción} = \text{Operación} + \text{Mantenimiento}$ donde al segundo factor de esta ecuación, tiene las siguientes responsabilidades (*United Nations Industrial Development Organization, 1975*):

1. Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación;
2. Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios; y
3. Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

En la primera etapa de la gestión del mantenimiento se realiza el análisis y diagnóstico de mantenimiento, se trabajan coordinadamente con todas las áreas de la organización, debiendo todos los participantes poseer la delegación del poder de decisión en sus

actividades, para que el sistema desarrollado alcance el objetivo deseado. Durante esa etapa se elige el proceso (manual o automatizado) a ser utilizado, de acuerdo con: (a) las metas y los plazos a ser alcanzados, (b) la confiabilidad deseada, y (c) los costos involucrados. Esta etapa se conoce como el "Polígono de Productividad del Mantenimiento" o "Radar del Mantenimiento" y consta de las siguientes partes (Tavares, 2000):

1. Elaboración de un cuestionario que servirá como guía para desarrollo de los trabajos de análisis.
2. Visitas a las instalaciones, talleres y oficinas de las áreas de actuación del mantenimiento, para conocimiento de las actividades desarrolladas por cada una.
3. Reuniones y debates con los profesionales directa o indirectamente incluidos en el proceso de análisis.
4. Consultas a la documentación en uso y determinación del flujo de información existente.
5. Consulta a los usuarios de los servicios de mantenimiento (clientes).
6. Recolección y análisis de normas y procedimientos de informatización de la empresa.
7. Análisis de los problemas a ser administrados.
8. Reuniones con los coordinadores de cada área para la discusión de las informaciones y elaboración del informe de diagnóstico.

En una segunda etapa es necesario realizar las siguientes actividades (Tavares, 2000):

1. Inventario, recopilación de datos, con la identificación de los elementos que componen la instalación industrial o de servicios, su localización y utilidad.
2. Recopilación y/o elaboración de instrucciones de mantenimiento y recomendaciones de Seguridad.

3. Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, centros de costos, códigos de material y cualquier otro dato, juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos
4. Recopilación de datos mediante ordenes de trabajo de mantenimiento.
5. Gestión de la mano de obra de mantenimiento disponible, conocer al detalle las especialidades de cada uno y sus áreas de conocimiento.
6. Registro de datos de operación de cada uno de los equipos en la planta

2.12 Cadena de Suministro

Esta tiene como objetivos sincronizar las funciones de una organización con sus proveedores de tal forma que estos conozcan el flujo de materiales, servicio e información de la organización. Implica que las funciones claves de la empresa coordinen de forma estrecha y de esta forma la cooperación mutua permita mejorar prioridades competitivas importantes (Krajewski & Ritzman, 2000). Según Krajewski & Ritzman (2000), algunos aspectos importantes en esta gestión son:

1. Administración de materiales, la cual se ocupa de las decisiones acerca de la compra de materiales y servicios, inventarios, niveles de producción, pautas en la formación laboral, programas de trabajo y distribución.
2. Planeamiento y administración de la cadena de suministros, a partir de la información importante que la organización provea a sus proveedores de primer nivel de tal forma que todos los cambios dentro de la empresa también estén reflejados en sus proveedores.

3. Compras, buscando las mejores prácticas (contar con un proceso de adquisición, realizar compras electrónicas, evaluación de proveedores, etc.) que permitan realizar esta tarea con eficiencia.
4. Distribución, de la misma forma que en las compras es necesario gestionar la ubicación del inventario final, de tal forma que este sea un estímulo para la venta.

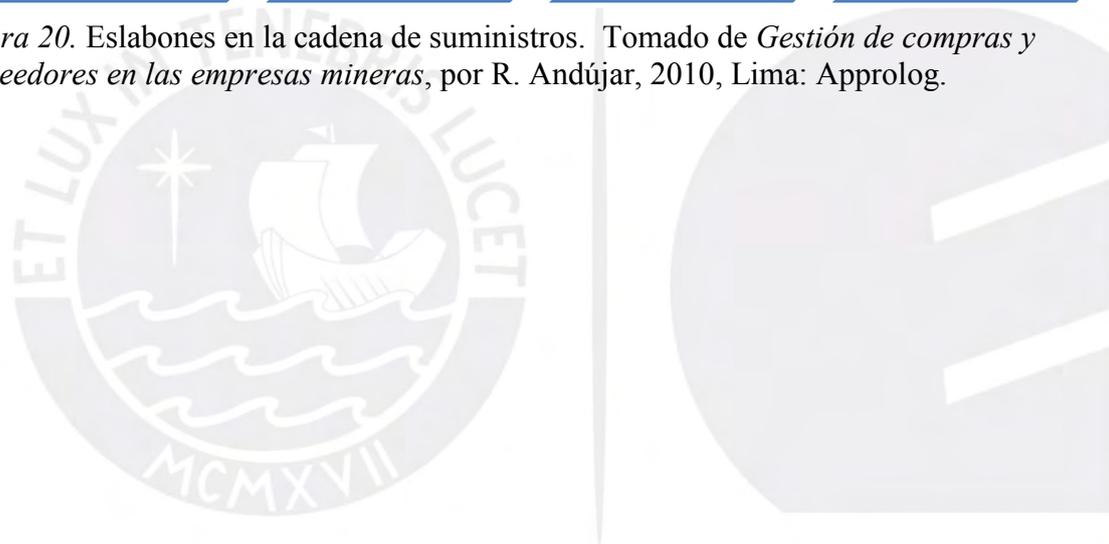
Se puede indicar que los conceptos de cadena de suministro y SCM son aplicables a la minería debido a que ésta se compone de un conjunto de empresas las cuales poseen instalaciones, actividades funcionales y sistemas de distribución que buscan entregar minerales a diferentes clientes (Correa & Gomez, 2008). Mediante la SCM se busca coordinar e integrar adecuadamente los procesos logísticos de la cadena de suministro para mejorar su desempeño. Se busca el aumento de la eficiencia y la adecuada atención de las necesidades de los clientes en el marco de la cadena de suministro donde tenemos la gestión de compras y proveedores como un factor clave en el funcionamiento de una empresa. La complejidad de las operaciones y la poca predictibilidad en muchos casos generan el riesgo de niveles de obsolescencia altos, lo que podría ocasionar pérdidas económicas. Una adecuada gestión de compras y proveedores permite la reducción de costos y facilita la prestación de un servicio adecuado en cuanto a tiempo, cantidad y calidad. En ese sentido, se debe considerar la necesidad de gestionar las compras con la anticipación suficiente como para que la llegada del producto adquirido (maquinaria, repuestos, alimentos, etc.) se dé en el momento que es requerido y no se produzcan demoras que pueden retrasar el proyecto. Los proveedores del sector minero también han desarrollado capacidades de gestión de aprovisionamiento que facilitan diversas tareas (ESAN, 2016).

La misión de una cadena de suministros es brindar el nivel de servicio óptimo al proceso, operaciones y mantenimiento, asegurando la continuidad de la producción en cantidad, calidad y costo beneficio. Como se puede observar en la Figura 20, el trabajo se

distribuye en cuatro grandes eslabones que interactuando entre ellos y con los proveedores y clientes internos forman la cadena de suministros. El control de inventarios es responsable de la planificación de este en base a conocer los requerimientos, volúmenes y fechas de requerimiento. El área de compras es responsable por el estudio de mercado y desarrollo de alianzas con los proveedores. En tránsito tenemos todo lo concerniente al traslado y distribución en los almacenes y por último los almacenes donde se vela no solo por la recepción, almacenamiento y despacho sino también por la integridad de los inventarios (Andújar, 2010).



Figura 20. Eslabones en la cadena de suministros. Tomado de Gestión de compras y proveedores en las empresas mineras, por R. Andújar, 2010, Lima: Approlog.



Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

ABC es una empresa que brinda servicios mineros y de mantenimiento por lo cual la creación de valor se encuentra en los proyectos mineros localizados dentro de las instalaciones del cliente, llámese mina; sin embargo, las oficinas centrales tienen la función de soporte de operaciones, por lo que se ha revisado la capacidad de las instalaciones, así como los proyectos que actualmente vienen desarrollando.

3.1. Dimensionamiento de Planta (Capacidad)

El producto brindado es el servicio de desarrollo de túneles, y se ha realizado en las instalaciones del cliente (mina). No existe una capacidad establecida para la planta, pues existen varios proyectos mineros y cada uno tendrá un requerimiento diferente establecido por cada cliente. Actualmente, las instalaciones de soporte de las operaciones de ABC tienen un área de 6,195 m², donde se encuentran ubicadas las oficinas administrativas, área de almacén de insumos, maestranza, y almacén de equipos / repuestos. En la Figura 21 se muestra la distribución de las instalaciones de la oficina central.

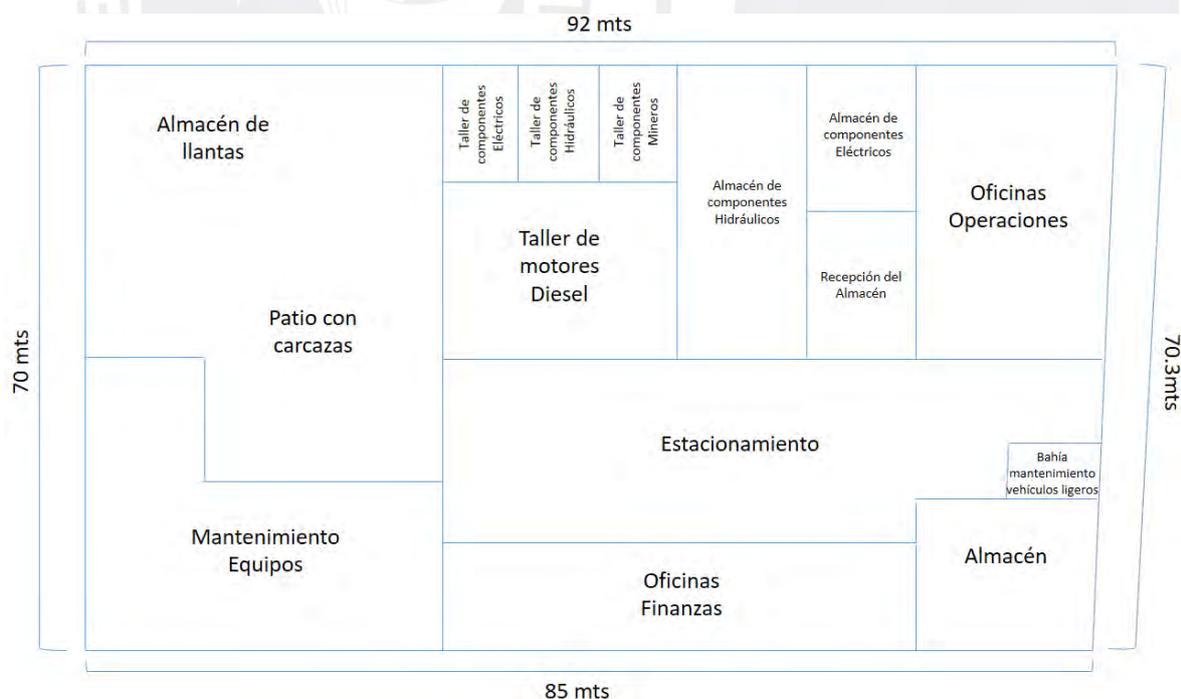


Figura 21. Plano de las instalaciones de ABC. Elaborado de visita a instalaciones ABC, 2017

3.2. Ubicación de Planta

Las instalaciones de la oficina central de ABC se encuentran ubicadas en ciudad de Kitwe en Zambia y se muestran en la Figura 22. En la actualidad, ABC tiene dos proyectos en interior mina para su cliente Mopani Copper Mines Plc. El primer proyecto es la mina *South Ore Body* (SOB) y el segundo proyecto es la mina Mufulira. En la Figura 23, se muestran la ubicación de la oficina central y las minas donde se desarrollan los proyectos mineros. El proyecto Mufulira se ubica a 55 km de las oficinas centrales, mientras que el proyecto SOB se encuentra a 12 km de las oficinas centrales. En la Figura 24 muestra una vista satelital de la mina SOB, y en la Figura 25 se expone una vista satelital de la mina Mufulira. Ambas unidades mineras tienen varios niveles de trabajo en interior mina (bajo tierra); los niveles superiores son de explotación de mineral, mientras que los niveles inferiores son de preparación para la futura explotación, a esto se conoce como desarrollo primario y secundario de túneles.



Figura 22. Ubicación de las instalaciones de ABC. Tomado de Google Earth Pro, 2017.

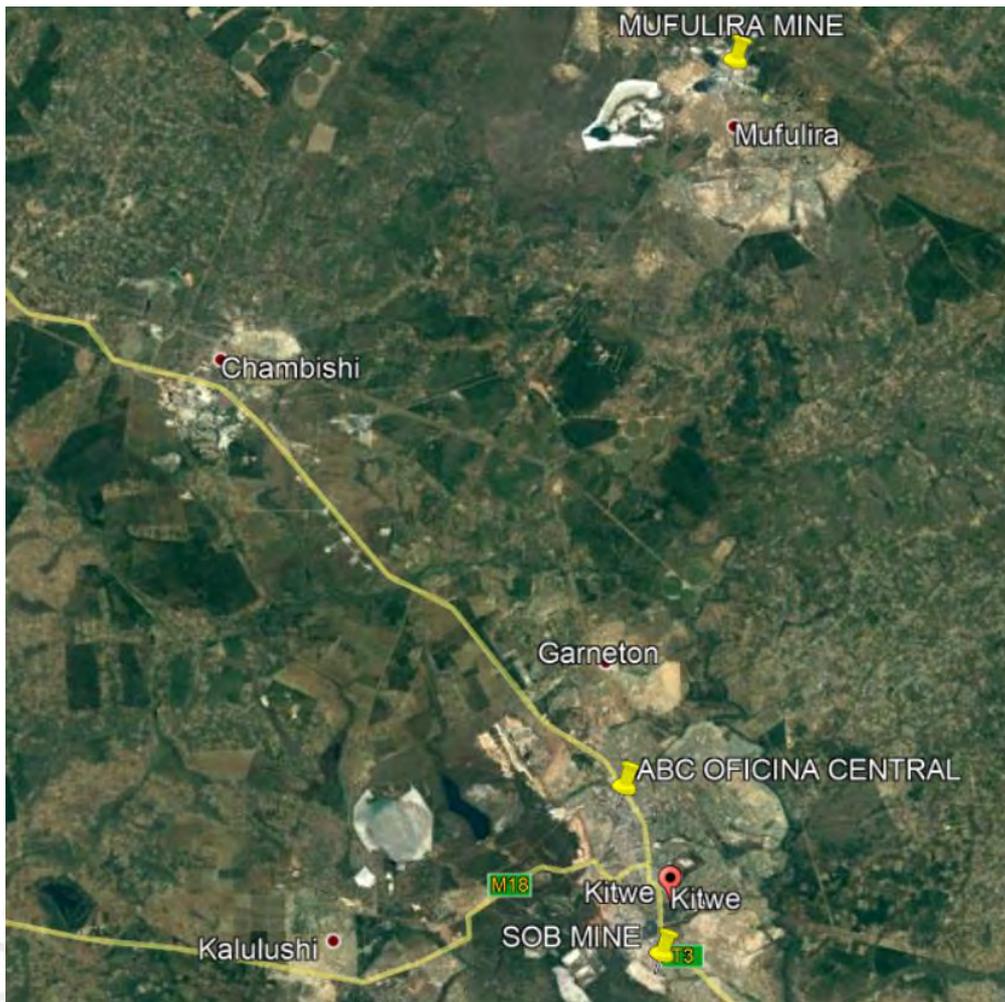


Figura 23. Ubicación de la oficina central ABC y las minas donde da servicios. Tomado de Google Earth Pro, 2017



Figura 24. Ubicación de las instalaciones de Mina South Ore Body. Tomado de Google Earth Pro, 2017



Figura 25. Ubicación de las instalaciones de Mina Mufulira. Tomado de Google Earth Pro, 2017

3.3. Propuesta de Mejora

En este caso se realizó una evaluación cualitativa de los antecedentes industriales sobre la ubicación tanto de las oficinas y almacenes. Se debe considerar que para las áreas administrativas y de mantenimiento, la zona elegida es una ubicación considerada como *"Heavy Industry Area"* en Kitwe, donde hay una gran cantidad de oficinas de empresas dedicadas al negocio minero tales como: (a) Atlas Copco Zambia Limited; (b) E C Mining Ltd; (c) Mettler Toledo Zambia; (d) Sandvik Mining; (e) Toyota Zambia; (f) Volvo – Babcock Dealer. Por lo tanto, cambiar de ubicación no sería conveniente debido a que se incurrirían en gastos adicionales en traslados, sobre todo de maquinarias pesadas o repuestos que por ser de gran minería suelen tener grandes dimensiones. En el caso de la ubicación de las minas, la locación donde estas se encuentran fue evaluada cualitativamente bajo el concepto de factor dominante debido a que en el caso de la minería la localización está supeditada a la ubicación del recurso a extraer. En la Figura 26 se muestra la cantidad de proyectos trabajados durante los últimos diez años. En ese sentido, podemos concluir que en sus picos de productividad atendían hasta siete proyectos en simultáneo en las mismas instalaciones que actualmente tienen, que sería la máxima demanda atendida, por lo cual el dimensionamiento de las oficinas y almacenes es adecuado. En el caso de las ubicaciones

mineras, el dimensionamiento de las mismas es dado por la empresa dueña de estas en base a su plan anual de perforación, por lo cual no es una variable que pueda ser gestionada por ABC. De este análisis se concluye que no existen oportunidades de mejora con respecto a la capacidad y dimensionamiento de la planta.

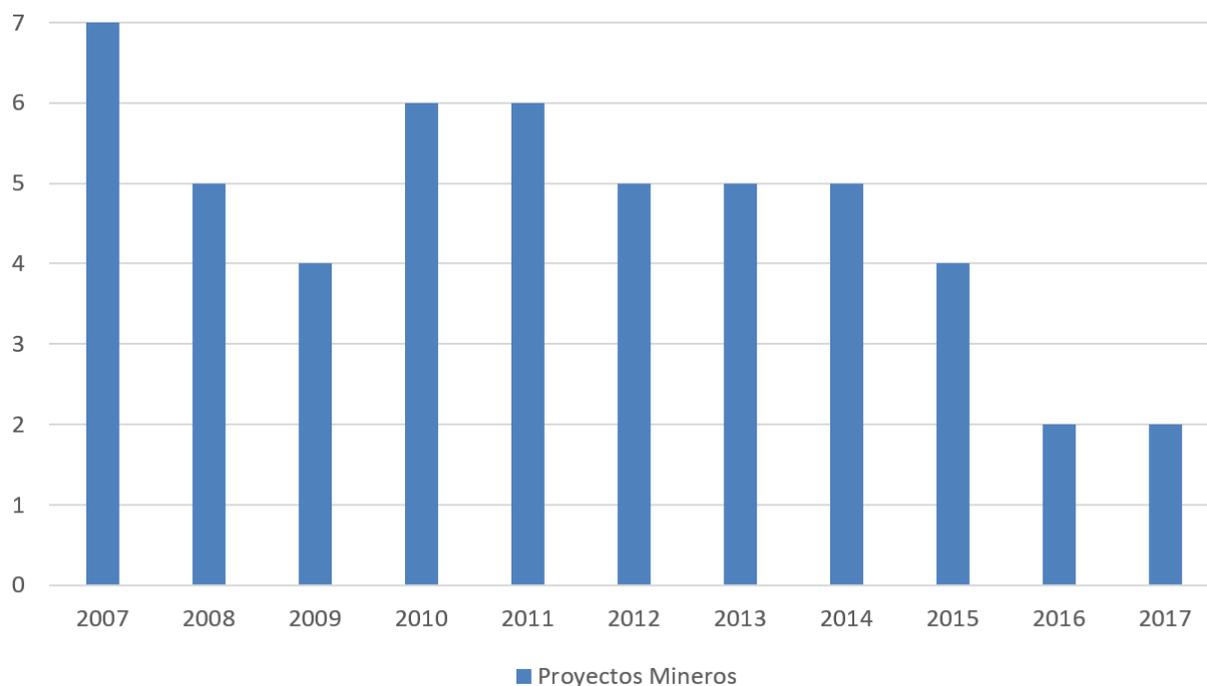


Figura 26. Cantidad de proyectos mineros realizados entre 2007 – 2017. Adaptado de ABC files, 2017

3.4. Conclusiones

En ambos casos, la ubicación de las instalaciones de la empresa, así como de las minas donde ejecutan los proyectos, al aplicar el análisis cualitativo se concluye que la reubicación de las locaciones no son opciones viables, debido a que dichas ubicaciones son estratégicas para la continuidad del negocio. En el análisis de dimensionamiento de planta, para el caso de las instalaciones administrativas y taller de soporte de operaciones, según el criterio de tamaño máximo de planta, se debe considerar las condiciones máximas en las cuales se podría operar. Se tiene como récord histórico que el máximo número de proyectos ejecutados fue de siete, empleando el mismo espacio con el que actualmente cuentan, y en estos momentos solo cuentan con dos, un 28.5% de la demanda máxima, se concluye que

dicho local se ajustaría a las necesidades actuales y existe aún 71.5% como capacidad instalada sin emplear.



Capítulo IV: Planeamiento y Diseño del Producto

El producto es el servicio de desarrollo de túneles en las unidades mineras de sus clientes. El departamento de planeamiento del cliente diseña los túneles y define características como: (a) ubicación, dimensiones y pendientes; (b) patrón de perforación, diámetro y profundidad de taladro, tipos de explosivo y cantidad a emplear; y (c) soporte, patrón, tipo y cantidad. ABC ejecuta el diseño de la mina (cliente), para lo cual proporciona el personal, los equipos e insumos necesarios de acuerdo con los estándares de sus clientes.

4.1. Secuencia del Planeamiento y Aspectos a Considerar

4.1.1 Fase 0 – Planeamiento.

La relación con el cliente se inicia con un contrato, el cual define el alcance del trabajo de ABC, los diferentes niveles donde se encuentran los túneles, las tarifas por metro para los diferentes tamaños de túnel y el tiempo de duración. Otra información que se incluye son las políticas de operaciones y seguridad del cliente. En base a esta información, ABC elabora un planeamiento a largo plazo y define emplear minería mecanizada con los siguientes factores críticos: (a) la cantidad de equipos, y (b) el personal requerido.

4.1.2 Fase 1 – Desarrollo del concepto.

El cliente define el objetivo de avance mensual en metros de túnel, así como los diferentes niveles donde se deben desarrollar estos. Para el proyecto Mufulira, el objetivo es 450 metros mensuales en promedio, a desarrollarse en cuatro niveles, y para el proyecto SOB, el objetivo es 300 metros mensuales en promedio a desarrollar en tres niveles. El tener labores en diferentes niveles añade restricciones al servicio, si los niveles son cercanos en distancia se podrían compartir ciertos recursos y generar economías de escala pues no es común que el ciclo minero vaya en paralelo en todos los frentes. Otra característica es que existen varios frentes de avance en cada nivel de trabajo, lo cual permite tener una continuidad en el trabajo y reducir los tiempos de parada de las cuadrillas. En la Tabla 2 se

muestra la flota actual de equipos de ABC desplegada para alcanzar los objetivos mensuales contractuales en los dos proyectos de la empresa. Nótese que la presencia de una mayor cantidad de perforadoras (Jumbo) que, de otros equipos, debido a que la perforación es una actividad más crítica para el servicio.

Tabla 2.

Flota de Equipos de ABC

Proyecto	Mufulira	SOB
Niveles de trabajo	4	3
Equipos		
Jumbo - Perforadora de un brazo	4	4
Cargador minero	3	2
Camión minero	2	2
Total	9	8

Nota. Tomado de ABC files, 2017

4.1.3 Fase 2 – Diseño del sistema.

El ciclo de minado para desarrollar túneles tiene de los siguientes pasos:

Trazo y topografía. Este paso posee actividades (a) en terreno, y (b) en gabinete, el cliente entrega la información en archivos DXF, los cuales permiten emplear cualquier software CAD para leer la información, la cual normalmente son modelos en 3D de la mina. Esta información se carga en la estación total y se agregan puntos de referencia existentes y nuevos. La actividad crítica de esta cuadrilla es marcar en el frente de voladura la posición de los taladros, todas las otras actividades no críticas de esta cuadrilla suceden en paralelo con el ciclo de minado. Marcar los taladros toma de 30 a 60 minutos dependiendo de la ubicación de los puntos de control, el tamaño del frente de voladura y la experiencia del personal.

Perforación. La perforación es la actividad más crítica de todo servicio, pues emplea una gran cantidad de servicios proporcionados por el cliente. El jumbo o perforadora es un vehículo auto propulsado con un motor diésel y transmisión cuatro por cuatro, pero una vez en posición para perforar, emplea energía eléctrica 550 v para alimentar el martillo

electrohidráulico, también se emplea agua para enfriar las brocas durante la perforación. El jumbo o perforadora utiliza barrenos de 43 mm de diámetro y 3.7 m de largo, los cuales se ensamblan con un cabezal llamado broca de perforación en la punta. El proceso es llamado perforación por percusión, en el cual el ensamble barreno / broca rota mientras el martillo electrohidráulico empuja el ensamble contra la superficie de la roca. Normalmente, la perforación de un frente de cuatro metros de ancho por cuatro metros de alto requiere 52 taladros de tres metros de profundidad y toma alrededor de cuatro horas; mientras que para un frente de cinco metros de ancho por cinco metros de alto requiere 78 taladros de tres metros de profundidad y toma alrededor de cinco horas.

Carga y voladura. La carga y voladura es un procedimiento altamente especializado, el ingeniero de voladura del cliente diseña: (a) patrón de perforación, (b) diámetro y profundidad de perforación, (c) secuencia de activación de los explosivos, y (d) especificación de los explosivos. El objetivo es obtener la sección deseada, con mínima sobre-excavación o voladura incompleta, pues se genera trabajos adicionales que no suman valor para ABC. El proceso de carga demora dos horas en promedio y comienza con la limpieza de los taladros empleando aire comprimido. El manejo de los explosivos es una actividad de alto riesgo que requiere personal entrenado y certificado por el *Mine Safety Department* (MSD), que es un organismo dependiente del Ministerio de Minas de Zambia, con licencia para manipular explosivos (*Blasting license*). Luego de la voladura, hay un periodo de tiempo de espera del personal llamado periodo de reingreso, donde se espera que el sistema de ventilación de la mina reduzca la concentración de gases nitrosos, estos son producto del empleo de explosivos, y además son nocivos para el personal. El periodo de reingreso del personal toma una hora en promedio y es establecida por el departamento de ventilación del cliente.

Acarreo y transporte. Esta actividad es altamente mecanizada, se emplea un cargador de interior mina y un camión de interior mina. El cargador de interior mina realiza el acarreo y carguío del desmonte, y el camión de interior mina realiza el transporte a los puntos de acopio. Estos equipos tienen un costo mucho mayor a sus equivalentes equipos de superficie debido a su especialización, requieren operar en fuertes pendientes de hasta 16 grados de forma continua, por lo que (a) el sistema de frenos, (b) la suspensión, y (c) la tracción y el motor están preparados para estas condiciones. Los equipos de interior mina tienen una velocidad máxima de 20 kph, pero debido a factores como (a) la irregular superficie de rodadura, (b) las fuertes pendientes en las rampas, y (c) el espacio confinado de las galerías, la velocidad máxima permitida, por motivos de seguridad, es cinco kph. Los operadores tienen capacitación y licencia para operar en interior mina emitida por el *Mining Central Training Center* (MCTC), la cual debe ser renovada cada dos años. El tiempo que toma esta actividad varía de acuerdo a la distancia al punto de acopio del desmonte. En promedio toma tres horas limpiar un frente de cuatro metros de ancho por cuatro metros de alto y cuatro horas para limpiar un frente de cinco metros de ancho por cinco metros de alto.

Desatado y sostenimiento. El ingeniero mecánico de rocas del cliente diseña el soporte basado en parámetros como (a) el tipo de roca, (b) la fracturación de la misma, y (c) los materiales disponibles. Ejecutar el desatado y sostenimiento correctamente es crítico para evitar accidentes en el ciclo minero, una roca pequeña de 20 kg que cae de una altura de cinco metros podría ocasionar un accidente fatal. Después del acarreo y transporte, el frente de trabajo está relativamente libre de desmonte, la zona producto de la voladura no tiene soporte. Hay rocas sueltas de tamaños muy diversos en el techo y los lados del túnel. Por motivos de seguridad, estas rocas sueltas se deben (a) liberar empleando el jumbo, barretas u otros equipos para soltarlas del banco, a esto se llama desatado; e (b) instalar el sostenimiento del techo y los lados empleando pernos, mallas, y otros materiales especificados por el

ingeniero mecánico de rocas del cliente. Al personal no le está permitido transitar en zonas sin soporte y debe colocar soporte temporal empleando puntales de acero antes de instalar el soporte permanente. Este proceso puede durar dos horas en promedio y al ser una actividad de alto riesgo solo se permite el ingreso de personal experimentado.

4.1.4 Fase 3 – Diseño detallado.

Trazo y topografía. La cuadrilla de trazo y topografía realiza actividades en superficie y en interior mina, pero solo las siguientes actividades son críticas para el ciclo de minado (a) marcar el frente de voladura, y (b) marcar los puntos de soporte. El tiempo que toman estas actividades críticas es una hora en promedio. Otras actividades de esta cuadrilla incluyen (a) procesar la información del cliente, (b) establecer puntos de control en el terreno, y (c) corregir la dirección de los túneles. En la Tabla 3 se muestra la cuadrilla típica de trazo y replanteo, así como los equipos e insumos relacionados a esta actividad.

Tabla 3

Trazo y Topografía

Personal		Equipos		Insumos	
Descripción	Und.	Descripción	Und.	Descripción	Und.
Topógrafo	1	Estación total	1	Pintura PVA en balde	2
Asistente	3	Juego de accesorios diversos	1	Pintura en spray	4
		Escalera	1		

Nota. Tomado de ABC files, 2017

Perforación. ABC emplea las perforadoras (a) S1D de 1 brazo de Atlas Copco, y (b) B281 de un brazo de Atlas Copco. La cuadrilla de perforación realiza sus actividades en interior mina, las siguientes actividades son críticas para el ciclo de minado: (a) remolque de cable de energía al frente, (b) parqueo e izamiento en posición de perforación, (c) conexión de servicios al jumbo (energía y agua), y (d) perforación de taladros de tres metros de

profundidad. Se dedica un jumbo en cada nivel para atender a un grupo de dos a tres túneles trabajo según requerimiento del cliente. En Tabla 4 se muestran los tiempos perforación promedio para dos diferentes secciones de túnel, así como el número de taladros requeridos y en la Tabla 5 se muestra la cuadrilla típica, los equipos e insumos relacionados a esta actividad.

Tabla 4.

Tiempos de Perforación y Cantidad de Taladros por Tipo de Sección

Sección		Número de taladros de 3m de largo (unidad)	Tiempo en promedio (hr)
Ancho (metros)	Alto (metros)		
4	4	52	4
5	5	78	5

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

Tabla 5.

Perforación

Personal		Equipos		Insumos	
Descripción	Und.	Descripción	Und.	Descripción	Und.
Operador de Jumbo	1	Jumbo	1	Barreno 43 mm día. x 3.7m largo	var
Ayudante	3			Broca de perforación	var
				Otros accesorios de perforación	var
				550 v energía eléctrica	ND
				Agua	ND

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

Carga y voladura. La cuadrilla de carga y voladura realiza las siguientes actividades:

1. Limpiar los taladros empleando aire comprimido.
2. Cargar los taladros con explosivos y accesorios según diseño aprobado.

3. Instalar el cable de voladura a una ubicación segura, normalmente a el lugar llamado “lugar de espera”, que podría estar entre 300 a 500 metros del lugar de voladura.
4. Esperar hasta la hora adecuada según el horario de voladura aprobado, el cual varía en cada mina.
5. Instalar el tablero electrónico *digishot*.
6. Seguir el procedimiento de seguridad. Se enciende la sirena por tres minutos, se espera 10 minutos, se vuelve a encender la sirena por tres minutos, se espera un minuto y se vuelve a prender la sirena por un minuto,
7. La “persona a cargo” activa los explosivos en el tablero *digishot*. Los explosivos se activan en una secuencia diseñada y predeterminada, normalmente desde el centro hacia los lados.
8. Por último, luego de esperar el periodo de reentrada de una hora y se reinician las labores.

En promedio la carga y voladura de un túnel de cuatro metros de ancho por cuatro metros de alto requiere tres horas y la de un túnel de cinco metros de ancho y cinco metros de alto requiere cuatro horas. En la Tabla 6 se muestra la cuadrilla típica, los equipos e insumos relacionados a esta actividad.

Acarreo y transporte. ABC emplea el cargador de interior mina Scooptram ST1030 de Atlas Copco de 4.5m³ de cuchara y el camión de interior mina MT436B de Atlas Copco de 16m³ de tolva. En la Tabla 7 se muestra la cuadrilla típica, los equipos e insumos relacionados a esta actividad. La cuadrilla de acarreo y transporte realiza las siguientes actividades:

Tabla 6.

Carga y Voladura

Personal		Equipos		Insumos	
Descripción	Und.	Descripción	Und.	Descripción	Und.
Jefe de Guardia	1	Sirena	1	Explosivos	ND
Cargadores	3	Tablero Digishot	1	Detonantes	ND
				Cables x 300m	2
				Aire Comp.	ND
				Señales de seguridad	ND

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

1. Limpiar el frente utilizando el cargador de interior mina, se acarrea el material disperso de la voladura, llamado desmonte, y se le transporta hasta la bahía de volteo, donde se carga el desmonte en el camión de interior mina,
2. La capacidad de la tolva del camión de interior mina es 16m³, por lo que se llena con cuatro cucharas del cargador de interior mina y comienza el transporte del material hasta el punto de acopio,
3. Normalmente, el tiempo de viaje ida y vuelta del camión de interior mina es mayor al tiempo de viaje ida y vuelta del cargador de interior mina, por lo que este último comienza a acumular material en la bahía de volteo. Este doble acarreo tiene un costo adicional que no genera valor, pero contribuye a liberar el frente y por ende acelera el clico de minado, el camión de interior mina necesita repetir cuatro viajes para limpiar completamente el frente de material de voladura.

Desatado y sostenimiento. En la Tabla 8 se muestra la cuadrilla típica, los equipos e insumos relacionados al desatado y sostenimiento. La cuadrilla de desatado y sostenimiento realiza las siguientes actividades: (a) desatado de rocas sueltas empleando el jumbo, (b) instalación de soporte temporal con puntales de acero, (c) marcado de puntos para instalación

de pernos, (d) perforación de taladro con jumbo, (e) instalación de malla electro soldada, e (f) instalación y cementado de pernos de sostenimiento.

Tabla 7.

Acarreo y Transporte

Personal		Equipos		Insumos	
Descripción	Unid.	Descripción	Unid.	Descripción	Unid.
Operador de camión	1	Camión de interior mina	1	Combustible	var.
Operador de cargador	1	Cargador de interior mina	1	Grasas y lubricantes	var.
				Llantas neumáticas	var.

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

Tabla 8.

Desatado y Sostenimiento

Personal		Equipos		Insumos	
Descripción	Und.	Descripción	Und.	Descripción	Und.
Operador de Jumbo	1	Jumbo de 1 brazo	1	Barreno 43mm día. x 3.7m largo	2
Ayudante de Jumbo	3	Barretas de 4m	2	Otros accesorios de perforación	1
Carpintero	1	Puntal de acero	4	550V energía eléctrica	ND
Ayudante de carpintero	1			Perno de sostenimiento	ND
				Agua	ND
				Malla electrosoldada	ND
				Cemento	ND

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

4.1.5 Fase 4 – Pruebas y afinación.

Para este servicio, no se trata de una fase de desarrollo del producto en sí. Por el contrario, acompaña al servicio durante todo el proceso. El cliente diseña el túnel y ABC

ejecuta el diseño y adapta el servicio a las condiciones particulares del sitio. Asimismo, el cliente supervisa diariamente el servicio y brinda retroalimentación y soporte técnico.

4.1.6 Fase 5 – Producto de transición.

ABC diseña el producto que en este caso es el “servicio de desarrollo de túneles primarios y secundarios para minería” en base a la aplicación repetitiva del ciclo de minado en el cual se desarrollan 2.7m de avance y consta de cinco pasos, los tiempos estimados del ciclo se muestran en la Tabla 9. En base a su experiencia, ABC escoge los equipos y asigna al personal para tener una estructura que desarrolle el ciclo de minado. La logística de insumos y el mantenimiento de los equipos también son críticos para dar soporte a la operación.

Tabla 9.

Tiempos Promedio en Horas del Ciclo Operativo

Actividad	Sección 4 x 4	Sección 5 x 5
Trazo y topografía	1.0	1.0
Perforación	4.0	5.0
Carga y voladura	4.0	5.0
Acarreo y transporte	3.0	4.0
Desatado y sostenimiento	2.0	2.5
Total	14.0	17.5

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

4.2. Aseguramiento de la Calidad del Diseño

La calidad del servicio se encuentra ligada a alcanzar el objetivo del cliente en metros por mes. Los factores críticos para la calidad del servicio están presentes en todas las etapas del servicio, y son los siguientes:

4.2.1 Trazo y topografía.

1. Topógrafo con experiencia en minería subterránea,
2. Estación total certificada y calibrada anualmente, y
3. Información certificada, planos y modelos emitidos para construcción por el cliente.

4.2.2 Perforación.

1. Equipo de perforación mantenido y disponible,
2. Operador de perforación con experiencia y licencia válida,
3. Aceros de perforación de calidad,
4. Los taladros deben ser paralelos para tener una mejor fragmentación de la roca,
5. Servicios disponibles (a) agua, (b) energía eléctrica, y (c) ventilación, y
6. Verificación de la profundidad de los taladros vía muestreo aleatorio.

4.2.3 Carga y voladura.

1. Material de voladura (a) explosivos, (b) detonantes, y (c) cables disponibles.
2. Verificar el tipo y cantidad de explosivos sean de acuerdo al diseño del cliente.
3. Cumplir con los procedimientos de evacuación y horarios establecidos para voladura.
4. Cumplir con los periodos de ventilación y espera para reingresar a las labores.
5. El avance del disparo sea considerable en comparación con el taladro perforado.
Normalmente se perfora con barras de 3.7m de largo y 43mm de diámetro, el taladro típico es de 3 a 3.2m y el avance debe ser 2.7 a 2.8m en promedio.

4.2.4 Acarreo y transporte.

1. Cargador de interior mina y camión de interior mina (a) mantenidos y (b) disponibles.
2. Operadores con experiencia y licencia válida.
3. Combustible disponible en interior mina.
4. Vías hacia puntos de acopio de desmonte disponibles.
5. Lugares de acopio de desmonte tengan capacidad disponible.
6. Ventilación y temperatura adecuadas en vías hacia puntos de acopio.

4.2.5 Desatado y sostenimiento.

1. Cumplir con la regla de máximo cuatro metros no soportados en todo momento,
2. Jumbo mantenido y disponible,
3. Material de soporte temporal y permanente disponible,
4. Cumplir con el patrón de soporte del cliente, y
5. Informar de cambios en la geología al cliente.

4.3. Propuesta de Mejora

El servicio de desarrollo de túneles de ABC emplea prácticas modernas de minería mecanizada, producto de la experiencia nacional e internacional en temas de equipos, seguridad y control de operaciones. Se ha analizado si existe la posibilidad de potenciar el servicio a través del ciclo minero revisando la tecnología y en forma global aplicando conceptos de generales de productividad.

4.3.1. Revisión de tecnología disponible versus empleada.

Se revisó el estado del arte en diversas áreas de la construcción de túneles y excavaciones bajo tierra, algunos de los cuales se enumeran a continuación y se revisa su posible aplicación en las operaciones de ABC.

Sistema de Información de Construcción en Interior Mina (UCIS). Según Beer (Eds., 2015), este sistema maneja la información relativa a la construcción en interior mina a lo largo del ciclo de vida del proyecto y la operación. El UCIS es una mejora aplicable a los clientes de ABC.

Soporte computarizado para el diseño de estructuras en interior mina. Según Beer (Eds., 2015), normalmente se recopila mucha información geológica, la cual es costosa y toma mucho tiempo estudiar y analizar los datos. Sin embargo, esta información no se plasma adecuadamente en un Sistema de información que permita obtener los datos rápidamente,

solo se producen reportes que dificultan encontrar y manejar la información rápidamente. Esta mejora es aplicable a los clientes de ABC.

Sistemas de visualización de realidad virtual para construcción en interior mina.

Según Beer (Eds., 2015), Los sistemas de Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR) existen, pero raras veces se emplean en la construcción en interior mina, y permiten tener una idea clara de los resultados. Esta mejora es aplicable a los clientes de ABC.

Simulación por computadora de construcción convencional. Según Beer_(Eds., 2015), Simulaciones por computadora de la perforación y voladura empleando elementos finitos y los datos de la zona permiten tener resultados comparables e incluso mejores a software especializado. Esta mejora es aplicable a los clientes de ABC.

4.3.2 Revisión de las diferentes etapas del ciclo de minado.

Trazo y topografía. Los equipos empleados son estaciones totales o Total Station Theodolite (TST) de última generación. Existen diferentes TST dependiendo de la tolerancia requerida y el alcance del lente, en actividades relativas a minería una TST de media precisión es suficiente. ABC posee TST de la marca Leica, la cual es líder en el mercado de instrumentos de topografía de precisión. Normalmente se emplean equipos manuales de doble tablero, pues son más sencillos de mantener y soportan las duras condiciones de interior mina (polvo y humedad). Los recursos humanos son en su mayoría mano de obra local y algunos expatriados (peruanos) con amplia experiencia en topografía para minería subterránea. En esta etapa no hay propuesta de mejora basada en tecnología existente.

Perforación. Los equipos empleados son jumbos de un brazo, los modelos S1D y el B281 ambos de Atlas Copco, los cuales tienen un área de operación de seis m² a 31 m² según especificaciones técnicas. En general, los túneles típicos que trabaja ABC son de (a) 16 m² (cuatro por cuatro), y (b) 25 m² (cinco por cinco) de sección, por lo que el Jumbo de un brazo es adecuado. También existen jumbos de dos, tres y cuatro brazos, los cuales se

emplean para túneles de mayor área, en la Figura 27 se muestra el Jumbo de dos brazos B282 de Atlas Copco, el cual se emplea en túneles de ocho m² a 45m² de área según especificación del fabricante. Un equipo con mayor capacidad para perforar (dos brazos con martillos electrohidráulicos en lugar de uno) terminaría la labor en un menor tiempo y consumiría más recursos, pero el agua y la energía son proporcionados por el cliente, libres de costo.



Figura 27. Jumbo de dos brazos. Tomado de *Minería Sostenible: Principios y Prácticas* (1ra ed.) por J. Oyarzun & R. Oyarsun, 2011, La Serena – Madrid: GEEM

En la Tabla 10 se compara el tiempo de perforación empleando un jumbo de un brazo y uno de dos brazos de. Puede obtenerse una reducción de entre 30 a 35% en el tiempo de perforación. El costo de un Jumbo de un brazo es USD 450 k y el costo de un Jumbo de dos brazos es USD 570 k, el costo diferencial será USD 120 k y una vida útil de cinco años, por lo que el costo de inversión diferencial es 2,000.00 USD / mes. El costo de operación es el mismo, pues se emplea un solo operador, y el mantenimiento es ligeramente superior al tener dos martillos electrohidráulicos, pero el mismo chasis y motor.

Si consideramos 30% de los túneles son de 25 m² de área y 70% de los túneles son de 16 m² de área (conservadora) y que el Jumbo realiza la perforación de un solo frente por día (conservadora, pues según la Tabla 9, se podrían realizar 1.7 disparos para un túnel de 4x4 y 1.4 disparos para un túnel de 5x5), entonces en un mes se ganarían = $30 \times (0.7 \times 1.25h + 0.3 \times 1.75h) = 42 \text{ horas} = 1.75 \text{ días por mes}$. Asumiendo que en un día se dispara y logra un

avance de 2.7m @1100 USD/m, en teoría, se podría lograr un ingreso de 1.75 días x 2.7m/día x 1,100 USD/m = 5,197.50 USD/mes. Este ingreso mensual adicional es más del doble del costo de inversión adicional, por lo cual la propuesta de mejora es conveniente. Revisando la sensibilidad de esta decisión, la inversión deja de ser atractiva cuando el avance es menor a 0.66 m/día.

Tabla 10.

Tiempos de Perforación y Cantidad de Taladros por Sección y Tipo de Jumbo

Sección		Número de taladros de 3m de largo (unidad)	Tiempo con Jumbo de un Brazo (hora)	Tiempo con Jumbo dos Brazos (hora)
Ancho (metros)	Alto (metros)			
4	4	52	4.00	2.75
5	5	78	5.00	3.25

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

Si reemplazamos el 50% de los Jumbos, y dejamos a los de un brazo produciendo en los túneles más pequeños (4x4), el impacto de esta medida será:

1. $\text{Tiempo} = 30 \times (20/50 \times 1.25\text{h} + 30/50 \times 1.75\text{h}) = 46.5 \text{ horas} = 1.94 \text{ días/mes}$
2. Incremento de ingresos = 1.94 días/mes x 2.7m/día x 1,100 USD/m
 - i. = 5,761 USD/mes.
3. Incremento de costo de inversión = 2,000 USD/mes
4. Otros costos: Operación, seguro, etc. se asumen constantes
5. Diferencial de ingresos = 3,761 USD/mes
6. Primer año: 3,761USD/mes x 12 meses x cuatro jumbos x 0.417 margen = USD 75,296 de utilidad bruta.
7. Segundo año: asumimos 10% incremento debido a procesos de mejora continua, elimina perdidas y mermas, USD 82,825 de incremento de ingresos.

También existen jumbos con barras de perforación más largas, y los equipos de ABC podrían equiparse con barras de hasta 4.8 m que en teoría podrían generar un mayor avance

por ciclo, pero el cliente limita el avance a tres metros por disparo, en función de su experiencia y la calidad de la roca en la mina, por lo que esta propuesta no es viable.

Carga y voladura. Los explosivos son suministrados por el cliente, pero el costo de los mismos es descontado mensualmente del pago de ABC, por lo su uso debe ser eficiente y la calidad está garantizada. Normalmente se emplean emulsiones líquidas pues son resistentes al agua, impacto y fuego, es el explosivo más seguro del mercado. Las emulsiones tienen dos presentaciones (a) empaquetada en un sachet plástico con diámetro y longitud determinado, comúnmente llamada "salchicha", y (b) a granel, la cual es más eficiente, pero su carguío toma más tiempo y requiere equipos especiales para este propósito. El personal es local y altamente calificado para esta actividad. No hay posibilidad de mejora en esta etapa del ciclo.

Acarreo y transporte. Los equipos empleados por ABC son:

1. El cargador de interior Scooptram ST1030, el cual tiene 10ton de capacidad, 250hp y 4.5m³ de capacidad en la cuchara, el cual es eficiente para limpiar los frentes de voladura, un cargador de interior mina más grande tendría problemas para moverse entre túneles principales y secundarios,
2. El camión de interior mina MT-436B, el cual tiene una capacidad de tolva de 33 t/16 m³ y 400 hp, este equipo es muy eficiente en labores de transporte de desmonte, tiene 3.1 m de ancho y 2.6 m de alto, por lo que un camión más ancho solo podría circular en túneles de cinco metros de ancho o mayores.

En el mercado, hay equipos que operan a control remoto y no exponen a los operadores al frente de trabajo por motivos de seguridad (caída de rocas), pero estos deben permanecer a cierta distancia de los equipos manteniendo contacto visual. En el artículo "*Top Driverless Trucks in the Mining Industry Today plus Future Concepts*" (2014) se indica que compañías como Rio Tinto y BHP Billiton operan vehículos autónomos en Australia

llamados *Autonomus Haulage System* (AHS) del fabricante japonés Komatsu, como se observa en la Figura 28, estas máquinas se guían por GPS en minería superficial y todavía no están disponibles para minería subterránea.



Figura 28. Camión Komatsu autónomo (sin conductor) para operaciones de superficie
Recuperado de <https://www.tradeearthmovers.com.au/product-news/1610/komatsu-debuts-driverless-haul-truck-at-minexpo2016>

Desatado y soporte. ABC emplea los mismo jumbos de perforación, así como otras herramientas manuales como puntales que ayudan en el soporte temporal y barretas que ayudan en el desate de pequeñas rocas, pero también hay equipos mecanizados especiales para realizar estas labores y otras manuales como colocar pernos y mallas, como la empernadora de techo Boltec 235 de Atlas Copco que se muestra en la Figura 29, se estima que al ser un equipo altamente especializado podría reducir el tiempo de esta actividad, pero al ser un equipo adicional, se necesitaría operadores adicionales para esta actividad.

En la Tabla 11 se muestra la reducción teórica en tiempo para la actividad de desatado y sostenimiento. El costo estimado de la empernadora es USD 400,000, y asumiendo un periodo de depreciación de cinco años, tenemos un costo de inversión de 6,667 USD/mes.

Adicionalmente, se estima que el mantenimiento y la operación de la maquina tendran un costo de 1,000 USD/mes y 1,500 USD/mes respectivamente. En total, el costo de inversion, operación y mantenimiento será 9,166 USD/mes.

El tiempo mensual que se genera al emplear la empernadora, asumiendo un ciclo por día (conservador) será: 30 días x 1hora = 30 horas por mes = 1.25 días. Asumiendo que en un día se dispara y logra un avance de 2.7 m @1100 USD/m, en teoría, se podría lograr un ingreso de 1.25 días x 2.7m/día x 1100USD/m = 3,712 USD / mes. Este ingreso mensual es menor a los costos de implementar la propuesta, lo cual se descarta introducir una máquina empernadora como propuesta de mejora.



Figura 29. Empernadora de techo Boltec 235 de Atlas Copco. Recuperado de http://www.directindustry.es/prod/atlas-copco-mining-and-rock-excavation/product-59040-1054749.html#product-item_1054701)

Tabla 11.

Tiempos de Desatado y Sostenimiento por Sección y Tipo de Equipo

Sección		Tiempo con Jumbo de un brazo (hora)	Tiempo con empernadora de un brazo (hora)
Ancho (metros)	Alto (metros)		
4	4	2	1
5	5	2.5	1.25

Nota. Tomado de ABC, 2017.

4.3.3 Revisión de productividad.

Se tomó como muestra los disparos de Setiembre 2016 en la mina SOB. En este proyecto ABC trabajo con dos jumbos en tres niveles: (a) el en nivel 3360 tenía cuatro frentes de trabajo, (b) en el nivel 3435L tenía seis frentes de trabajo, y (c) en el nivel 3510L tenía 11 frentes de trabajo. En resumen, tres niveles y 21 frentes de trabajo, los niveles estaban conectados por rampas las cuales permiten compartir los recursos en los diferentes frentes de trabajo. Las métricas de la data obtenida de ABC, indican que se realizaron 70 disparos que desarrollaron túneles con valores en un rango de 0.8 m y 3.1 m. La información se muestra en formato de histograma en la Tabla 12.

Tabla 12.

Histograma de Disparos en la Mina SOB para el Mes de septiembre 2016

Clase	Frecuencia	%	% Acumulado
< 1.50	2	3	3
1.51 - 2.00	9	13	16
2.01 - 2.25	14	20	36
2.26 - 2.50	15	21	57
2.51 - 2.70	13	19	76
2.71 - 3.00	16	23	99
> 3.00	1	1	100
Total	70.00	100	100

Nota. Tomado de ABC, 2017.

El objeto de costo del ciclo de minado es hacer la mayor cantidad de metros de túnel en un mes, ABC considera que un avance satisfactorio es 2.7 m por disparo, pero en la muestra representativa de Setiembre de 2016, vemos que solo 24% excede 2.7 m y 43% excede 2.5 m, lo cual significa que 57% de los disparos tienen un avance menor a 2.50 m; este porcentaje es elevado por lo que es necesario implementar medidas para controlar este factor crítico para la producción.

Aplicando el principio de Pareto, donde el 80% de impacto se debe a 20% de factores claves, y un análisis del ciclo de minado encontramos que de los 25 factores mencionados en

la sección 4.2 Aseguramiento de la calidad, los cinco factores más críticos para lograr un avance por disparo superior a 2.7m en el ciclo de minado son los siguientes:

Perforación.

1. Emplear aceros de perforación de calidad,
2. Los taladros deben ser paralelos para una mejor fragmentación de la roca,
3. Verificar que la profundidad de los taladros vía muestreo aleatorio.

Carga y voladura.

1. Verificar que el tipo y cantidad de explosivos cumplan con el diseño del cliente,
2. El avance del disparo sea considerable en comparación con el taladro perforado.

Actualmente, ABC controla los metros perforados por operador por mes, y publica un ranking interno de la performance de cada operador, esta información contribuye a fomentar una saludable competencia que mejora los resultados de la empresa. Pero habría que diseñar procesos para controlar de una manera eficiente estos factores críticos en el terreno, luego asignar responsables para gestionar este proceso crítico. El objetivo operacional serían los siguientes: (a) 50% de los disparos el primer año deben producir un avance de túnel mayor a 2.7 m y (b) 75% de los disparos el segundo año deben producir un avance mayor a 2.7 m. Estas medidas incrementan la producción en un 10% el primer año y en un 6% adicional el segundo año. Se recomienda pagar un bono de producción al grupo de operaciones del proyecto equivalente al 20% del aumento de utilidades a ser distribuido proporcionalmente a sus ingresos. Se estima que con esta medida se tendrá un incremento en la utilidad bruta (incluyendo los gastos operativos y pago de bonos) de USD 239,801 en el primer año y USD 143,881 en el segundo año.

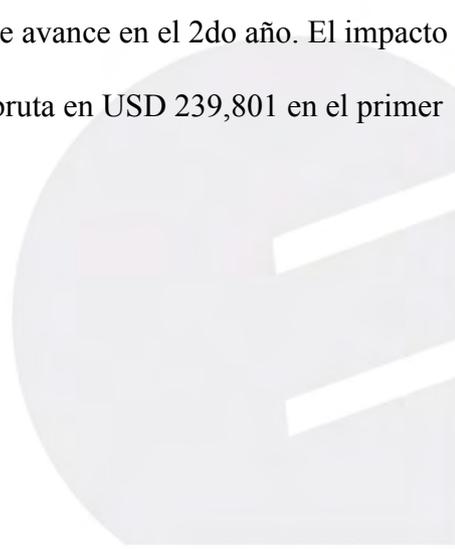
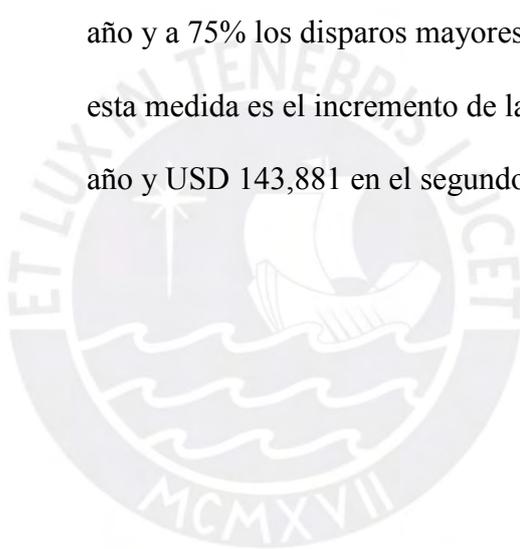
4.4. Conclusiones

Al revisar el detalle del producto de ABC, servicio de desarrollo de túneles primario y secundario para minería, encontramos que la tecnología en maquinaria empleada es

adecuada, ABC posee equipos de última generación y el nivel de mecanización es alto. Los recursos humanos están entrenados, con licencias legales y en línea con las actividades requeridas por el servicio.

Las oportunidades de mejora encontradas son:

1. Renovar 50% de la flota de jumbos de un brazo con jumbos de dos brazos, el impacto de esta medida es el incremento de la utilidad bruta en USD 75,296 el primer año y USD 82,825 en el segundo año.
2. Diseñar e implementar procesos de control para los cinco factores críticos para asegurar un avance en metros por ciclo superior a 2.7m. El objetivo es incrementar de 24% a 50% los disparos mayores a 2.7m de avance en el primer año y a 75% los disparos mayores a 2.7 m de avance en el 2do año. El impacto de esta medida es el incremento de la utilidad bruta en USD 239,801 en el primer año y USD 143,881 en el segundo año.



Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso

ABC maneja el servicio de desarrollo de túneles como proyecto, lo cual implica un tiempo, un costo y un alcance de trabajo definidos; estos parámetros existen y son contractuales. Sin embargo, el proceso de desarrollo de un túnel es repetitivo y consta de cinco etapas, las cuales generan un avance promedio de 2.70 metros por ciclo de minado, los tiempos teóricos son 14.00 horas para una sección cuatro metros de alto por cuatro metros de ancho, y 17.50 horas para una sección cinco metros de alto por cinco metros de ancho. Es necesario tener en cuenta que los túneles se desarrollan a lo largo de materiales no uniformes, como son la roca o el suelo. Además, las condiciones del entorno varían en cada lugar de trabajo. Entre estas condiciones tenemos: (a) Flujo y calidad de ventilación, (b) Flujo y calidad de aguas subterráneas, (c) Temperatura en la zona de trabajo, (d) Infraestructura disponible, (e) Cantidad de gente trabajando en la misma zona, (f) Visibilidad disponible, (g) Cantidad de partículas en suspensión, y (h) Ruido de equipos.

Por lo cual, el diseño del proceso debe tomar en cuenta que, al ejecutarlo, este será ajustado a las condiciones particulares de cada sitio. El éxito del servicio depende de la capacidad de la empresa en lograr la meta (cantidad de metros objetivo por mes) controlando sus costos dentro de los diferentes escenarios que se le presentan en la ejecución de cada etapa del ciclo operativo. Asimismo, el cliente planea una producción mensual, la cual define: (a) los diferentes niveles de trabajo, (b) los diferentes frentes de trabajo por nivel, y (c) el número de metros en cada frente, y comunica a ABC esta información mensualmente, normalmente una semana anterior al inicio del ciclo mensual de facturación. El ciclo mensual de facturación tiene como primer día, el vigésimo segundo día de cada mes, y se cierra con la medición por el cliente el vigésimo primer día del mes siguiente. ABC opera con un calendario de trabajo 24/7, para lo cual utiliza tres turnos de empleados, cada turno trabaja cuatro días por 12 horas diarias y descansa dos días, con lo cual se cumple el régimen

legal de 48 horas de trabajo por dos días de descanso. En la Figura 30 se muestra la rotación de los tres turnos (A, B y C) a lo largo de las semanas, puede verse que cada 12 semanas se repite el ciclo de rotación de turnos de trabajo.

Semana	Turno	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
1	AM	A	A	A	A	B	B	B
	PM	B	B	C	C	C	C	A
2	AM	B	C	C	C	C	A	A
	PM	A	A	A	B	B	B	B
3	AM	A	A	B	B	B	B	C
	PM	C	C	C	C	A	A	A
4	AM	C	C	C	A	A	A	A
	PM	A	B	B	B	B	C	C
5	AM	B	B	B	B	C	C	C
	PM	C	C	A	A	A	A	B
6	AM	C	A	A	A	A	B	B
	PM	B	B	B	C	C	C	C
7	AM	B	B	C	C	C	C	A
	PM	A	A	A	A	B	B	B
8	AM	A	A	A	B	B	B	B
	PM	B	C	C	C	C	A	A
9	AM	C	C	C	C	A	A	A
	PM	A	A	B	B	B	B	C
10	AM	A	B	B	B	B	C	C
	PM	C	C	C	A	A	A	A
11	AM	C	C	A	A	A	A	B
	PM	B	B	B	B	C	C	C
12	AM	B	B	B	C	C	C	C
	PM	C	A	A	A	A	B	B
13	AM	A	A	A	A	B	B	B
	PM	B	B	C	C	C	C	A

Figura 30. Rotación de los tres turnos de trabajo. Adaptado de ABC, 2017

Otro factor muy importante para el cliente es la seguridad industrial, es crítico evitar los accidentes, sobre todo los accidentes incapacitantes y los fatales pues estos normalmente tienen repercusiones en la opinión pública, legales y económicas. En el plano legal, el *Mine Safety Department* (MSD), que es un organismo dependiente del Ministerio de Minas de Zambia, debe ser informado de cualquier accidente grave y tiene el poder de paralizar las operaciones hasta que considere que las condiciones que generaron el accidente han sido corregidas y la mina es segura para el personal. Estas paralizaciones afectan la producción de la mina y generan pérdidas no recuperables, todos estos factores afectan el valor de las acciones de la empresa en el corto plazo.

Contractualmente ABC se compromete a operar de acuerdo a los estándares del cliente, estos estándares se enfocan principalmente en (a) estrictas políticas de seguridad

industrial, y (b) desarrollo medioambientalmente sostenible. Si estos aspectos no son administrados correctamente, el cliente tomará las siguientes acciones correctivas: (a) paralizará la operación, (b) asignará penalidades económicas y (c) en casos extremos cancelará la operación. Cualquiera de las opciones anteriores afectaría gravemente las operaciones de la mina y generaría pérdidas no recuperables para el cliente y ABC. Entonces, para disminuir riesgos, ABC ha incluido entre sus procesos de apoyo crítico la seguridad industrial & medioambiente.

5.1. Mapeo de los Procesos

ABC es una organización de tipo funcional, pero al tener proyectos, estos poseen personal que reporta al gerente del proyecto y al jefe del área en la oficina central, a este tipo de organización se le conoce como “organización matricial”. En la Figura 31 se muestra el organigrama matricial de la empresa ABC.

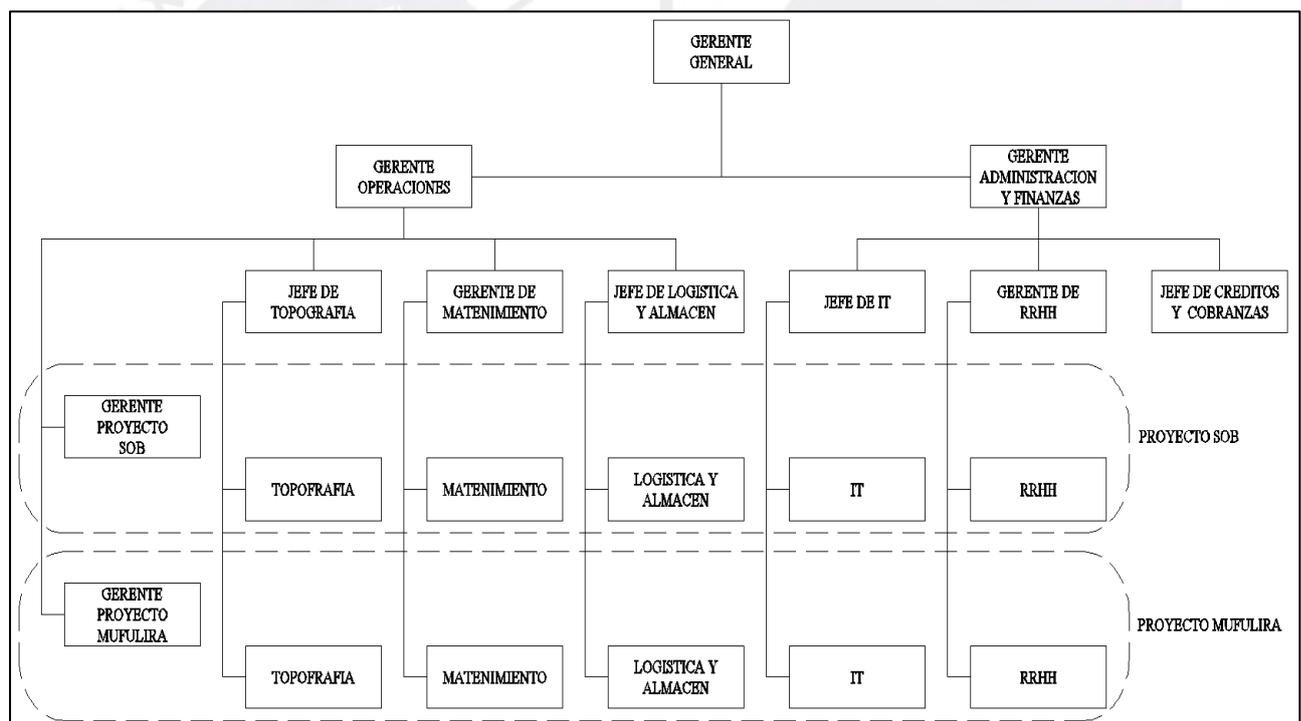


Figura 31. Organigrama matricial de ABC.

Al realizar la frugalización de los procesos de ABC, vemos que la operación de desarrollo de túneles tiene cinco pasos repetitivos, que corresponden al ciclo de minado y se muestran en la Figura 32. Nótese que al ser un proceso repetitivo las funciones de (a) logística de insumos y repuestos, (b) mantenimiento de equipos, (c) los recursos humanos asociados, y (d) la seguridad industrial adquiere una importancia mayor en su papel de soporte. Por ser una organización funcional, en ABC no hay un responsable de proceso, el responsable de todos los procesos es el gerente de proyecto. Se sugiere asignar un responsable de cada proceso.

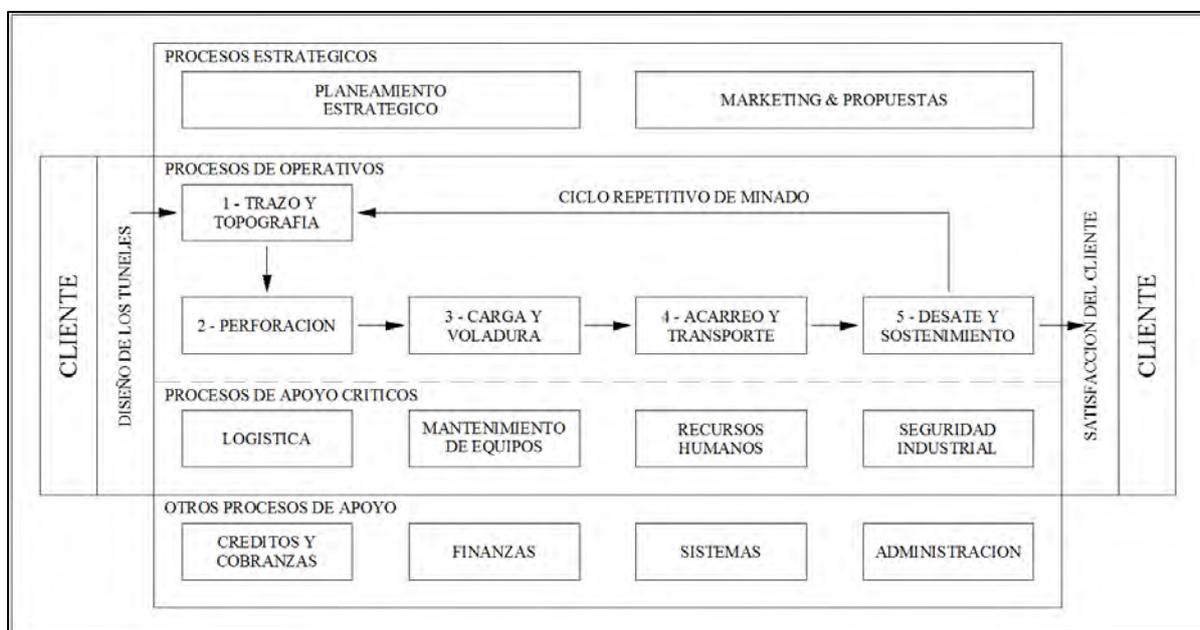


Figura 32. Mapa de procesos de ABC

5.2. Diagrama de Actividades de los Procesos Operativos (DAP)

Los Diagramas de Actividades de Proceso (DAP) son una herramienta útil para optimizar los procesos, pues identifican cinco tipos de actividades diferentes, se cuantifican las demoras y los transportes, y permiten rediseñar el proceso para minimizar tiempos perdidos y trabajos contributarios que no generan valor. En las Figuras 33, 34, 35, 36 y 37 se exponen simultáneamente los DAP para los diferentes procesos operativos:

AAC Mining Executors Limited					
<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual		<input type="checkbox"/> Método Propuesto		Fecha: __/__/__	
Descripción de la operación: TRAZO Y TOPOGRAFIA					
Paso	Detalle de la actividad	Referencia	Operación	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Verificar información del cliente	Archivo DXF		5	0
2	Instalar estación total	En la sección y desarrollada		5	0
3	Definir coordenadas y alineamiento	Punto de control dado por el cliente		5	0
4	Marcar puntos en el frente	Patrón de perforación		40	0
5	Retirar estación total	Dejar libre el área para la perforación		5	0
6					

Figura 33. DAP trazo y topografía - ABC.

<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual		<input type="checkbox"/> Método Propuesto		Fecha: __/__/__	
Descripción de la operación: PERFORACION GALERIA 4 x 4					
Paso	Detalle de la actividad	Referencia	Operación	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Traer el Jumbo al frente jalando su cable	Cable pesado para transporte manual		10	100
2	Colocar jumbo en posición para perforación	Perpendicular al frente		10	0
3	Jalar manguera hasta el área del frente	Al mismo tiempo que actividades previas, manual		0	100
4	Conectar cable y manguera al jumbo	Manual, efectuado por asistente del operador		5	0
5	Perforar	Patrón marcado en el frente		165	0
6	Verificación de longitud perforada	Control de calidad		15	0
7	Perforar	Repaso de ser necesario		20	0
8	Desconectar el cable y manguera del Jumbo	Manual, efectuado por asistente del operador		5	0
9	Remover el Jumbo y cable	Para permitir la voladura		10	100
10	Remover la manguera	Al mismo tiempo que actividades previas, manual		0	100

Figura 34. DAP perforación - ABC

<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual <input type="checkbox"/> Método Propuesto		Fecha: __/__/__			
Descripción de la operación: CARGA & VOLADURA GALERIA 4 X 4					
Paso	Detalle de la actividad	Referencia	Operación	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Limpiar agujeros	Aire comprimido suministrado por el cliente		30	0
2	Traer los explosivos al frente, incluye cables	Sumistrados por el cliente, se recogen en el magazine y se trasladan mientras se limpian los agujeros en el frente.		0	300
3	Cargar explosivos en agujeros	Siguiendo una secuencia establecida por el cliente.		90	0
4	Instalación de cables	En todos los agujeros y extendidos hasta ubicación segura determinada por el cliente		30	300 - 500
5	Esperar al siguiente horario establecido de voladura	Cliente tiene un horario fijo de voladura, periodo varia de acuerdo a cuando se termina la carga		XX	0
6	Instalar cables a tablero electrónico digishot	Conectar todos los cables		15	0
7	Procedimientos de seguridad previo a voladura	Sirena + espera + sirena + espera + sirena		18	0
8	Voladura	Activación manual, secuencia automatizada cargada ya en el tablero digishot		5	0
9	Ventilación y reingreso	Periodo de espera establecido por el cliente		60	0

Figura 35. DAP carga y voladura – ABC

<input checked="" type="checkbox"/> Metodo Actual <input type="checkbox"/> Metodo Propuesto		Fecha: __/__/__			
Descripción de la operación: ACARREO & TRANSPORTE GALERIA 4 X 4					
Paso	Detalle de la actividad	Referencia	Operacion	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Mobilizar el cargador frontal y el camion minero al frente	Equipo se encuentra en el taller de la empresa en interior mina		22	500
2	Cargar el desmonte en el camion de mina	Actividad realizada por el cargador frontal minero, cuatro cucharadas		10	0 - 250
3	Remover el desmonte hasta punto designado por el cliente	Actividad realizada por el camion minero		24	250
4	Esperar a que el camion regrese	Cargador frontal		0	0
5	Cargar el desmonte en el camion de mina	Actividad realizada por el cargador frontal minero, cuatro cucharadas		10	0
6	Remover el desmonte hasta punto designado por el cliente	Actividad realizada por el camion minero		24	250
7	Esperar a que el camion regrese	Cargador frontal		0	0
8	Cargar el desmonte en el camion de mina	Actividad realizada por el cargador frontal minero, cuatro cucharadas		10	0
9	Remover el desmonte hasta punto designado por el cliente	Actividad realizada por el camion minero		24	250
10	Esperar a que el camion regrese	Cargador frontal		0	0
11	Cargar el desmonte en el camion de mina	Actividad realizada por el cargador frontal minero, cuatro cucharadas		10	0
12	Remover el desmonte hasta punto designado por el cliente	Actividad realizada por el camion minero		24	250
13	Demobilizar el camion de mina y el cargador frontal minero	Hacia el taller de la empresa en interior mina		22	500

Figura 36. DAP acarreo y transporte - ABC

<input checked="" type="checkbox"/> Metodo Actual <input type="checkbox"/> Metodo Propuesto		Fecha: __/__/__			
Descripción de la operación: DESTADO Y SOSTENIMIENTO GALERIA 4 X 4					
Paso	Detalle de la actividad	Referencia	Operación	Tiempo (min)	Distancia (m)
1	Inspección visual del techo y paredes.	Procedimiento de seguridad	○ → <input checked="" type="checkbox"/> D ▽	5	0
2	Desatado de rocas sueltas	Hecho con Jumbo	● → <input type="checkbox"/> D ▽	20	3
3	Inspección visual del techo y paredes.	Procedimiento de seguridad	○ → <input checked="" type="checkbox"/> D ▽	5	0
4	Sostenimiento temporal	Usando puntales de acero			
5	Marcado de puntos de perforación	Hecho por el topógrafo de acuerdo al diseño del cliente.	● → <input type="checkbox"/> D ▽	10	0
6	Perforación de agujeros	Para colocar pernos de sostenimiento	● → <input type="checkbox"/> D ▽	50	0
7	Instalación de malla de sostenimiento	Anclada por pernos de sostenimiento	● → <input type="checkbox"/> D ▽	30	0
8			○ → <input type="checkbox"/> D ▽		

Figura 37. DAP desatado y sostenimiento – ABC

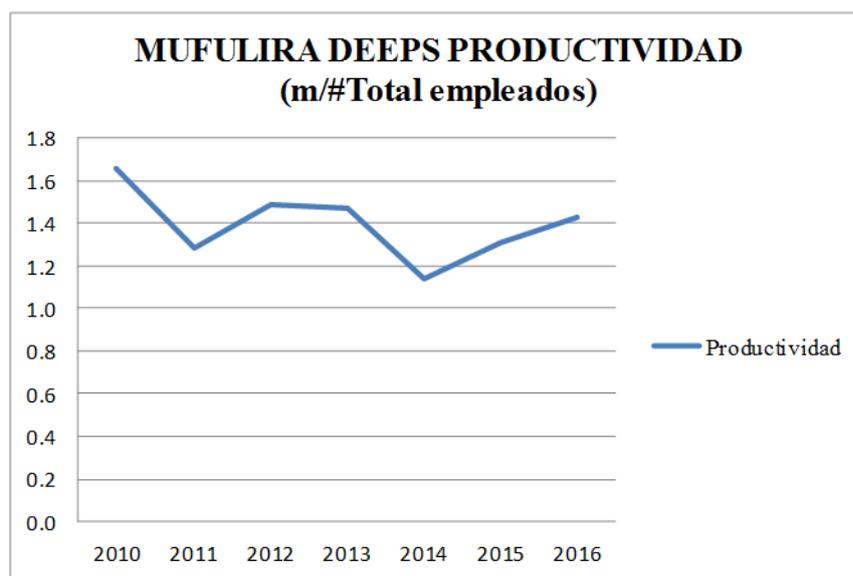
5.3. Herramientas para Mejorar los Procesos

Si bien la relación contractual con el cliente es un proyecto, las actividades del ciclo de minado son repetitivas y por lo tanto inflexibles. Asimismo, son complejas por la cantidad de materiales, equipos y mano de obra necesarios. En este tipo de escenario las actividades críticas son: (a) el balance de la línea, (b) el mantenimiento, y (c) planificación del suministro de materiales. Se empleará herramientas gráficas para analizar la información histórica levantada por la empresa en los frentes que actualmente opera (SOB & Mufulira Deeps).

5.3.1. Relaciones ingreso / costo mensual.

Los factores críticos para la producción son: (a) ingreso - los metros de túnel por mes, (b) costo - el recurso humano, y (c) costo - los equipos de perforación. Por lo que se relaciona estos factores para tomar métricas de productividad mensual. El recurso humano es crítico para la operación de ABC, por lo que una manera de medir su productividad es relacionar la cantidad de metros desarrollados versus la cantidad de empleados necesarios para esa realizar esa cantidad de trabajo. En la Figura 38 se muestra la productividad promedio mensual de los RR.HH. para el proyecto Mufulira Deeps en los últimos siete años, puede verse una cierta dispersión de la productividad, la cual se debe a muchos factores externos e internos a ABC,

los cuales analizaremos más adelante. Para el proyecto Mufulira Deeps, la producción en metros se incrementó de 129 m en el 2010 a 263 m en el 2016, un incremento de 103%, pero en el mismo periodo la cantidad de empleados se incrementó en 139% con lo cual la productividad de este proyecto cayó de 1.7 en 2010 a 1.4 en 2016; pero se observa una tendencia a la recuperación.

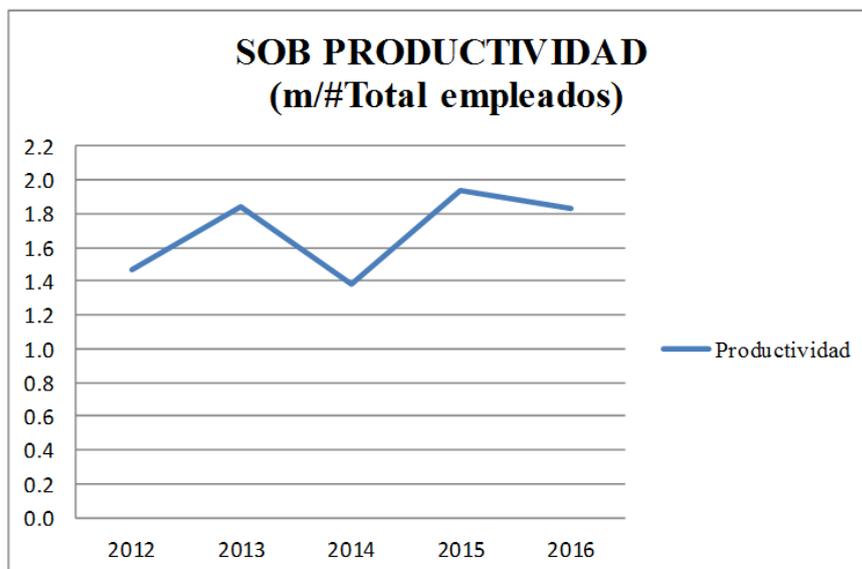


	AÑO						
Promedio Mensual Empleados	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Operaciones (#)	55	65	76	129	184	130	126
Mantenimiento (#)	23	26	21	24	40	44	40
Administración (#)	0	0	13	15	16	17	17
Total de empleados (#)	78	91	110	168	240	191	184

	AÑO						
Avance (m)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total anual	646	1,406	1,963	2,955	3,287	2,994	2,892
Meses trabajados (#)	5	12	12	12	12	12	11
Avance promedio mensual (m)	129	117	164	246	274	250	263

Indice de Productividad (m/ # Total de empleados)	1.7	1.3	1.5	1.5	1.1	1.3	1.4
Variación %	0%	-22%	-11%	-11%	-31%	-21%	-14%

Figura 38. Productividad promedio mensual de ABC en el proyecto Mufulira. Adaptado de ABC, 2017.



Promedio Mensual Empleados	AÑO				
	2012	2013	2014	2015	2016
Operaciones (#)	45	56	114	98	88
Mantenimiento (#)	13	11	26	26	26
Administracion (#)	11	8	9	9	8
Total de empleados (#)	68	75	149	133	123

Avance (m)	AÑO				
	2012	2013	2014	2015	2016
Total anual	1,201	1,656	2,457	3,088	2,018
Meses trabajados (#)	12	12	12	12	11
Avance promedio mensual (m)	100	138	205	257	224

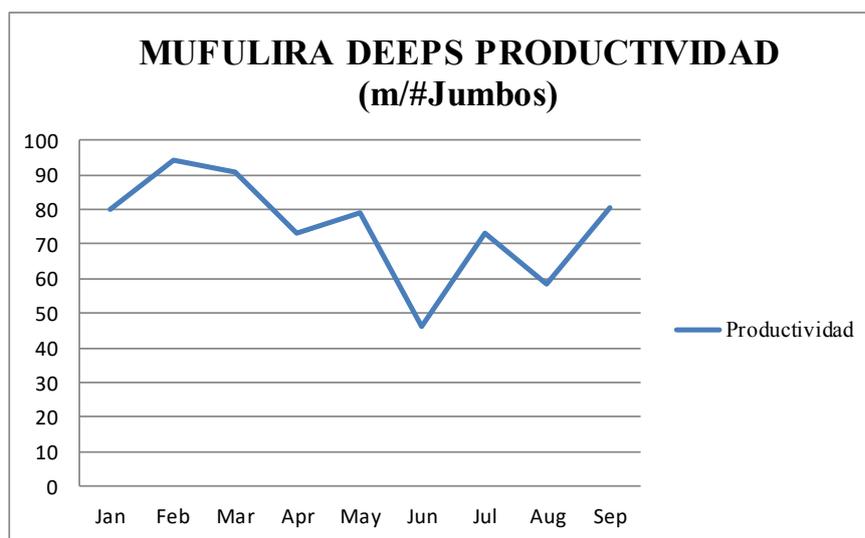
Indice de Productividad (m/ # Total de empleados)	2012	2013	2014	2015	2016
	1.5	1.8	1.4	1.9	1.8
Variacion %	0%	26%	-6%	32%	25%

Figura 39. Productividad promedio mensual de ABC en el proyecto SOB. Adaptado de ABC files, 2017.

En la Figura 39 se muestra la productividad promedio mensual para el proyecto SOB, la producción en metros se incrementó de 100 m en el 2012 a 224 m en el 2016, un incremento de 124%, pero la cantidad de empleados se incrementó en ese mismo periodo en 80%; como resultado la productividad tuvo un incremento de 1.5 a 1.8 en cuatro años, observándose una tendencia a la baja entre el 2015 y el 2016.

En el ciclo de minado, la actividad más crítica es la perforación, y esta actividad se relaciona directamente con la cantidad de jumbos disponibles para la operación, por lo que

otro indicador crítico para medir la productividad es relacionar los metros avanzados con el número de jumbos disponibles en esa operación. En la Figura 40 y Figura 41 se muestra el indicador metros de avance por número de jumbos para Mufulira Deeps y SOB respectivamente.

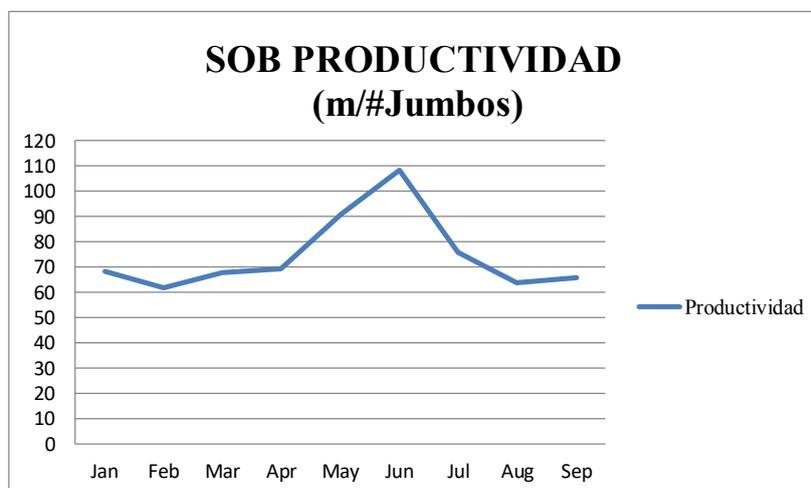


MUFULIRA DEEP	2016									
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	
# Jumbos	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
Advance (m)	240	284	272	220	316	185	293	235	322	
Indice de Productividad (m/#Jumbos)	80	95	91	73	79	46	73	59	80	

Figura 40. Índice de productividad mensual en la operación Mufulira. Tomado de ABC files, 2017

Ambos proyectos muestran indicadores similares. En el presente, Mufulira se encuentra en 80 m por jumbo mes y SOB en 65 m por jumbo mes. Se observa bastante dispersión en los datos, siendo el máximo histórico en SOB 110 m por jumbo mes y el mínimo en Mufulira con 46 m por jumbo mes. No obstante, la diferencia entre los 80 m por jumbo mes del Proyecto Mufulira y los 65 m por jumbo mes del Proyecto SOB se debe a que las actividades del ciclo de minado son repetitivas, bastante inflexibles y complejas por la cantidad de factores y condiciones externos e internos a ABC que pueden tener un efecto

positivo o negativo en la productividad. En la sección 5.4 se ha analizado y propuesto medidas de control para limitar el efecto negativo de estos factores.



SOB	2016									
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	
# Jumbos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Advance (m)	206	186	204	208	273	325	228	191	197	
Indice de Productividad (m/#Jumbos)	69	62	68	69	91	108	76	64	66	

Figura 41. Índice de productividad mensual en la operación SOB. Tomado de ABC files, 2017

5.3.2. Factores internos de ABC.

Coexisten factores internos y externos que afectan el tiempo disponible para trabajar en interior mina. Entre los factores internos se presentan: (a) el mantenimiento correctivo, afecta la operación mecanizada; (b) la logística de materiales y repuestos impactan negativamente la producción; y (c) la disponibilidad de recursos humanos debido a factores culturales y las barreras de entrada propias del negocio minero.

5.3.3. Análisis del Mantenimiento.

La minería es una actividad mecanizada y repetitiva; por tanto, el éxito de la operación minera depende en gran medida de la disposición de maquinaria, por lo cual factores como utilización y disponibilidad de equipos son parte fundamental de la gerencia de minas moderna. En la Figura 42 se muestra la reserva y la utilización de la flota de ABC en el

proyecto Mufulira. A primera vista, se observa que no hay problemas; es decir, la disponibilidad es alta en comparación con la utilización. Por tanto, se puede concluir que hay suficientes equipos (demasiado para una utilización tan baja). Sin embargo, al analizar los tiempos de mantenimiento de los equipos detectamos problemas. En la Figura 43 se muestran los tiempos empleados en mantenimiento, demoras, trabajo, y sin uso por mes como porcentaje del tiempo total del mes para cada equipo de interior mina de ABC en Mufulira.

En general, el tiempo de manteniendo es 11.6% el cual es marginalmente superior al objetivo de 10% en este tipo de negocio, pero resalta que el tiempo en mantenimiento correctivo (9.4%) es mucho mayor al mantenimiento preventivo (2.2%), cuando lo recomendado es tener una relación mantenimiento correctivo entre preventivo de 20 a 80. En algunos casos el tiempo de mantenimiento total por mes es mayor al tiempo de trabajo. De las Figura 42 y Figura 43 se puede concluir que ABC mantiene considerables paralizaciones en el ciclo de minado. Así, se ha analizado los Jumbos que son los más críticos para la operación,

1. J003 trabajó 8.7 % y estuvo en mantenimiento 15.5% del tiempo,
2. J016 trabajó 7.4% y estuvo en mantenimiento 14.8% del tiempo,
3. J021 trabajo 15.4% y estuvo en mantenimiento 9.5% del tiempo, y
4. J018 trabajo 9.6% y estuvo en mantenimiento 9.5% del tiempo.

Se puede concluir que ABC tiene equipos antiguos y que necesitan mucho tiempo de mantenimiento por lo tanto tienen un costo de operación y mantenimiento superior al mercado. La relación entre Mantenimiento Preventivo (MP) y Mantenimiento Correctivo (MC) actualmente es 18% MP y 82% MC. Se estima que estos valores deberían ser aproximadamente 70 a 80% MP y 30 a 20% MC. Por otro lado, el tiempo de “no uso” es muy alto (62.6% en promedio), se podría reducir, pero al parecer la política de “movilización

excesiva” de recursos se encuentra relacionada hacia la prevención de demoras, debido a la baja confiabilidad de los equipos actuales.

5.3.4. Relaciones producción real versus producción teórica.

Se han comparado los valores teóricos de producción con los reales para encontrar la eficiencia del proceso. Se simularon condiciones similares entre la producción teórica y la producción real. En la Tabla 13, se muestran los valores de producción teóricos bajo los siguientes supuestos: (a) los tiempos promedio teóricos en horas del Ciclo Operativo – (ver Tabla 8 del capítulo IV), (b) se emplean dos jumbos y cuadrillas completas, (c) se desarrollan túneles de sección 4x4 y 5x5, y (d) se asumen 24% son túneles de sección 5x5 y 76% de los túneles son 4x4. En teoría esta cuadrilla debería producir 220 m por mes. Analizando los datos del avance diario de minado en el mes de setiembre del 2016 para el proyecto SOB, se puede ver que con dos cuadrillas trabajando en tres diferentes niveles y en 21 frentes de trabajo, de los cuales 16 eran 4x4 y cinco eran 5x5 (76% y 24% respectivamente) en total se logró 169 m de avance, se emplearon 68 disparos, por lo que el avance promedio es 2.49 m por disparo. En base a estos valores, se elaboró la Figura 44 donde se muestran dos indicadores críticos de productividad: los metros por disparo y los metros por día para el proyecto SOB.

Tabla 13.

Avance Teórico Para el Proyecto SOB

Cuadrilla	Túnel (ancho x alto)	Días disp x mes (días)	Ciclo de Minado (horas)	Numero de Ciclos x mes (und)	Avance @2.7m x ciclo (m)
A	4 x 4	19	14.0	32.6	87.9
A	5 x 5	6	17.5	8.2	22.2
B	4 x 4	19	14.0	32.6	87.9
B	5 x 5	6	17.5	8.2	22.2
Total (Teórico)					220.3

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

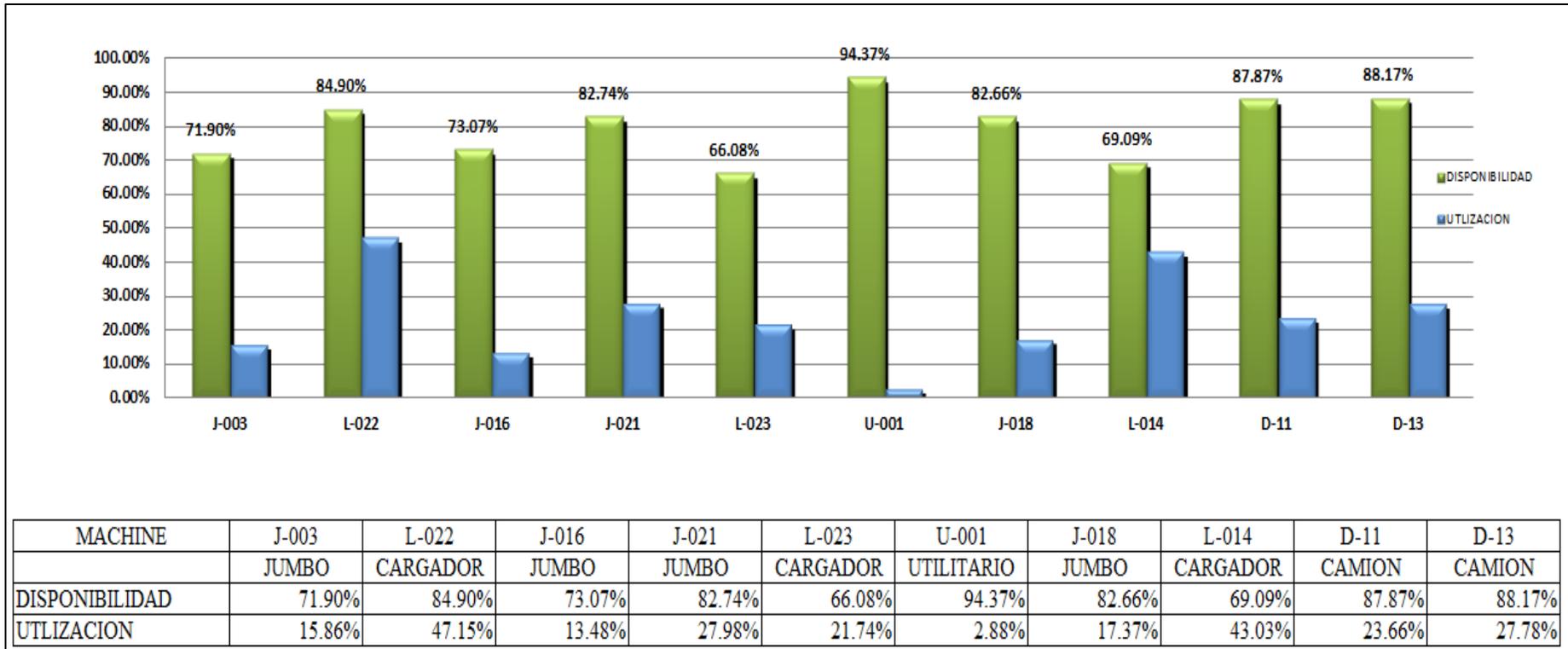


Figura 42. Disponibilidad y utilización de la flota de ABC en el proyecto Mufulira
Tomado de ABC files, 2017

CODIGO DE EQUIPO	MANTENIMIENTO			DEMORAS			TRABAJO	SIN USO	TOTAL DEL MES
	PROGRAMADO	CORRECTIVO	TOTAL	INTERNAS	EXTERNAS	TOTAL			
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
J-003	1.7	13.8	15.5	4.7	8.3	12.9	8.7	62.9	100.0
J-016	2.5	12.3	14.8	13.3	10.0	23.3	7.4	54.5	100.0
J-021	2.9	6.6	9.5	3.1	8.8	11.9	15.4	63.2	100.0
J-018	2.7	6.9	9.5	7.5	11.2	18.6	9.6	62.3	100.0
L-022	2.0	4.6	6.6	1.7	4.1	5.8	25.9	61.7	100.0
L-023	0.8	17.8	18.7	1.7	1.3	2.9	12.0	66.5	100.0
L-014	2.5	14.5	17.0	0.0	2.6	2.6	23.7	56.7	100.0
D-13	2.8	3.7	6.5	0.0	8.4	8.4	15.3	69.8	100.0
D-11	2.3	4.3	6.7	5.0	9.6	14.6	13.0	65.7	100.0
TOTAL	2.2	9.4	11.6	4.1	7.1	11.2	14.5	62.6	100.0

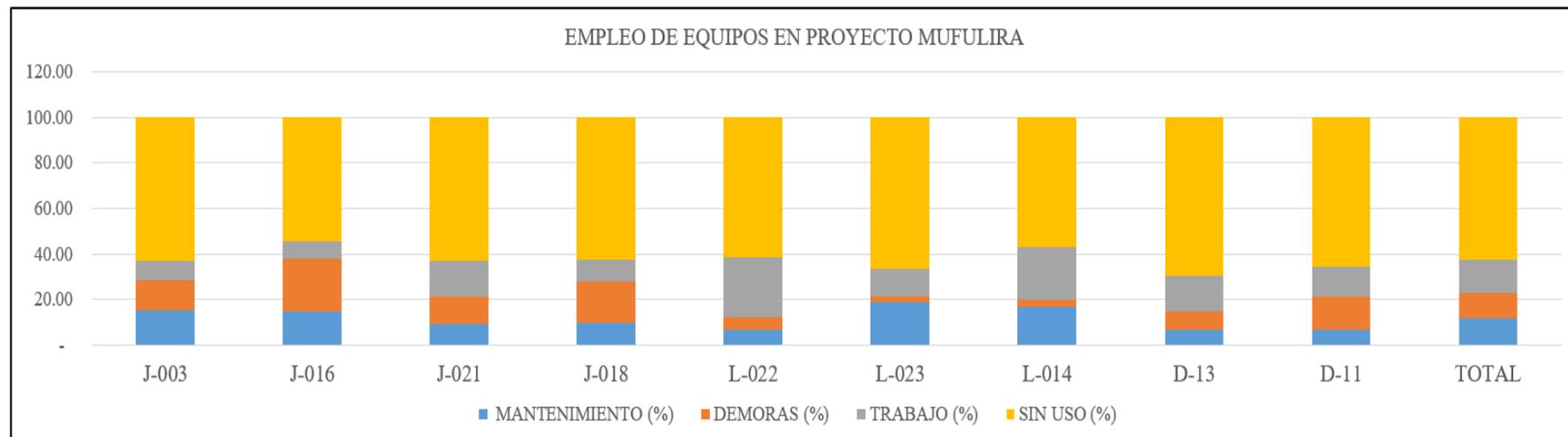


Figura 43. Análisis de tiempo de la flota de ABC en el proyecto Mufulira
Adaptado de ABC files, 2017

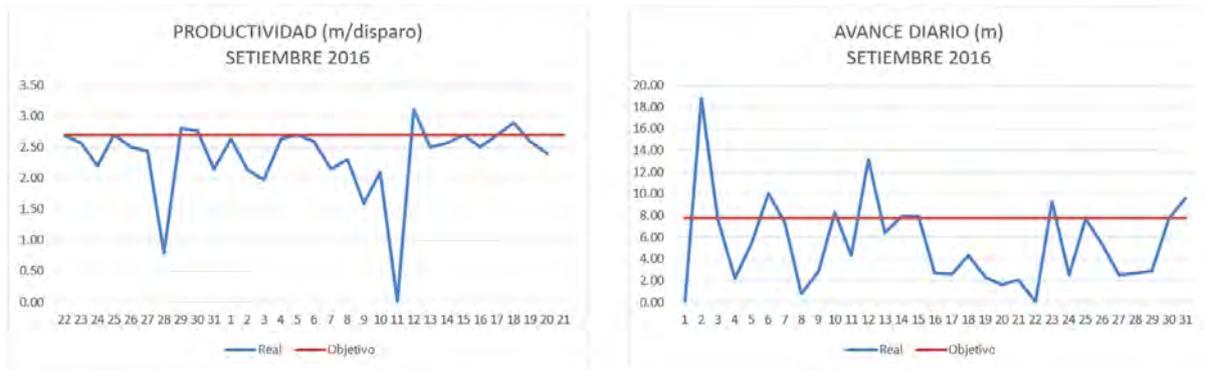


Figura 44. Indicadores de metros por disparo y metros por día para el proyecto SOB. Adaptado de ABC files, 2017.

Al comparar los 169 m reales versus los 220 m teóricos, obtenemos una eficiencia del proceso de 76.8%, lo cual nos indica que tenemos pérdidas por identificar y oportunidades de mejora en el proceso. La primera pérdida y la más obvia es que el avance teórico considera un túnel continuo por cuadrilla, o dos frentes de trabajo, mientras que en la realidad hay 21 frentes, lo que implica pérdidas de tiempo en mover los equipos y personal de un frente a otro. Con respecto al indicador de metros por disparo, se puede ver que normalmente es inferior al objetivo de 2.7 metros, el promedio del mes es 2.35 m por disparo por lo que sería necesario realizar una de investigación cualitativa para determinar los factores que afectan este indicador y tomar medidas administrativas para promover la producción y superar el objetivo de 2.7 m. Con respecto al indicador metros por día, se ve que en algunas ocasiones se supera el objetivo de 7.8 m, normalmente esto ocurre cuando el día anterior la producción fue baja, pero en el promedio mensual de este indicador es 5.5 m por lo que el objetivo para cumplir con la meta del cliente no se efectúa.

5.4. Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos

Después de analizar las gráficas de control para diversos indicadores y en particular la eficiencia del proceso 76.8% al comparar el avance real al avance teórico, vemos que hay dos tipos de factores: (a) externos a ABC, que se deben al cliente; y (b) internos de ABC, que son responsabilidad y dependen de ABC.

5.4.1. Factores externos a ABC.

Los siguientes factores externos que influyen negativamente en el ciclo de minado dependen en gran medida al cliente y otros contratistas que para fines legales son parte del cliente:

1. Transporte de equipo y personal entre niveles y frentes de trabajo, causa pérdidas de tiempo, pero también da flexibilidad al proceso.
2. Si los niveles están conectados por rampas, esto permite sinergia de equipos.
3. El número de contratistas trabajando en cada nivel, un número mayor de contratistas emplean más recursos y congestionan las vías de acceso para suministro de materiales y repuestos, así como la limpieza de los frentes.
4. Servicios no disponibles (agua, energía, aire comprimido, ventilación), causa la paralización de las actividades.
5. Insumos proporcionados por el cliente (soporte, explosivos y combustibles) no disponibles, causa la paralización de las actividades.
6. Demoras en la disponibilidad del pique de acceso (*shaft*) para la entrada y salida del personal, causa paralización de actividades de los siguientes turnos.
7. Vías de transporte no disponibles, causa la paralización del acarreo y transporte.
8. Puntos de acopio de desmote llenos o no disponibles, causa la paralización del acarreo y transporte.

5.4.2. Factores internos de ABC.

Los siguientes factores internos que influyen negativamente en el ciclo de minado dependen de ABC. Se ha incluido un análisis causal

Disponibilidad de personal. Este factor tiene como sub causales:

1. Elevada tasa de ausentismo debido a razones como: (a) enfermedad, y (b) factores culturales.

2. Alta rotación de personal debido a razones como: (a) poca lealtad a la empresa, (b) alta demanda en el mercado, y (c) reducida población de operarios calificados y certificados.

Disponibilidad de equipos. Este factor tiene como sub causales:

1. Alto mantenimiento correctivo versus preventivo debido a factores como: (a) equipos con antigüedad mayor a ocho años; y (b) repuestos de alta y baja rotación generaran demoras por la logística de los mismos.
2. Sub-utilización de equipo en el terreno, hay tres jumbos con utilización menor al 20%, esto genera sobrecostos que ABC incurre para garantizar la disponibilidad de los equipos.

Sobreconsumo de aceros de perforación. Según Sandvik (el proveedor de ABC) con dos brocas se debería perforar los taladros de un frente completo; Sandvik ha realizado pruebas en el terreno con operadores extranjeros y con equipos de ABC para demostrarlo. Actualmente, los operadores de ABC toman hasta cinco brocas para completar la perforación de un frente. Según ABC, el costo de los aceros de perforación es hasta el 10% del costo total

Avance de ciclo de minado inferior al planificado. Actualmente, el avance es 2.40m en promedio (<2.7 m objetivo), se debe a factores como:

1. Perforación de los taladros deficiente, debido a: (a) menor longitud de perforación (< tres metros), (b) dirección inadecuada, deben ser paralelos al eje del túnel, y (c) cambio de guardia durante la perforación.
2. Carga y voladura deficiente, debido a: (a) sopleteo de los taladros deficiente, esto genera que los explosivos no penetren en el taladro; y (b) variaciones en la calidad de la roca.

5.5. Propuesta de Mejora

5.5.1 Transporte de equipo.

En general, es difícil negociar con el cliente una tarifa “por cambio de frente”. Las siguientes razones sustentan dicha dificultad: (a) competencia, normalmente hay dos empresas dando servicios en el mismo nivel, (b) rentabilidad, la asignación de nuevos frentes de trabajo son la base de las ventas, y no puede ser “castigada”. Sin embargo, se propone incluir una eficiencia de 70% en el costeo de procesos cuando se cotizan nuevos proyectos para tomar en cuenta las pérdidas de tiempo entre el proceso teórico y el real.

5.5.2 Impacto de demoras externas.

Negociar con el cliente para limitar el impacto de las demoras externas, como: (a) servicios no disponibles (agua, energía, aire comprimido, ventilación), y (b) insumos proporcionados por el cliente no disponibles (soporte, explosivos y combustibles), en la productividad y los costos de la empresa, debido a que es un tema sensible que afecta a ambas partes de la relación comercial. Se sugiere incluir en los costos de ABC un periodo de gracia de cinco días por mes (ciclo de facturación), luego de los cuales se aplicarían penalidades por tiempo perdido (*standing time*) a una tarifa de costo más 20% de utilidad. En la Tabla 14 se muestra el cálculo de las tarifas de penalidades. Esta medida no tiene un impacto actual en las utilidades, pues las demoras externas son inferiores a tres días (<10% del tiempo), y están dentro del periodo de gracia, pero es un seguro que limita estas pérdidas y en la actualidad no es contractual.

5.5.3 Disponibilidad de personal.

Se ha propuesto la aplicación de las siguientes medidas:

1. Aplicar el concepto de banco de suplentes, elaborar un banco de datos para posiciones críticas (operarios, personal con permisos legales), identificar posibles futuros empleados vía proceso de selección, y hacer seguimiento a su estado

actual periódicamente, de tal forma que permita a ABC tener personal calificado y legalmente autorizado para operar equipos en interior mina disponible.

2. Incrementar el salario añadiendo una parte variable, donde incluyan bonos de asistencia y de producción. Se propone un 5% de bono por tener asistencia perfecta durante el periodo solo para operarios y personal con permisos legales.

Tabla 14.

Cálculo de Penalidades por Tiempo Perdido

Concepto	unidad	Monto
Costos incurridos x 5 cuadrillas		
Costo de Mano de obra	USD	260,000
Otros costos en superficies	USD	16,000
Costo de equipos	USD	100,000
Otros costos en superficies	USD	17,000
Sub total	USD	393,000
20% utilidad	USD	78,600
Total x 5 cuadrillas	USD	471,600
Total x 1 cuadrilla	USD	94,320
Tarifas x cuadrilla		
Tarifa por mes	USD/mes	94,320
Tarifa por dia	USD/dia	3,144
Tarifa por hora	USD/hora	131

5.5.4 Disponibilidad de equipos.

Adicionalmente a la renovación de equipos tratada en el capítulo anterior, se propone implementar buenas prácticas de mantenimiento, incrementar el mantenimiento preventivo de 18% al 70% y reducir el mantenimiento correctivo de 82% al 30%. Se estima que el costo de mantenimiento será menor, y adicionalmente se reducirá el impacto de tiempo perdido en mantenimiento y demoras internas de ABC. En la Tabla 15 se muestra la estimación del impacto económico para el primer y segundo año de operaciones.

5.6. Conclusiones

ABC tiene un conocimiento importante basado en su experiencia en la industria minera, pero el proceso de minado es bastante inflexible y presenta una eficiencia de 76.8%

al comparar el proceso real con el teórico. Se recomiendan las siguientes oportunidades de mejora:

1. Transporte de equipo, tomar una eficiencia de 70% en el costeo de nuevos proyectos para cubrir los costos de transporte entre diferentes frentes.

Tabla 15.

Cálculo de Ahorros por Implementar Políticas de Mantenimiento Correctivo

Concepto	unidad	Mensual	Anual
Gastos de mantenimiento - Actual - 18% MP y 82% MC			
Repuestos	USD	74,306	891,672
Mantenimiento de componentes	USD	5,807	69,684
Llantas y camaras	USD	15,543	186,516
Mangueras y otros	USD	1,025	12,300
Total	USD	96,681	1,160,172
Gastos de mantenimiento - 70% MP y 30% MC			
Repuestos	USD	59,445	713,340
Mantenimiento de componentes	USD	4,646	55,752
Llantas y camaras	USD	15,543	186,516
Mangueras y otros	USD	1,025	12,300
Total	USD	80,659	967,908
Ahorro en gastos directos	USD	16,022	192,264
Efecto de demoras de tiempo			
Demora internas de ABC	%	4.1	4.1
En mantenimiento a ser reducido	%	1.6	1.6
Total	%	5.7	5.7
Horas por mes	horas	720	8640
Tiempo adicional de producción	horas	41.04	492.48
Tiempo adicional de producción	días	1.71	20.52
Contribución a Ganancia Bruta	USD	2,118	25,416
Total ahorro		18,140	217,680

2. Impacto de demoras externas, negociar con la mina las demoras, limitar a cinco días el periodo de gracia e introducir penalidades de 131 USD/h por cuadrilla.
3. Disponibilidad de personal, dos medidas: (a) implementar el concepto de banca de suplentes para posiciones claves (operarios y personal con permisos legales), y

- (b) introducir 5% de bono de asistencia para operarios y personal con permisos legales.
4. Disponibilidad de equipos, implementar una política de mantenimiento que consista en tener un 70% de Mantenimiento Preventivo y un 30% de mantenimiento correctivo, se estima que esta medida generará ahorros de 257,488 USD/año. La compra de nuevos equipos para reponer las unidades obsoletas es inminente.



Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de la Planta

Los servicios que ABC proporciona se desarrollan en las instalaciones de sus clientes. Las empresas contratistas como ABC no tiene injerencia en: (a) el diseño y la distribución de los túneles mineros o (b) la distribución de las instalaciones de soporte para la operación de los contratistas. Adicionalmente la distribución de los túneles varía de acuerdo a cada mina y nivel donde se desarrollan los servicios. Debido a lo anterior se ha revisado y analizado la distribución de la planta para un proyecto específico con el fin de detectar oportunidades de mejora que, sin modificar la distribución existente, permitan optimizar el rendimiento de ABC.

6.1. Distribución de Planta

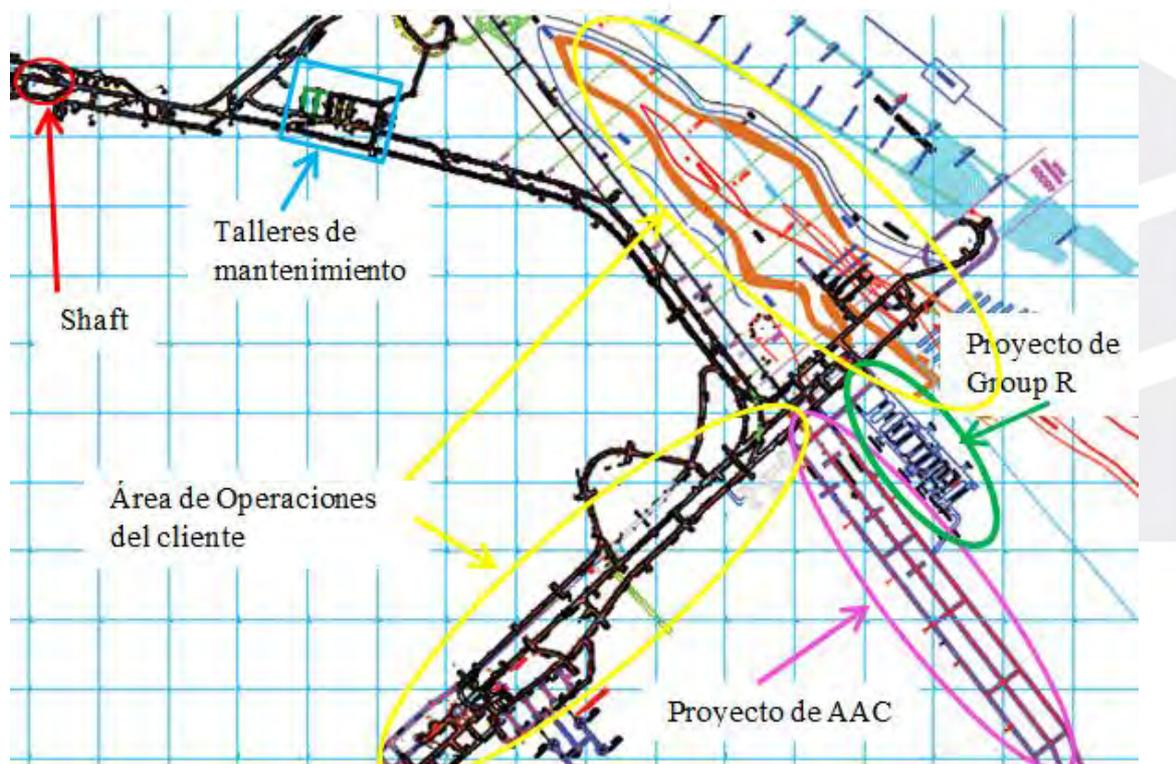


Figura 45. Distribución en planta del nivel 3360 en el proyecto SOB. Tomado de ABC files, 2017

ABC trabaja en tres niveles en la mina SOB. En la Figura 45 se observa una vista en planta del Nivel 3360, donde ABC se encuentra desarrollando un proyecto de galerías de 4x4. El único acceso a este nivel es vía pique (*shaft*), donde se encuentran los elevadores o jaulas

empleadas para el transporte de personal, materiales y equipos. Al ser el único medio para acceder a los niveles de producción, el elevador posee un horario estricto determinado por el cliente. En la Tabla 16 se detalla el horario establecido para el pique en la mina SOB. ABC debe ajustarse a este horario, si el personal no llega dentro del horario asignado, no ingresa y pierde el turno. El transporte de materiales, repuestos y equipos deben planificarse en coordinación con el cliente y está sujeto a las prioridades del cliente. La distancia promedio del *Shaft* al área del proyecto de ABC es de 1.60 km. El mantenimiento de equipos de todas las contratas y el cliente se realizan en los talleres de mantenimiento en interior mina; en esa misma zona ABC tiene asignada un área de 4x5 m², que emplea como almacén y oficina de soporte para sus operaciones en este nivel. La distancia promedio del taller a la zona del Proyecto de ABC es 1.10 km. Las galerías de acceso principal son compartidas con el cliente que se dedica a la extracción de cobre y otra empresa, Group R, dedicada al desarrollo de otro proyecto.

Tabla 16. *Horario de Uso del Pique en la Mina SOB*

Horario de Uso del Pique en la Mina SOB

Inicio	Fin	Actividad
5:00	7:00	Cambio de turno de personal (ingreso turno día y salida turno noche)
7:00	9:00	Revisión mecánica del pique (requerimiento legal)
9:00	17:00	Transporte de materiales y equipos
17:00	19:00	Cambio de turno de personal (salida turno día e ingreso turno noche)

Nota. Tomado de ABC files, 2017

El proyecto de ABC en este nivel consiste en desarrollar tres galerías principales de 4x4 m², cada una de 600 m de longitud. Además, se deben desarrollar galerías transversales para unir las galerías principales. La longitud total que debe desarrollar es de 2,000 m. Adicionalmente en cada mina el cliente contractualmente proporciona: (a) un área en superficie cerca al pique que funciona como oficina para el control de personal y como almacén temporal, (b) vestidores para que el personal de ABC se cambie de ropa y se asee luego de terminar su jornada laboral, (c) comedor de mina para el personal de ABC.

6.2. Análisis de la Distribución de Planta

Tomando en cuenta la distribución de la planta en esta mina y para este nivel tenemos que para trasladarse diariamente el personal de ABC emplea el tiempo de acuerdo con lo detallado en la Tabla 17. Los tiempos mostrados en esta figura son tiempos promedios en condiciones ideales.

Tabla 17.

ABC Nivel 3360, Duración Promedio de Actividades Contributivas

Tipo	Actividades	Distancia (m)	Tiempo (min)
Inicio	Cambio de ropa en el vestidor	NA	15
Inicio	Ingreso a las instalaciones del shaft	NA	15
Inicio	Espera del elevador	NA	15
Inicio	Descenso en el elevador desde superficie a nivel de trabajo	1120	10
Inicio	Traslado horizontal desde el shaft a la zona de proyecto	1600	20
Inicio	Charla diaria de seguridad minera	NA	10
	Almuerzo	NA	30
Salida	Traslado de zona del proyecto al shaft (pendiente negativa)	1600	30
Salida	Espera del elevador y cambio de guardia	NA	25
Salida	Ascenso en el elevador desde nivel de trabajo hasta superficie	1120	10
Salida	Salir de las instalaciones de shaft	NA	10
Salida	Aseo y cambio de ropa en vestidor	NA	30
Tiempo Total			220

Se puede apreciar que diariamente el 30.5% de las 12 horas que dura la jornada laboral se emplea en actividades que contribuyen/soportan a la operación de ABC. Un porcentaje considerable que puede incrementarse cuando por motivos externos a ABC la mina experimenta problemas (por ejemplo, problemas mecánicos en el pique). El tiempo promedio empleado para ir de la zona del proyecto al taller de mantenimiento es 40 minutos. Para minimizar tiempos de traslados de equipos estos se mantienen dentro de la zona del proyecto. Cuando los equipos no están participando del ciclo de minado son estacionados en zonas seguras que en promedio están a 100 m del frente de operación. Solo retornan al área

de taller de mantenimiento cuando es necesario llenar combustible y/o cuando tienen que hacer mantenimiento a los mismos. El tiempo promedio para recargar combustible es de 90 minutos (ida=40 min + recarga=diez min + vuelta=40 min).

En este proyecto los tres frentes son galerías paralelas con una distancia entre ellas de 40m. Por lo que, en este caso, el tiempo para compartir recursos entre los frentes no representa un costo adicional al estimado en la tarifa que se cobra por este servicio, pero por la misma razón la secuencia de desarrollo debe planificarse de manera de no obstruir el avance en alguno de los frentes. Para la actividad de acarreo y transporte de desmonte de mina, la distancia al echadero de desmonte varía de 150m a 650m, en promedio esta es de 400m. Esta distancia promedio excede la distancia contractual que es de 250m. Cuando la distancia de transporte excede la distancia contractual existen dos opciones: a) ABC transporta la distancia excedente, pero el cliente paga por dicho transporte una tarifa adicional, b) el cliente asigna sus equipos para transportar el material en la distancia excedente. La primera opción requiere que ABC asigne recursos que deberían estar dedicados a su operación para cubrir esta tarea adicional o que traiga recursos adicionales. En la práctica, la primera opción es la más empleada por que el cliente no tiene equipos para destinar a esta actividad.

6.3. Propuesta de Mejora

Como puede apreciarse la distribución de la mina y los horarios de acceso a la misma son inflexibles y ABC debe adaptar su operación a lo establecido por el cliente. Pero dentro de todo lo expuesto es posible considerar las siguientes propuestas de mejora:

1. La inflexibilidad del horario para el acceso de personal hace que sea necesario que el personal crítico de ABC se presente a trabajar sin demoras o faltas. Con la finalidad de garantizar esto ABC ya tiene establecido un sistema de rotación que le permite tener en siempre descansando una cuadrilla completa y cuando es

necesario llama a trabajar a los operadores de jumbo o cargadores frontales. Pero a pesar de esta medida establecida el ausentismo sigue afectando la producción. Tal como se mencionó en el capítulo V, Introducir bonos por asistencia perfecta de 5% del salario bruto para posiciones críticas es una medida administrativa efectiva para minimizar la ocurrencia de este problema.

2. El tiempo que se pierde para que un equipo recargue combustible es mínimo 90 minutos, por lo que para equipos críticos sería conveniente eliminar la necesidad de ir hasta el taller de mantenimiento a recargar combustible. Para esto se podría introducir el uso de un tráiler de diésel que sea remolcado por alguno de los equipos no críticos dentro de tiempos que no estén ocupados en la operación. En la Figura 46 se aprecia un tráiler modelo de tráiler de diésel comúnmente usado en interior mina.



Figura 46. Tráiler de diésel típico de interior mina. Recuperado de <http://www.arwald.co.za/tankers-and-trailers/>

Los cálculos hechos para determinar la viabilidad de esta propuesta se detallan en las Tablas 18, 19, 20, 21 y 22. El ahorro mensual que se obtiene es del orden de diez veces el costo mensual de la inversión. Por ello, en la Tabla 22 se puede apreciar que el impacto de esta mejora genera un ahorro de 28,300 USD/año.

Tabla 18.

Cálculo Mensual del Costo de un Tráiler Diésel Versus Ahorro en el Nivel 3360

Equipo	Volumen Parcial (litros)		Cantidad Equipos (und)		Volumen Total (litros)
Jumbo	60	x	2	=	120
Cargador	284	x	1	=	284
Total					404

Tabla 19

Inversión

Periodo de recuperación	12.00 meses
Costo de inversión	2,000.00 USD
Capacidad sugerida	1,000.00 litros

Tabla 20.

Costo Directo

Descripción	Monto
Costo mensual de inversión	166.67 USD/mes
Costo de mantenimiento (30% inversión)	50.00 USD/mes
Costo de operación	- USD/mes
Costo mensual total	216.67 USD/mes

Para el cálculo de la Tabla 21 se consideró: (a) los equipos llenan combustible cada dos días, demoran 1.5 horas en este proceso y viajan dos km; y (b) asumamos que el camión que está diseñado para grandes distancias lleva el tráiler de combustible. Para el cálculo de la Tabla 22 se consideró que no se producirá en los tiempos que las máquinas están recargando combustible pues esta actividad normalmente se realiza en los periodos de no empleo. Sin embargo, el jumbo podría perforar otros frentes disponibles. Se asumirá que el 50% del tiempo ganado se dedicará a perforación

Tabla 21.

Ahorro de Combustible

	Potencia	Consumo	Tiempo	Densidad	Cantidad
Jumbo	52 kW	150 kg/kWh	1.5 h	833 kg/m ³	14.06 litros
Cargador	186 kW	150 kg/kWh	1.5 h	833 kg/m ³	50.3 litros
Total					64.36 litros
Ahorro	15 viajes x 64.36 litros x 1.18 USD/litro				965.44 USD/mes

Tabla 22.

Ahorro por Costo de Oportunidad

Descripción	Monto
Tiempo ganado	15 viajes x 1.5 horas
Tiempo productivo	50% tiempo ganado
Tiempo productivo	0.46875 días
Ahorro - un disparo por día @ 2.7 m de avance x 1100 USD/m	1,392.19 USD/mes
Total Ahorro costo de oportunidad y combustible	2,357.63 USD/mes
Total Ahorro costo de oportunidad y combustible	28,300.00 USD/año

6.4. Conclusiones

Considerando lo inflexible de la distribución de la planta y el horario de transporte del pique, las estrategias de ABC para maximizar su operación son:

1. Asegurar que sus recursos estarán disponibles para trabajar en el tiempo que tiene disponible para producir. Estas propuestas de mejora pueden extrapolarse a otros proyectos con condiciones similares. Para otros que no lo sean será necesario hacer un análisis como el presentado en este capítulo.
2. Introducir un tráiler de diésel de 1000litros genera ahorros por 28,300.00 USD/año en reducir tiempos de espera y tránsito de máquina hasta los talleres.

Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo

En este capítulo se han descrito el planeamiento y el diseño del trabajo, de acuerdo con la naturaleza de las actividades ejecutadas para la realización de las operaciones mineras, de acuerdo con la tecnología empleada actualmente y el personal técnico calificado empleado.

7.1. Planeamiento del Trabajo

La planeación del trabajo en ABC cuenta con dos componentes, está el trabajo en la gestión administrativa en áreas tales como mantenimiento, logística, ingeniería, recursos humanos, tecnologías de la información, seguridad, entre otras; por otro lado, se encuentra la gestión de los proyectos mineros el cual cubre las actividades de exploración y trabajos directos realizados en las minas.

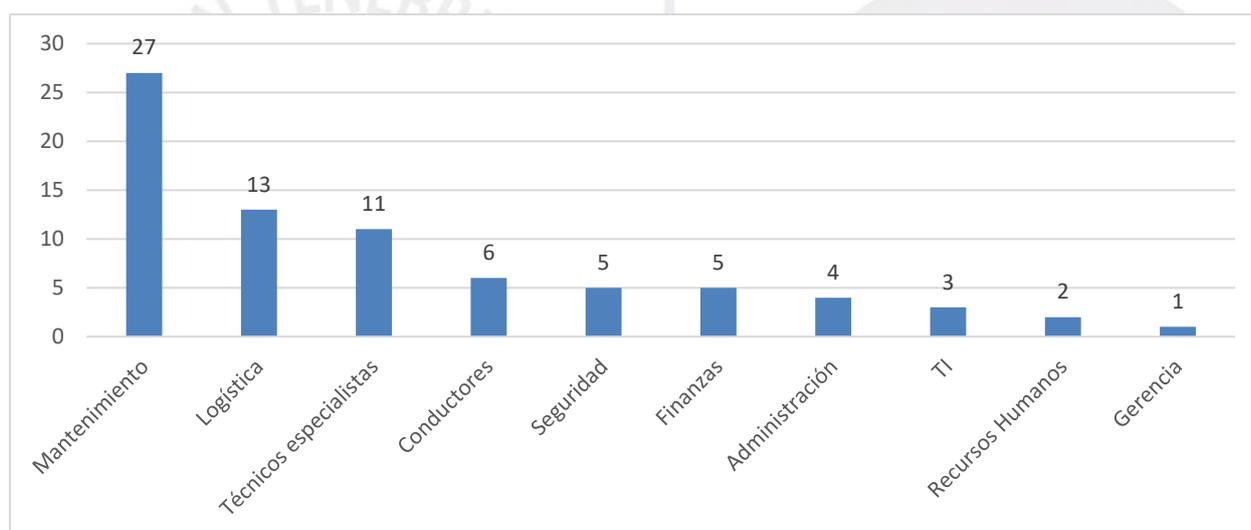


Figura 47. Cantidad de personal administrativo por área en ABC. Adaptado de ABC files, 2017.

En la gestión administrativa cuenta con un total de 77 personas repartidas en diez áreas como podemos observar en la Figura 47. En las áreas especializadas tales como mantenimiento y la de técnicos especializados se encuentran el 51.9% del total de la planilla, esto se debe a que dichos procesos son de vital importancia ya que como se observa en la Figura 48 se cuenta con 60 equipos entre volquetes, máquinas retroexcavadoras, jumbos y montacargas, distribuidos en: (a) dos proyectos en ejecución actualmente, (b) un proyecto que

está en paralizado temporalmente, y (c) el taller central de maestranza de la empresa. Este estas sub-áreas puede realizarse el planeamiento de actividades únicamente a corto y mediano plazo, ya que, si bien realizan actividades programadas tales como los mantenimientos preventivos y revisiones previas, el servicio de mantenimiento correctivo en los dos proyectos son eventos cubiertos según la demanda.

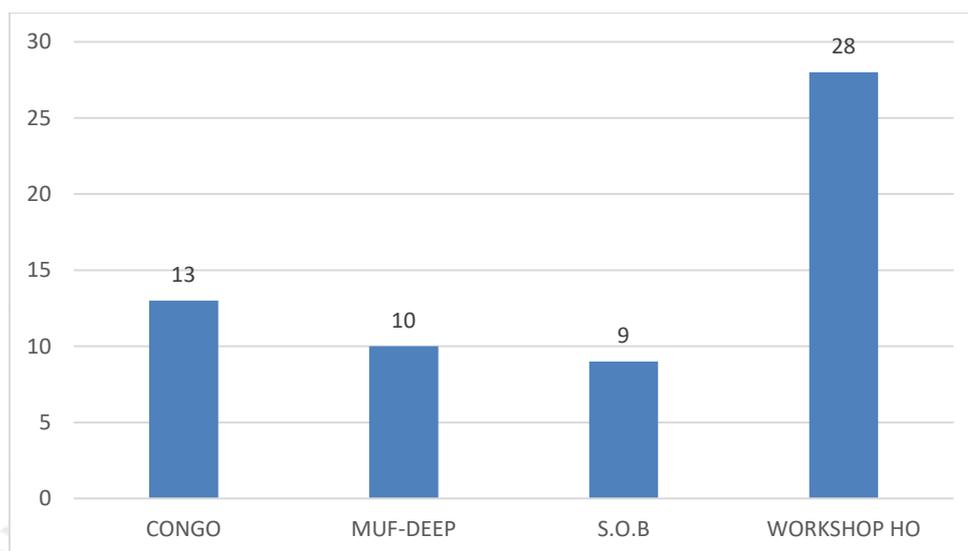


Figura 48. Cantidad de equipos existentes por ubicación en ABC. Adaptado de ABC files, 2017.

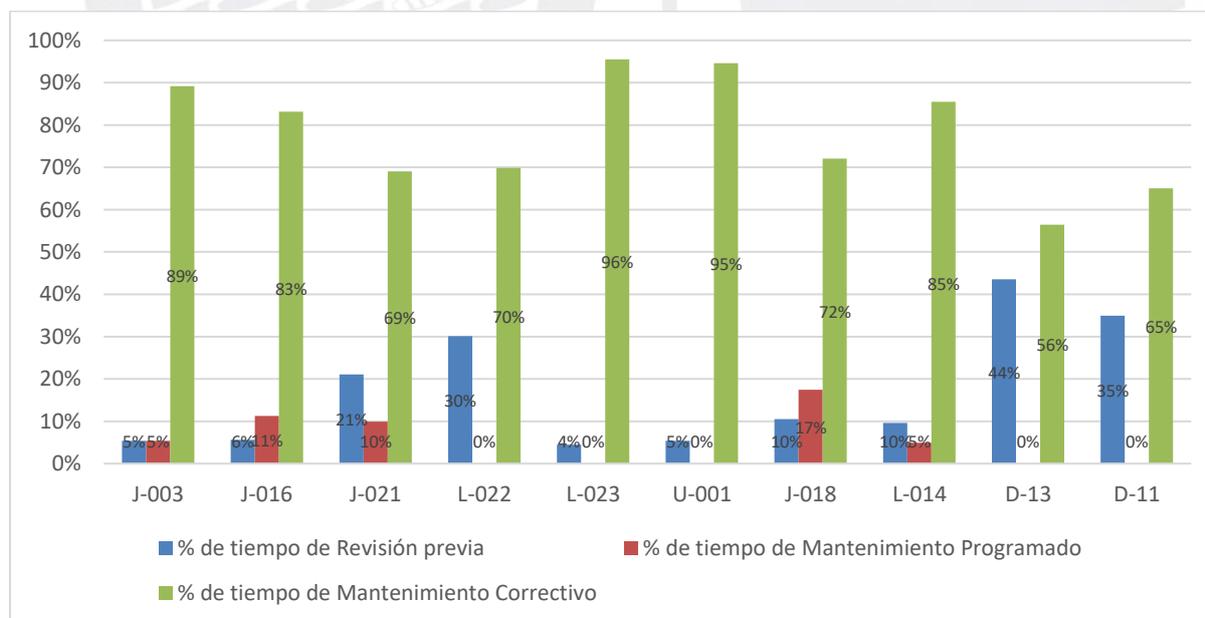


Figura 49. División del tiempo de mantenimiento para el proyecto Mufulira. Adaptado de ABC files, 2017.

Como podemos observar en la Figura 49 del total del tiempo de mantenimiento mensual más de un 50 % es mantenimiento correctivo, incluso existen equipos cuyo mantenimiento correctivo llega a más de un 85%. Por otro lado, las actividades realizadas en cada uno de los proyectos mineros en los que actualmente no se evidencia la aplicación de un estudio de métodos y tiempos, ya que no cuenta con tiempos estándares de las actividades de la empresa bajo el supuesto que la operación al no ser estable les impide manejar tiempos y actividades estándar. La ABC emplea los siguientes reportes para medir el desempeño del trabajo en cada una de las minas donde desarrolla un proyecto:

1. *Daily Attendance*, reporte de asistencia del personal por turno (ver Apéndice A).
2. *Advance contractors*, debido a la extensión del proyecto la mina suele emplear a más de un proveedor para los proyectos minero, por lo cual se genera un reporte sobre el avance de cada uno de estos proveedores.
3. *Operations Report*, donde se recopila de forma diaria por tipos de equipo y por turno la cantidad de equipos, la cantidad de horas tanto disponibles, en mantenimiento o fuera de servicio en cada uno de los proyectos (ver Apéndice B).
4. *Advance report*, recopila la cantidad de metros lineales de avance del proyecto a diario.
5. *Operators report*, recopila de forma diaria el avance por operador de explosivos y el avance en metros lineales obtenido en cada una de las detonaciones. (ver Apéndice C).
6. *Hours Delays Quotation*, reporte donde se indica los eventos que generan cortes en las actividades (ver Apéndice D).
7. *Productivity Report*, donde se acumula con frecuencia mensual de forma consolidada la información de los recursos empleados, tanto maquinaria como

mano de obra directa e indirecta, el avance del trabajo en metros líneas y las horas maquina empleadas por proyecto (ver Apéndice E).

8. *Performance -Advance*, reporte donde se constatan las horas laboradas y la bitácora de trabajo (ver Apéndice F).

7.2. Diseño del Trabajo

La empresa posee 327 empleados. Obsérvese la Figura 50 están distribuidos de la siguiente forma: 22.9% como personal administrativo, 29.1% destacados en la mina Mufulira y el 48.0% en la mina SOB. En el caso de los puestos de trabajo administrativos cuenta con un perfil específico descrito en el manual de organización y funciones (MOF), donde se indican las competencias requeridas: grado de estudios, experiencia y habilidades. Para el personal que se encuentra a cargo de la maquinaria pesada en los proyectos mineros, el personal operativo técnico cuentan con certificaciones específicas según el equipo que tengan a cargo como se muestra en la Tabla 23.

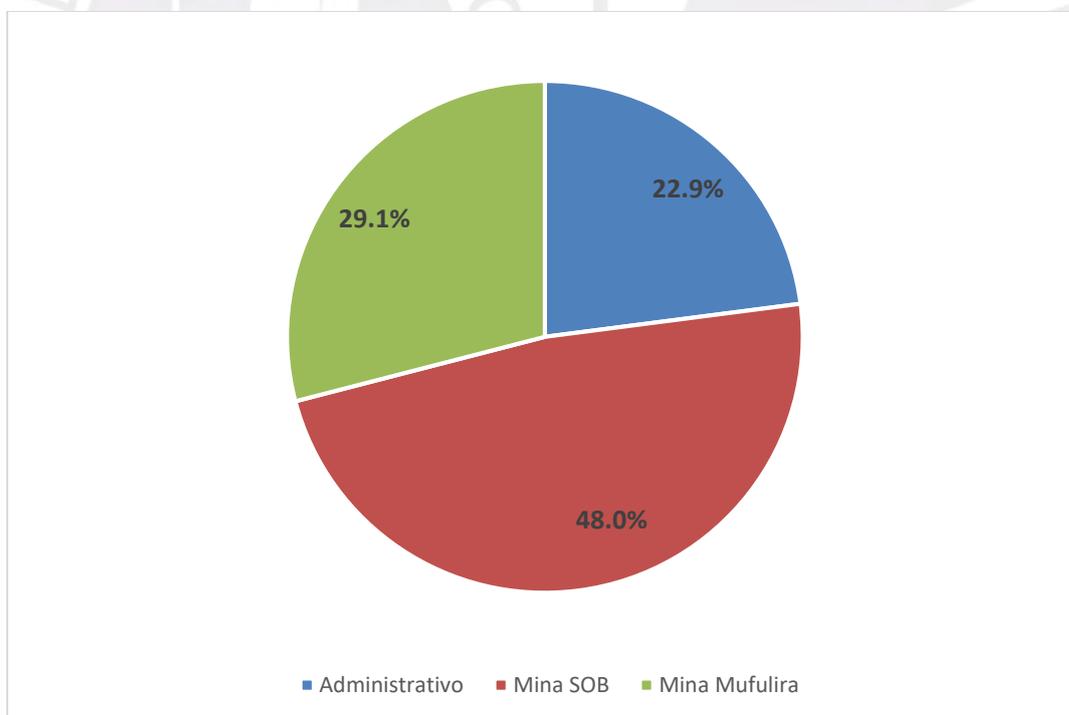


Figura 50. Distribución de personal en ABC

Tabla 23.

Personal Operativo Técnico Certificado en los Proyectos Mineros

Posición	Mina	Cantidad
Operador de jumbo	SOB	8
Operador de cargador de mina	SOB	6
Operador de camión de mina	SOB	7
Operador de UV	SOB	4
Operador de jumbo	Mufulira	13
Operador de cargador de mina	Mufulira	11
Operador de camión de mina	Mufulira	6
Operador de Land Cruiser	Mufulira	3
Operador de Caddy	Mufulira	2
Total		60

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

7.3. Propuesta de Mejora

A partir de la información proveniente del reporte "Performance -Advance", se procedió a realizar el análisis de la información proveniente de la bitácora de las actividades diarias realizadas en la mina durante un periodo de 22 días aproximadamente, en los dos turnos disponibles. A partir de dicha información se elaboraron gráficos de Pareto para poder identificar aquellas actividades que pueden ser mejoradas. En la Figura 51 se muestra como principales rubros la ejecución de actividades con un 21% y el de cambio de turno con el 20%. Los rubros en que vamos a centrar la mejora son los tiempos acumulados por fallas técnicas y la espera de los repuestos. En la Tabla 24 y en la Tabla 25 tenemos la cantidad de horas que los equipos no se encuentran en funcionamiento, por familias de equipos y también el promedio diario de horas en las que los equipos están detenidos, por ambas causas. Teniendo en cuenta los tiempos en ambos casos planteamos como mejora la implementación del enriquecimiento del puesto de trabajo con actividades de mantenimiento autónomo. Las dos claves fundamentales para desarrollar un programa eficaz de mantenimiento autónomo son la profundidad y la continuidad (Japan Institute of Plant Maintenance, 1992).

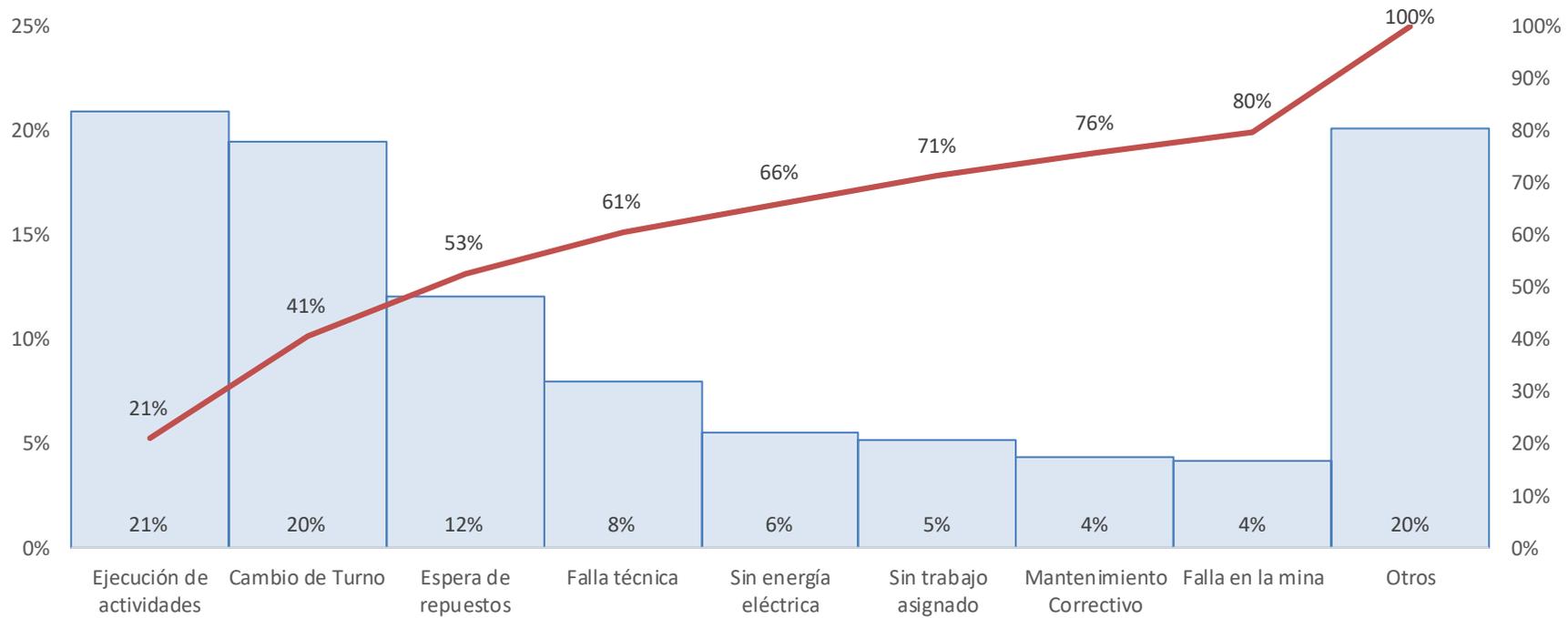


Figura 51. Gráfico de Pareto – Actividades realizadas por equipos en la mina Mufulira. Adaptado de ABC files, 2017.



Tabla 24.

Cantidad De Horas Sin Actividad Y Promedio Diario Por Fallas Técnicas

Equipo	Horas si actividades (horas)	Promedio diario de horas sin actividad (horas)
Camión de interior mina	77.50	5.50
Jumbo	193.50	8.40
Cargador de interior mina	64.50	5.00
Caddy	24.00	12.00
Total	359.50	

Nota. Adaptado de ABC files, 2017.

Tabla 25.

Cantidad De Horas Sin Actividad Y Promedio Diario Por Falta de Repuestos

Equipo	Horas si actividades (horas)	Promedio diario de horas sin actividad (horas)
Camión de interior mina	153.50	9.60
Cargador de interior mina	353.00	23.50
Total	506.50	

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

Tomando como base los lineamientos indicados en el TPM, consideramos que es posible aplicar las siguientes mejoras:

1. *Check list* diarios de revisión, este seguimiento está basado en el concepto de ir incrementando el conocimiento del operario obre el equipo que maneja a diario de tal forma que a medida que realice a diario esta actividad le permitirá tener tal conocimiento sobre el equipo que puede dar señales tempranas de alerta y así prevenir fallas de mayor envergadura. El modelo del formato debe contemplar puntos importantes como el estado de pernos y tuercas, lubricación, sistemas de transmisión, sistema hidráulico, sistema neumático y sistema eléctrico (Anexo F).
2. Capacitación en base a los hallazgos del *Check list*, de tal forma que en base a las observaciones se va a ir entrenando a través del tiempo a los operarios para que de esta forma sean capaces de poder identificar una situación que amerite una rápida acción y de tal forma la solución sea realizada lo antes posible.

3. Lecciones de punto único, es una herramienta que permite a los operarios reconocer anomalías usando hojas especialmente diagramadas de la forma más sencilla posible donde se ilustra solo el correcto funcionamiento de un punto específico (ver Anexo G).
4. Señalar anomalías, empleando tarjetas de colores, donde las blancas o verdes señalan fallas que pueden ser manejadas por los operarios y otras de color rojo donde la falla debe ser tratada por el equipo de mantenimiento. En todas ellas es necesario indicar el hallazgo, quien lo encontró y la naturaleza del problema.

La implementación de estas mejoras se puede cuantificar teniendo en cuenta lo presentado en la Tabla 26, donde las cuatro nuevas actividades a incorporar en el método de trabajo estarían alrededor de 4.6 horas diarias, en la actualidad la legislación del país como se indica en el capítulo VI exige dos horas diarias de actividades revisión de equipos, por lo cual las 2.6 horas adicionales deben ser obtenidas de los excedentes de tiempo existentes por fallas técnicas y la espera de los repuestos. Si logramos con estas modificaciones reducir en un 30% el tiempo empleado en fallas técnicas y la espera de los repuestos, tendríamos un resultado como el presentado en la Figura 53, donde se observa una mejora del 7% del tiempo de forma global. Extrapolando dicho resultado en la Tabla 27 tenemos las variaciones entre la situación actual llegando a obtener mejoras importantes en promedio de más de media hora en cada uno de los equipos.

Tabla 26.

Cantidad de Horas Necesarias Inicialmente Para Implementar las Mejoras

Actividades	Disponible	Adicional	Subtotal
Tiempo que demora realizar el check list	2.0	1.0	3.0
Capacitación en base a los hallazgos	0.0	1.0	1.0
Lecciones de punto único	0.0	0.5	0.5
Señalización de anomalías	0.0	0.1	0.1
Total			4.6

Tabla 27.

Cuadro Comparativo De La Mejora En Horas Por Turno y Equipo

Equipo	Ejecución de actividades actual (hora)	Ejecución de actividades mejorado (hora)	% de mejora
Camión de interior mina	5.98	6.50	8.80
Jumbo	4.08	5.26	29.00
Cargador de interior mina	5.89	8.73	48.40

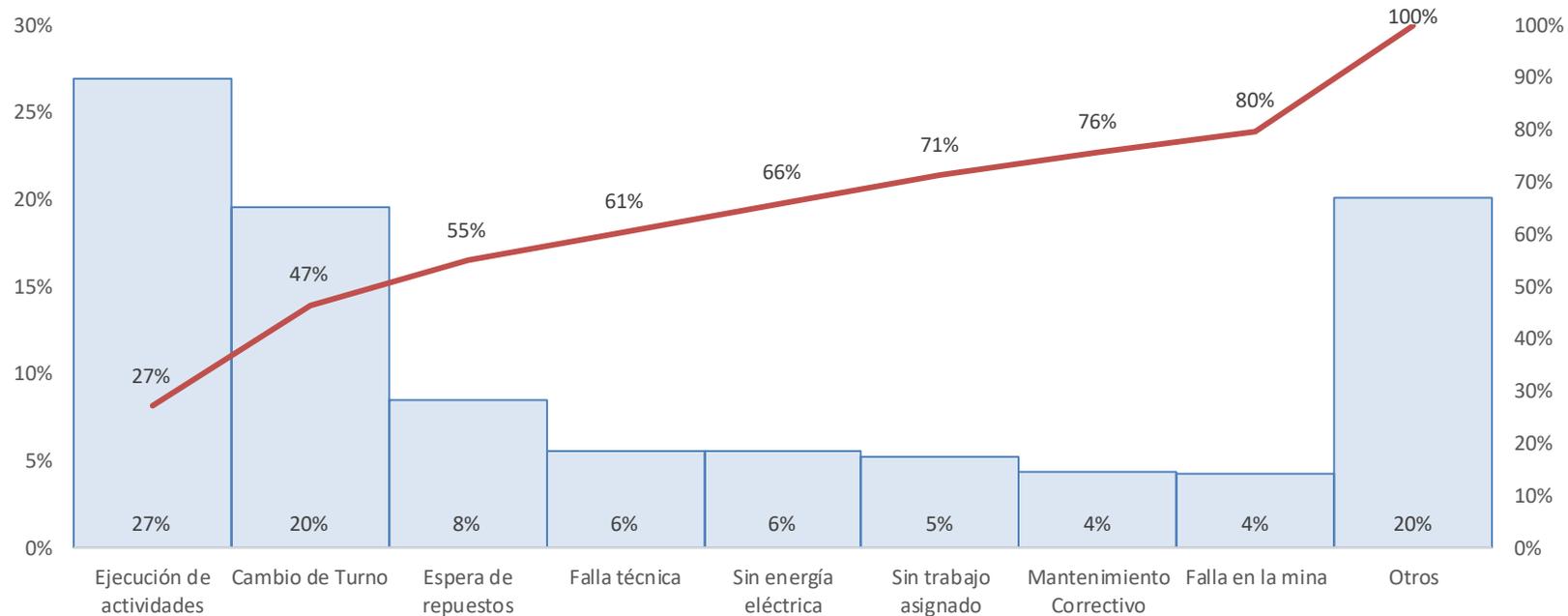
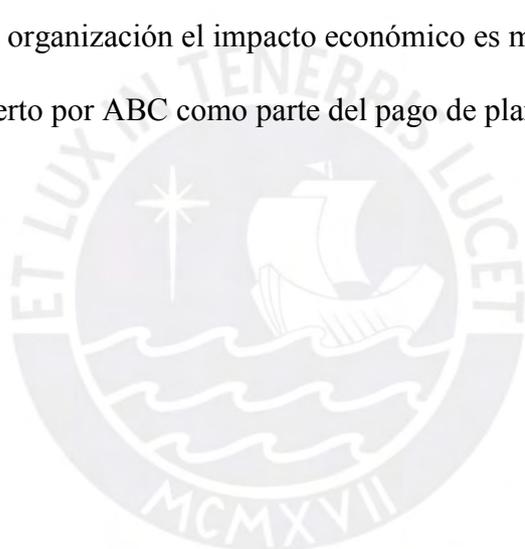


Figura 52. Gráfico de Pareto – Actividades mejoradas por equipos en la mina Mufulira Modificado de ABC files, 2017.

7.4. Conclusiones

La empresa debido al alto grado de especialización en los puestos de trabajo ha buscado contar con personal profesional experimentado, logrando de esta forma uno de los mejores desempeños comparado con los demás proveedores de servicios mineros. Un punto importante que debería ser explotado para contar con información adecuada para mejorar es la toma de tiempos, ya que la metodología actual para recopilar dicha información no permite un análisis cuantitativo y detallado. El hecho de emplear herramientas de TPM nos permitiría emplear de mejor manera el tiempo dentro del turno de trabajo, llegando a mejoras globales del 7% que se traducen en incrementos que van desde media hora hasta dos horas con 50 minutos. La parte más importante de esta mejora es que al emplear recursos existentes dentro de la organización el impacto económico es marginal, ya que el tiempo empleado ya es cubierto por ABC como parte del pago de planilla.



Capítulo VIII: Planeamiento Agregado

8.1. Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado

ABC no emplea un planeamiento agregado manejado por el área de operaciones debido a factores propios de este negocio. El servicio brindado nace en base a una relación contractual con sus clientes y este servicio no es de corto plazo, pues movilizar a un contratista minero podría tomar entre tres a seis meses debido a las barreras de entrada del negocio. Las barreras de entrada son: (a) personal altamente entrenado y calificado, el proceso para cumplir los requisitos legales y de entrenamiento de la mina, podrían tomar de uno a tres meses; (b) costo de equipos y maquinaria de desarrollo minero es muy alto (>500k USD por equipo), y (c) los tiempos de entrega de equipos podrían superar los cuatro meses dependiendo de los proveedores. Según D'Alessio (2004) se definen tres tipos de estrategias empresariales para realizar el planeamiento agregado: (a) conservadora, (b) moderada, y (c) agresiva. ABC se encuentra aplicando una estrategia moderada, ya que se mantiene la fuerza laboral estable con el objetivo de mantener la calidad y ser capaces de responder a la demanda de sus clientes.

8.2. Análisis del Planeamiento Agregado

En el Capítulo I se revisó la caída del precio del cobre y como este proceso afecto el mercado de desarrollo de túneles para minería, ABC tuvo una reducción de la cantidad de proyectos, de seis en el año 2011 a solo dos en el año 2016, y por ende una reducción de sus ingresos, así que adopto una política empresarial de “supervivencia”, tratando de minimizar su costo operativo al mínimo para tener utilidades a pesar de tener costos fijos altos (oficina central y taller de mantenimiento central). La política empresarial de supervivencia es transitoria, pues los fundamentos del mercado: (a) inventarios disponibles, (b) demanda en países emergentes, y (c) el valor del dólar, indican que el precio del cobre seguirá recuperando su precio paulatinamente en los siguientes años. ABC estima que la demanda del

mercado de desarrollo de túneles para minería se incrementará en 20% para el año 2018, y seguirá recuperándose en los siguientes años. En el aspecto comercial, los factores críticos de propuestas percibidos por el cliente son: (a) las tarifas competitivas de desarrollo de túneles, (b) la calidad del servicio, y (c) el tiempo de movilización (levantar rápidamente las barreras de entrada). ABC maneja una estrategia comercial muy agresiva, ABC tiene recursos disponibles (maquinaria y personal) con los que podría comenzar una operación al 50% lo cual es crítico para conseguir nuevos contratos y áreas de trabajo.

La política actual de inventarios de materiales y repuestos es muy conservadora, pues solo se compra mensualmente lo estrictamente necesario para mantener la operación. En la estrategia financiera, el capital de trabajo es crítico para mantener las operaciones, contractualmente los pagos de los clientes serán efectivos 30 días después de facturados, pero en la práctica muchas veces se reciben a 60 días, por lo que es necesario tener líneas de crédito para cubrir pagos críticos como la mano de obra local. Para realizar el planeamiento agregado se revisarán los aspectos claves como (a) la demanda, (b) requerimientos de capacidades de mano de obra y equipo, y (c) requerimientos de insumos y repuestos.

8.3. Pronóstico y Modelo de la Demanda

Debido a la naturaleza del negocio, los servicios de desarrollo de túneles no se ofrecen al público en general sino a un pequeño grupo de empresas mineras, con las cuales tiene una relación contractual (Contrato de trabajo). El contrato define la demanda en metros de túnel a modo global. El cliente en su planeamiento de corto plazo (mensual) define: (a) el avance mínimo en metros para que el servicio sea satisfactorio, y (b) el avance máximo en metros que podría pagar según su presupuesto. ABC produce el avance máximo posible con los equipos disponibles y normalmente esta debajo de la media de rango disponible por lo clientes. En la Tabla 24 se muestra la producción histórica de ABC en metros de túnel por año y el promedio por mes consolidado para todos los proyectos por cada año.

Tabla 28.

Producción Histórica de ABC

Año	Total (m)	Promedio por mes (m/mes)	% con respecto a la medida ponderada
2003	613	153	19.2
2004	6,330	528	66.0
2005	12,751	1,063	133.0
2006	14,931	1,244	155.8
2007	17,158	1,430	179.0
2008 **	11,649	1,664	208.4
2009	3,296	275	34.4
2010	7,110	598	78.4
2011	8,230	686	85.9
2012	10,631	886	110.9
2013	9,556	796	99.7
2014	8,774	731	91.5
2015	8,728	727	91.0
2016	5,844	487	61.0
2017 ***	2,940	490	61.3
Todos	128,602	799	100.0

Nota. Adaptado ABC files, 2017.

*el año 2003 solo se trabajó los cuatro últimos meses, ** el año 2008 solo se trabajaron siete meses, por la baja en los metales, y *** el año 2017 solo se consideró los primeros seis meses del año.

Puede verse que actualmente la producción en 2016 y 2017 es 480.0 m/mes, pero la demanda máxima en el año 2008 fue 1,664.0 m/mes y la demanda promedio ponderada es 799.0 m/mes. En base a la información de la Tabla 28, se calculó la probabilidad de tener una producción 20% superior a la actual (588.0 m/mes) y se encontró que el 72% de los meses se requirió esta capacidad. También se calculó la probabilidad de estar ocupado al 80% de la media histórica ponderada (639.0 m/mes) y se encontró que el 64% de los meses se requirió esta capacidad. Se concluye como conservador el pronóstico de la alta gerencia de incrementar en 20% la producción mensual para el 2018. Si el cliente tiene disponibilidad de medios para pagar por producciones mayores en metros de túnel por mes, se podría sugerir incrementar la capacidad instalada (máquinas y RRHH) y satisfacer esa demanda, pero en la Figura 42 del Capítulo V se vio que la utilización de jumbos es baja (13% a 27%), y debido a las ineficiencias del proceso, las cuales son inevitables, por lo que esta medida no tendría un

impacto importante en la producción y solo incrementaría costos. El incremento de la capacidad puede darse a través de los siguientes mecanismos: (a) renovar equipos y emplear equipos que tengan mínimo mantenimiento correctivo, con lo cual la productividad se incrementa al tener mayor tiempo disponible, y (b) movilizar nuevos equipos a nuevos proyectos y áreas de trabajo.

8.4. Planeamiento de Recursos (Programa Maestro)

8.4.1 Equipos de interior mina.

En la Figura 53 se muestra un camión y un cargador de interior mina, estos tienen: (a) una altura reducida, y (b) motores y frenos modificados para operar en pendientes. En la Tabla 29 se muestra la proyección en metros de túnel que se podrían obtener con los equipos disponibles y los datos analizados en los Capítulos IV y V. ABC posee: (a) cuatro jumbos en el proyecto SOB, pero solo tres se encuentran operativos; y (b) cuatro jumbos en el proyecto Mufulira.



Figura 53. Camión y cargador de interior mina

Recuperado de https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/underground-hard-rock/underground-mining-trucks/18349061.html

Tabla 29.

Avance en Metros de Túnel en Proyectos de ABC

Proyecto		SOB	Mufulira	Total
Equipos Jumbo	(und)	3.00	4.00	7.00
Disparos promedio por día	(und/día)	1.10	1.10	1.10
Avance promedio	(m/disparo)	2.35	2.35	2.35
Días disponible por mes (90%)	(días)	27.00	27.00	27.00
Metros por mes	(m)	209.39	279.18	488.57

De la información presentada, se concluye que es posible alcanzar la producción mensual de 490 m/mes con el equipo existente. ABC se ha enfocado dos estrategias: (a) renovar su flota de equipos, y (b) incrementar la flota de equipos, como se analizó en el quinto capítulo, los equipos de ABC ya cumplieron su ciclo productivo y necesitan renovarse. En junio 2017, ABC negoció la adquisición de equipos de interior mina con Atlas Copco y Sandvik con excelentes condiciones comerciales.

8.4.2 Recursos humanos.

En lo que respecta a la estrategia de planificación de RRHH, se puede apreciar en la Tabla 30 el estado actual donde se muestran los RRHH en cada proyecto. También se incluyeron los indicadores: (a) trabajadores directos / equipo, (b) trabajadores totales / equipo, y (c) trabajadores indirectos / directos. Se puede ver que el personal del proyecto Mufulira es menos eficiente, al emplear un mayor número de trabajadores directos por equipo que el proyecto SOB (6%), pero las condiciones de terreno: (a) profundidad - temperatura, y (b) ventilación afectan la performance del personal.

En lo que respecta al indicador trabajadores indirectos por equipo, también se ve que el equipo de soporte en el proyecto Mufulira es más ineficiente al emplear un 19% más de personal que el proyecto SOB, se podría recomendar una reducción de personal, asumiendo el indicador del Proyecto SOB 8.46, un 6% adicional y el número de equipos tendremos que la cuadrilla de soporte propuesta será $8.46 \times 1.06 \times 9 = 80.67$ o 80 personas, vemos que una

reducción de 10 personas en la cuadrilla de soporte es factible, lo cual implica una reducción de 2.62% del personal en general.

Tabla 30.

Análisis de RRHH de ABC en Proyectos

Proyecto	SOB Total	Mufulira Total	Proyectos Total	% Mufulira / SOB
Equipos				
Jumbo	3	4	8	
Cargador	2	3	5	
Camion de interior mina	2	2	4	
Total	7	9	16	
Trabajadores Directos				
Involucrados directamente en actividades del ciclo minero				
Total T. Directos	98	134	232	
Trabajadores Indirectos en proyecto				
Gerencia	2	6	8	
Logística	11	22	33	
Mantenimiento	37	54	91	
Otras areas (IT, RRHH, seguridad, etc.)	9	8	17	
Total T. Indirectos	59	90	149	
Total Trabajadores Directos + Indirectos	157	224	381	
Indicadores				
Ratio trabajadores directos / equipo	14.00	14.89	14.50	106.35
Ratio trabajadores indirectos / equipo	8.43	10.00	23.81	118.64
Ratio trabajadores indirectos / directos	0.60	0.67	0.64	111.56

Debido a las barreras de entrada, ABC opera teniendo cierta redundancia de mano de obra en sus operaciones, esta redundancia tiene un sobrecosto, pero hay una mejora en el servicio percibido por el cliente, pues le permite lograr mayor cantidad de metros a pesar de problemas cotidianos como: (a) ausentismo laboral, (b) rotación del personal, y (c) tener personal disponible para nuevos proyectos. Por otro lado, al operar en un calendario 24/7

tiene un costo de horas extras para el personal de proyectos, el cual trabaja en turnos de 12 horas durante cuatro días como se explicó en el quinto capítulo.

8.4.3 Materiales.

Los materiales directos (L1) se emplean para la elaboración del servicio y los materiales indirectos (L2) se emplean durante el proceso. Los materiales directos (L1) son suministrados por la mina libres de costo, lo cual ayuda a agilizar la labor de ABC. Los materiales indirectos (L2) tienen diferentes responsables en el abastecimiento, el costo, el transporte en superficie, en interior mina y el uso, en la Tabla 27 se muestra la matriz de responsabilidad de los materiales. ABC posee data histórica sobre los costos y cantidades de los diferentes materiales por metro de túnel, lo materiales más representativos en costos son: (a) Los repuestos de los equipos de interior mina, (b) los explosivos a 210 USD/m, y (c) los Rock Drilling Tools (RDT) a 145 USD/m. El planeamiento agregado se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31.

Matriz de Responsabilidad de Materiales Directos en Indirectos

Materiales	Responsable					
	Especificación	Procura	Costo	Transporte en superficie	Transporte en interior mina	Uso
Materiales directos (L1)						
Malla de acero	Mina	Mina	Mina	Mina	AAC	AAC
Pernos de soporte	Mina	Mina	Mina	Mina	AAC	AAC
Anclajes	Mina	Mina	Mina	Mina	AAC	AAC
Materiales Indirectos (L2)						
Combustible para interior mina	Mina	Mina	Mina	Mina	AAC	AAC
Lubricantes	Mina	Mina	Mina	Mina	AAC	AAC
Explosivos	Mina	Mina	AAC	Mina	AAC	AAC
Acero de perforacion	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC
Repuestos de equipos	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC
PPE	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC
Pintura y otros menores	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC	AAC

8.5. Propuesta de Mejora

En lo relativo a la capacidad de producción y máquinas, Al ser un proceso de decisión estratégica que necesita de inversión en activos, hay un balance entre (a) la inversión, (b) el riesgo, y (c) las posibles utilidades (o pérdidas), como regla general a mayor riesgo podría haber mayores utilidades (o pérdidas). La capacidad actual de 490m por mes es 61% de la demanda media histórica y ha ocurrido un 83% del registro histórico. El mercado potencial es grande, por lo que es necesario incrementar la capacidad instalada en un proceso escalonado tomando como inicio el 20% la capacidad de producción propuesto por la alta gerencia para el año 2018, en la Tabla 32 se muestra cómo se incrementa la producción en relación con el número de Jumbos y otras métricas asociadas.

Tabla 32.

Proyección de Capacidad Instalada e Incremento de Jumbos

		Actual	Proyecciones				
			A	B	C	D	E
Equipos Jumbo	(und)	7	8	9	10	11	12
Capacidad de Producción	(m/mes)	489	558	628	698	768	838
Utilidad Bruta Asociada	k USD	203	232	261	290	319	348
Aumento de la Capacidad Instalada	%	0%	14%	29%	43%	57%	71%
% Capacidad / Demanda media histórica	%	61%	70%	79%	87%	96%	105%
Probabilidad de demanda excedió la capacidad según data histórica	%	83%	72%	64%	57%	42%	34%

En la Tabla 33 se aprecia que el incremento de la producción no es lineal, sino escalonado. También se ve que grandes cantidades de equipo tienen poca probabilidad de ser empleados. Se sugiere adquirir cuatro jumbos, en dos etapas, una primera etapa con dos unidades solo para reemplazar equipo con alto mantenimiento correctivo, con lo cual se tienen ahorros en costo y una mayor producción. En una segunda etapa, con otras dos unidades para incrementar la capacidad instalada según la proyección B. Esta propuesta ya fue revisada en el cuarto capítulo.

Tabla 33.

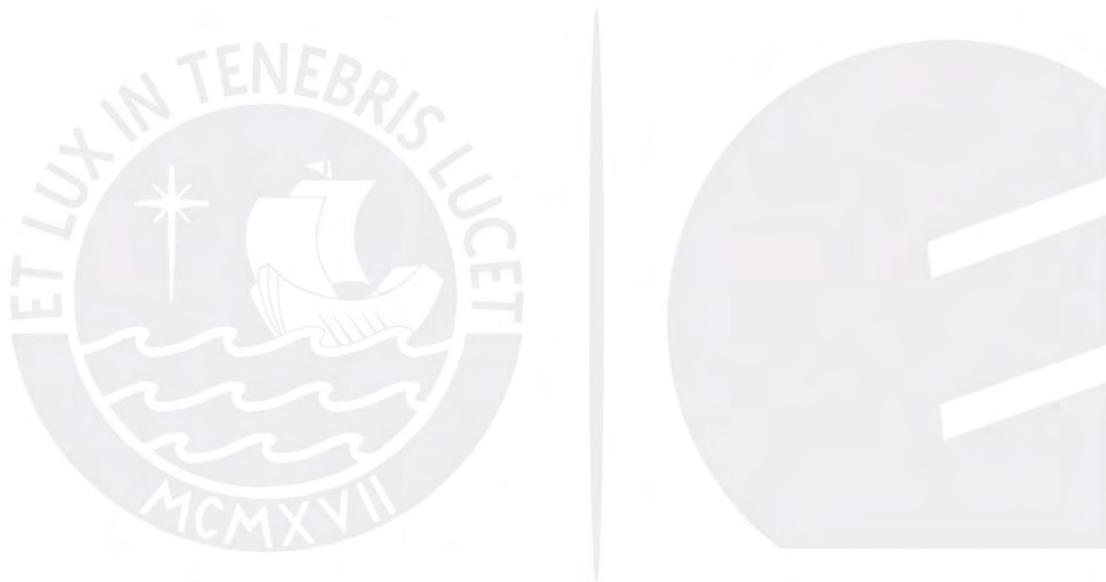
Planeamiento Agregado de ABC Propuesto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Ingresos													
Produccion Mufulira (m)	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	3,300
Tarifa Mufulira (USD /m)	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	25,200
Ventas Mufulira (USD)	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	577,500	6,930,000
Produccion SOB (m)	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	2,460
Tarifa SOB (USD /m)	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	19,200
Ventas SOB (USD)	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	328,000	3,936,000
Total ventas (USD)	905,500	10,866,000											
Costos													
Mano de Obra regular													
Mufulira (persona)	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224	2,688
SOB (persona)	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	1,884
Dias productivos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	300
Mano de obra a subcontratar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Horas Extras	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524	18,288
Horas necesarias para Mufulira	461	461	461	461	461	461	461	461	461	461	461	461	5,530
Horas totales para Mufulira	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	7,200
Factor de holgura	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Costo mano de obra (USD)	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	355,899	4,270,788
Materiales													
Explosivos Mufulira (USD)	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	57,750	693,000
Explosivos SOB (USD)	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	43,050	516,600
RDT Mufulira (USD)	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	39,875	478,500
RDT SOB (USD)	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	29,725	356,700
PPE (USD)	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	4,076	48,912
Consumibles (USD)	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920	59,040
Otros materiales (USD)	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	2,995	35,940
Costo materiales (USD)	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	182,391	2,188,692
Equipos de interior mina (USD)	155,146	1,861,752											
Vehiculos en superficie (USD)	8,516	102,192											
Total Costo (USD)	701,952	8,423,424											
Utilidad Bruta	203,548	2,442,576											
Rentabilidad Bruta proyectada	22%												

Nota. Adaptado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 219-232), por F. A. D'Alessio, 2013, México D. F., México: Pearson

8.6. Conclusiones

La capacidad instalada actual de ABC es 490 m de túnel por mes, la cual se consigue empleando siete jumbos además de diversos equipos de soporte y recursos de las diferentes áreas, y corresponde al 61% de la demanda histórica promedio. Se sugiere adquirir cuatro jumbos, en dos etapas, una primera etapa con dos unidades solo para reemplazar equipo con alto mantenimiento correctivo, y una segunda etapa, con otras dos unidades para incrementar la capacidad instalada al 80% de la demanda histórica promedio.



Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas

9.1. Optimización del Proceso Productivo

En el punto 1.7 Matriz del proceso de transformación se evaluó los procesos de ABC y se determinó que el proceso operacional es de tipo masivo siendo las actividades críticas: (a) el balance de la línea, (b) el mantenimiento, y (c) planificación en el suministro de materiales. Sobre el balance de la línea de producción, en la Tabla 34 se han revisado los porcentajes que representan las actividades del ciclo de minado, puede apreciarse que: (a) perforación, (b) carga y voladura, y (c) acarreo y transporte son relativamente uniformes, mientras que las otras dos actividades toman entre una a 2.5 horas. Pero no es posible incrementar recursos en las tres primeras pues el proceso es inflexible, por lo tanto, el ciclo es relativamente balanceado. Se trató el tema del mantenimiento en los capítulos V y VII, pero se brindará un análisis más profundo en el Capítulo XIII Gestión de Mantenimiento. Asimismo, se revisó los temas de suministro en el Capítulo X y Capítulo XIV.

Tabla 34 Tiempos Promedio en Horas y % de Tiempo del Ciclo Operativo

Tiempos Promedio en Horas y % de Tiempo del Ciclo Operativo

Actividad	Sección 4 x 4		Sección 5 x 5	
	(hora)	(%)	(hora)	(%)
Trazo y topografía	1.0	7.1	1.0	5.7
Perforación	4.0	28.6	5.0	28.6
Carga y voladura	4.0	28.6	5.0	28.6
Acarreo y transporte	3.0	21.4	4.0	22.9
Desatado y sostenimiento	2.0	14.3	2.5	14.3
Total	14.0	100.0	17.5	100.0

9.2. Programación

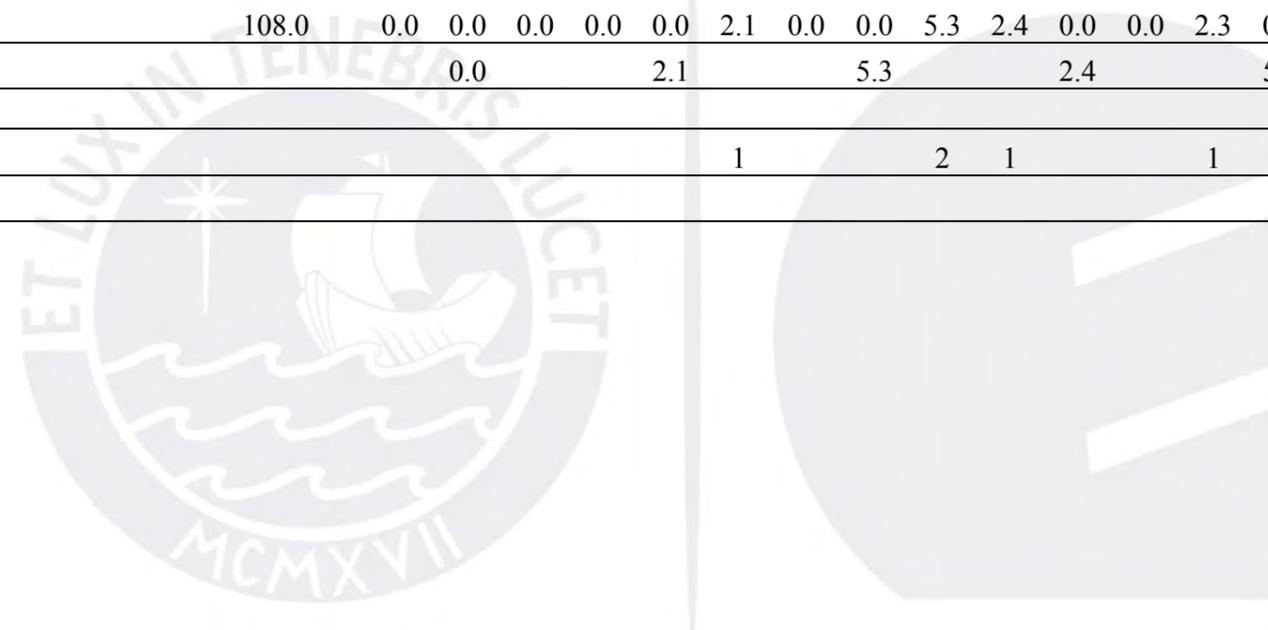
La programación de las operaciones productivas se maneja por medio del reporte de avance que maneja un detalle por nivel trabajado, con una frecuencia diaria del avance por equipo. ABC maneja un estimado semanal del avance el cual está reflejado en la segunda columna de la Tabla 31. El seguimiento realizado emplea un archivo Excel, sobre el cual también se calculan indicadores de costos de avance diario.

Tabla 35.

Reporte de Avance Mina Mufulira

LEVEL	SECTION #1		TARGET	22	23	24	25	26	27	Total/Shift			Grand Total														
	LABOR	SECCION								W	H	MTS															
1390	MUF_1390_COB_68_FWDR_E_SF	4.0	4.0	26.0								2.8	2.8														
1390	MUF_1390_COB_68_P1_VENT_S_PF	4.0	4.0	10.0								0.0	0.0														
1390	MUF_1390_COB_67_MINDR_E_SF	4.0	4.0	40.0	2.1		2.4		2.3		2.8	4.7	4.9														
1390	MUF_1390_COB_67_P5_STUB_N_SF	4.0	4.0	10.0								0.0	0.0														
1390	MUF_1390_COB_67_68_XCUT_N_SF	4.0	4.0	15.0			2.5			3.0		0.0	5.5														
1390	MUF_1390_COB_67_68_ECUB_W_SF	2.0	1.0	2.00								0.0	0.0														
1390	MUF_1390_COB_68_P5_XCUT_N_SF	4.0	4.0	5.00								0.0	0.0														
Total/Shift				108.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	5.3	2.4	0.0	0.0	2.3	0.0	3.0	0.0	0.0	2.8	4.7	0.0	13.2	17.9	
Total/Day					0.0					2.1			5.3			2.4			5.3			2.8			17.9	17.9	
																										8.3	
N* BLAST									1		2	1			1		1				1					7	
																											2.56

Nota. Tomado de ABC files, 2017.



9.3. Gestión de la Información

La gestión de la información realizada en ABC se lleva a cabo por medio de archivos Excel que son actualizados de forma cotidiana por cada uno de los responsables, los cuales son corroborados en reuniones diarias por parte de la alta gerencia y los ingenieros ubicados en obra. Manejan una serie de archivos donde canalizan la información de la gestión diaria de recursos, materiales y equipos. En la actualidad debido a que solo se tiene dos proyectos en marcha, la gestión de los mismos toma aproximadamente media jornada de trabajo diaria. Esta situación no es ideal debido a que en años anteriores cuando se contaba con más de cuatro proyectos en paralelo las reuniones de coordinación tomaban todo el día, dejando poco espacio para la gestión y planificación a futuro.

El sustento por parte de la gerencia de manejar de esta forma la gestión de los proyectos es debido a que no confían en los resultados emitidos por las áreas ejecutoras emplear un sistema les puede traer posibles distorsiones con la realidad. Tampoco se almacena y procesa esta información en data histórica que podría ayudar a entender los problemas actuales, así como brindar información real de productividad histórica de los procesos.

Otro tema de importancia para la empresa es la forma cómo se recibe y maneja la información de diseño de los túneles proporcionados por el cliente, esta información la emite el topógrafo del cliente al topógrafo de ABC en formato electrónico DWG o DXF normalmente vía correo y/o archivo entregado vía memoria USB. La información no está certificada, lo cual implica: (a) firmada por el cliente, y (b) etiquetada “Para Minado” y tampoco existe una base de datos central para almacenar esta información. Históricamente, ABC no ha tenido problemas de reclamos en el desarrollo de túneles, pero los montos del servicio por mes justifican el implementar: (a) manejo de información certificada, (b) tener una base de datos en el servidor de las oficinas centrales con esta información.

9.4. Propuesta de Mejoras

La primera propuesta de mejora, presentada en la Figura 54, consiste en implementar un sistema de programación específica, basada en la Administración de Información en una Base de Datos Centralizada, y reemplazar el método tradicional que se viene practicando en la actualidad. Dentro de las fortalezas que se obtendrán se encuentra la integridad de todo el sistema de programación, que será un eje de asociación de todas las áreas o la cadena que interactúa para realizar una correcta programación, la gestión completa de (a) Control y Aseguramiento de la Calidad (QA/QC), y (b) estandarización y trazabilidad de los datos.

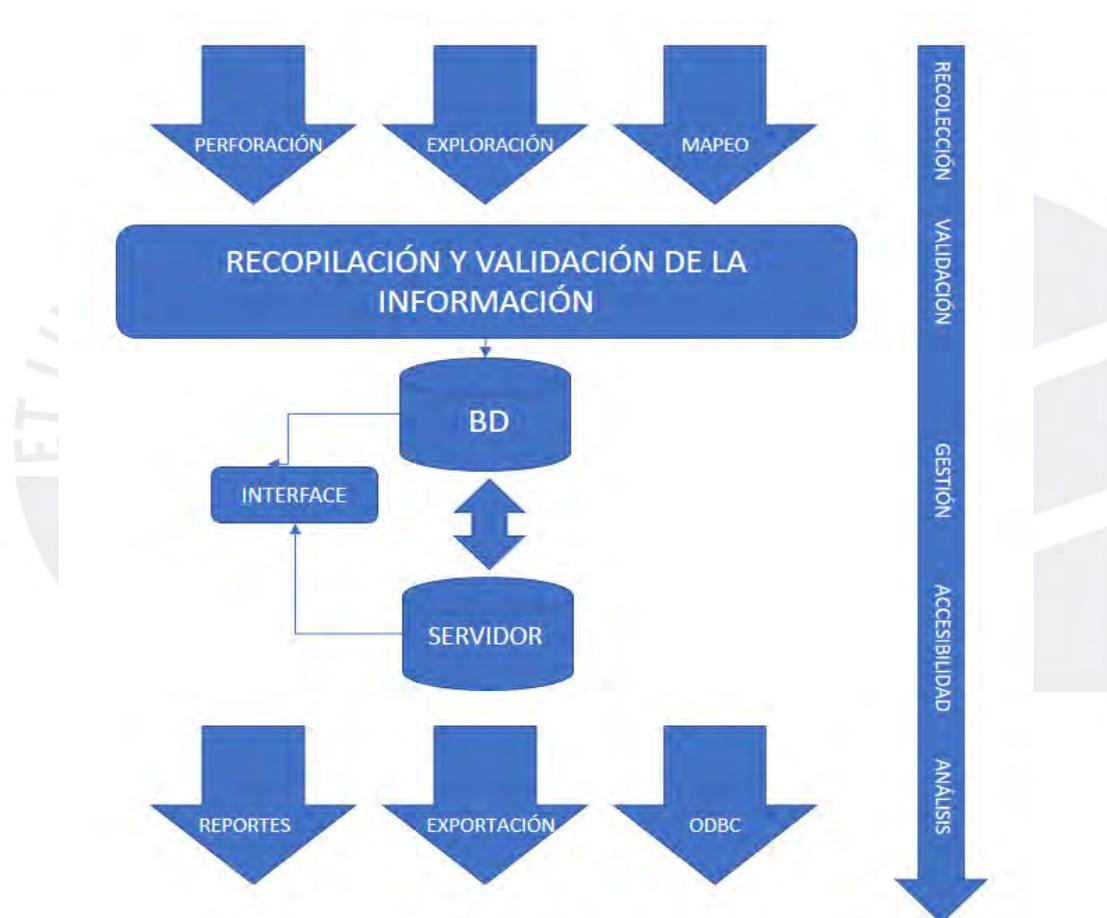


Figura 54. Diseño del sistema propuesto para ABC

Se eligió como opción de ERP el SAP *Business One*, debido a que es bastante flexible en cuanto a presentar la información según el perfil asignado y es completamente integrable con Office, cuenta con herramientas de análisis y reporte integrados y es fácilmente acoplable

a los sistemas empleados con los otros actores en la Cadena de Suministros si es que se espera una interconexión a futuro.

En este caso tenemos dos grandes áreas donde se debe trabajar; por un lado, se encuentra el tema del sistema en sí, el que se va a implementar; y el del hardware necesario para que este pueda funcionar. Para el presente caso la infraestructura necesaria para garantizar el funcionamiento de la herramienta y no presentar fallas que a largo plazo puedan generar problemas en la realización de toda la operación. Como todo sistema ERP, SAP *Business One* funciona con una estructura de relación cliente/servidor y una base de datos que realice la centralización de toda la información de la empresa.

En la Figura 55 se muestra la arquitectura requerida por la Empresa ABC. En este caso se realizó la evaluación financiera de la implementación. Se han incluido aspectos tales como: (a) las licencias, (b) capacitaciones, (c) personalizaciones, (d) puesta en marcha, (e) hardware, y (f) soporte anual. En la Tabla 36 presentamos los costos requeridos para la implementación en el año uno y dos.

La segunda oportunidad de mejora consiste en implementar un sistema de recepción, almacenamiento y manejo de información certificada para el minado de los túneles, no hay un costo directo relacionado a esta propuesta pues actualmente se cuenta con los servidores y el personal de ABC encargado de esta actividad, pero la clave es proteger a ambas partes (cliente y ABC) para evitar problemas de calidad por información errónea. Los puntos clave de este sistema son:

1. Los planos de minado deben ser firmados por personal autorizado del cliente.
2. Los planos de minado deben tener un nombre y revisión.
3. Los planos de minado deben estar etiquetados “para minado”.
4. La información se emite en formatos PDF y DXF, para evitar posibles modificaciones futuras de ambas partes.

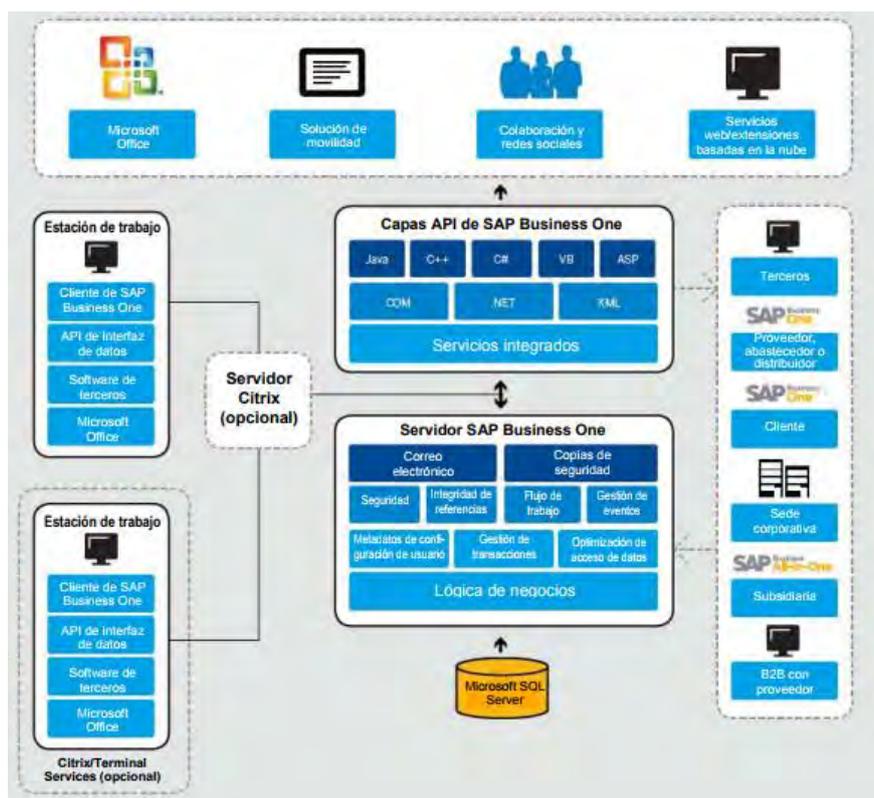


Figura 55. Modelo de infraestructura requerida en la empresa ABC

Tabla 36. Costos requeridos para la implementación del ERP SAP Business

Costos Requeridos para la Implementación del ERP SAP Business One.

Ítem	Monto – Año 1 (UDD)	Monto – Año 1 (UDD)
Licencias	25,000	25,000
Capacitación puestos especializados	5,000	5,000
Customización	24,000	
Formación usuario final	5,000	5,000
Puesta en marcha	20,000	
Servidores y equipos	16,000	
Soporte	4,250	4,250
Inversión Inicial	95,000	35,000

El cliente emite un cargo de emisión y ABC firma la recepción de información

5. el topógrafo de ABC verifica que todos los puntos anteriores se cumplan, caso contrario emite una nota de topografía donde el cliente aprueba la información.
6. El topógrafo de ABC graba la información en la carpeta de planos del proyecto.

7. El topógrafo de ABC ingresa el nombre y versión de plano en el archivo de índice maestro, incluyendo el *link* al file en el servidor.
8. Los topógrafos de ABC autorizados pueden retirar información del servidor según sea necesario.

9.5. Conclusiones

Después de revisar la forma actual en que ABC maneja la programación de las operaciones productivas, se encontraron dos oportunidades de mejora importantes, la primera es la implementación de un *Enterprise Resource Planing* (ERP) de primer nivel que evite pérdidas de tiempo llenando formatos de Excel y que ayude a manejar la información histórica en tiempo real, en este caso se propone *SAP Business One*. El costo de esta propuesta ha sido indicado en la Tabla 31, pero también hace más factible la integración vertical tanto con proveedores como con clientes.

La segunda oportunidad de mejora es la metodología para recibir, almacenar y manejar información certificada (planos) para ejecución en los proyectos de desarrollo minero. Debido al alto costo del servicio por metro de túnel, el objetivo de esta medida es proteger al cliente y a ABC frente a reclamos relacionados con problemas de información equivocada empleada para minar túneles.

Capítulo X: Gestión Logística

10.1 Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento

Debido a condiciones establecidas contractualmente la mayor parte de la gestión de la logística de entrada (L_1) la asume el cliente; ABC solo participa en el proceso de transporte de los insumos hacia su lugar de trabajo. Por otro lado, la mayor parte de la gestión logística de los indirectos (L_2) es de su entera responsabilidad. Excepciones por contrato son: (a) combustible, (b) algunos lubricantes, y (c) explosivos; la responsabilidad de ABC en estos materiales se limita a transportarlos hacia el lugar de trabajo.

Debido al tipo del servicio que proporciona ABC su gestión logística gira alrededor de sus equipos. Entonces su gestión logística se concentra en (a) logística de mantenimiento de equipos y (b) proporcionar todos los suministros y materiales generales necesarios para el desarrollo de túneles. La actual política logística de ABC es "*replace as you go*", solo se adquiere lo que se va usar en el corto plazo. Una excepción se hace con los repuestos/componentes críticos para la operación que requieren un tiempo de entrega largo y por lo tanto se mantiene un stock mínimo de reposición. Pero todo aquello que se puede obtener en el mercado local de manera inmediata se compra mensualmente y/o diariamente, es decir en este caso el *stock* mínimo de reposición tiende a cero.

10.1.1 Organización del departamento logístico de ABC.

El departamento logístico de ABC está organizado como se muestra en la Figura 56. Este arreglo permite que el Director de Logística reciba reportes tanto del Gerente Logístico, así como del Controlador Logístico y contraste la información para asegurarse que las compras se ajusten a los requerimientos de la operación.

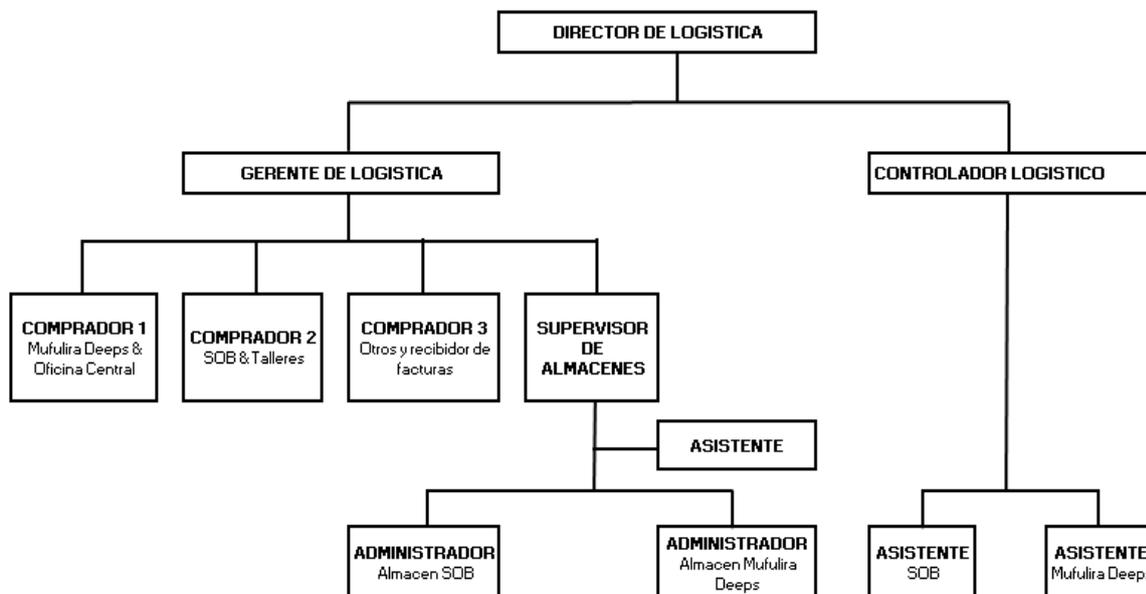


Figura 56. Organigrama del departamento logístico de ABC
Tomado de visita a instalaciones de ABC.

10.1.2 Lista de compras y proceso de aprobación.

Antes de fin de mes cada departamento entrega al gerente de logística la lista de compras necesarias en el siguiente mes. En esta lista se incluye la lista presentada por el gerente de almacén para reponer stocks mínimos de ítems críticos. El Gerente Logístico revisa la lista y la compara con las estadísticas de consumo. De presentarse diferencias significativas hacia arriba se pide al jefe de departamento que sustente la razón del sobre consumo. La lista revisada por el gerente logístico se envía al director logístico para su aprobación.

El controlador logístico por su parte ha recibido de sus asistentes en cada mina, diariamente y a durante todo el mes, reportes de consumo. También ha realizado inspecciones físicas para verificar que la información enviada se ajusta a los consumos en cada sitio. Semanalmente envía reportes de consumo y a fin de mes envía un reporte consolidado de la operación al director logístico. Este último compara ambos reportes, en caso haya diferencias significativas consulta con sus dos gerentes y luego aprueba una lista

final de compras para el siguiente mes. La lista final es procesada en el sistema para generar las respectivas órdenes de compra.

10.1.3 Ciclo de compras.

Todo el proceso de aprobación de compras mensuales dura entre dos y cinco días. Una vez aprobadas las compras el comprador emite todas las órdenes de compra en un promedio de dos días. Actualmente todos los proveedores de ABC son locales. Los repuestos, componentes y suministros de sus máquinas se compran de las subsidiarias locales de Sandvik y Atlas Copco. Ambas empresas mantienen un stock local de ítems de alta rotación, pero para componentes de baja rotación el stock está localizado en sus subsidiarias en Sudáfrica. El tiempo de entrega una vez recibida la orden de compra para ítems de alta rotación es de cero a dos días. Para los ítems de baja rotación es de siete a 14 días. En el caso que no tenga stock disponible en Sudáfrica se atenderá desde otras subsidiarias o se fabricara a pedido; en este caso el periodo de entrega varía entre 30 y 90 días. Para los otros proveedores locales el tiempo de entrega una vez recibida la orden de compra varía dependiendo del stock que tengan entre cero y dos días. El ciclo de compra para ABC se muestra resumido en la Tabla 37.

Tabla 37. *Ciclo de Compra de ABC*

Ciclo de Compra de ABC

Ítem	Tipo de proveedor	Stock	Ciclo de compra	
			Mínimo (días)	Máximo (días)
1	Local	Local	3	10
2	Local	Sud África	10	22
3	Local	Europa / US	33	98

10.1.4 Proveedores y formas de pago.

Con 14 años de experiencia en el mercado zambiano, ABC ha desarrollado una cadena logística bastante eficiente para apoyar sus operaciones. Han logrado establecer

vínculos comerciales sólidos con sus proveedores. En la Tabla 38 se muestra la lista de sus principales proveedores. Con la mayoría de ellos tiene acuerdos de pago a 30 días, solo los lubricantes se pagan en efectivo. Cuando se trata de comprar equipos o componentes de (a) Atlas Copco, y (b) Sandvik, los montos implicados son altos por lo que la forma de pago se negocia independientemente para cada compra.

Tabla 38.

Lista de Principales Proveedores de ABC

Ítem	Proveedor	Material / Equipo / Repuestos
1	Atlas Copco Zambia	Equipos, componentes, repuestos y consumibles
2	Sandvik Zambia	Equipos, componentes, repuestos y consumibles
3	Spectra	Lubricantes
4	Liquid Rock	Filtros
5	CP Engineering	Consumibles, pernos, pinturas y herramientas
6	Resemin	Guías de perforación
7	Jalimcorp	Empaquetaduras y sellos
8	Skayarts	Artículos y muebles de oficina
9	Takkis	Combustible para vehículos de soporte

10.2 La Función de Almacenes

La función de los almacenes de ABC es apoyar las operaciones de los distintos proyectos. El almacén principal de ABC está localizado en las oficinas administrativas. Desde allí atiende a los proyectos en horario 24/7 y a las oficinas administrativas en horario de oficina. En cada mina el cliente proporciona a ABC un área para almacén de superficie y un área para almacén de interior mina. En el almacén de superficie almacena consumibles y repuestos de uso frecuente para un periodo de un mes y en el almacén de interior mina el stock es mínimo para un consumo diario.

ABC tiene en cada proyecto un administrador. Este se encarga de atender los requerimientos diarios del equipo de operación. También coordina con las oficinas administrativas la reposición de ítems. Además, coordina el traslado de los ítems de las oficinas administrativas al almacén de superficie y luego a interior mina. Es responsable de

mantener los stocks necesarios en ambos almacenes. La labor de este administrador es tan importante que se requiere tener uno disponible 24/7.

10.2.1 Flujo entre almacenes.

Las compras se entregan en las oficinas administrativas donde ABC tiene cuatro áreas para almacenar y el contenido de estos almacenes se registra en el sistema como "Almacén Kitwe". ABC fabrica, en sus talleres, mangueras hidráulicas y algunos accesorios de alta rotación, el stock resultante se registra en el sistema como "Almacén de Producción" y solo son cargados a "Almacén Kitwe" cuando son entregados. Los talleres requieren mantener un stock que le permitan operar eficientemente, estos ítems se descargan de "Almacén Kitwe" y trasladan físicamente al almacén del taller, este stock se registra en "Almacén Workshop". Finalmente, cuando ítems son trasladados a los almacenes de los proyectos, estos se descargan de "Almacén Kitwe" y se cargan a "Almacén SOB" y "Almacén Mufulira" respectivamente. El flujo de ítems entre almacenes de ABC se muestra en la Figura 57.

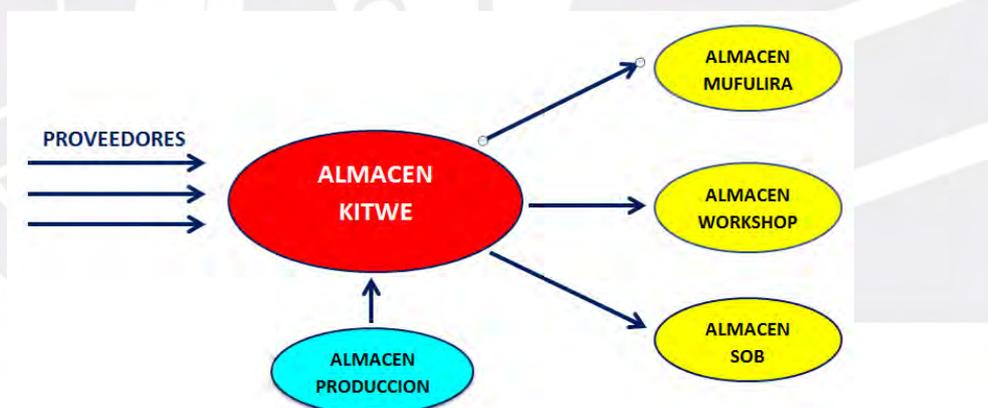


Figura 57. Flujo de artículo entre almacenes de ABC

10.3 Inventarios

La actual política de inventarios de ABC se basa en minimizar el costo del inventario inmovilizado de entrada, pero manteniendo una cantidad óptima que garantice la continuidad de sus operaciones. Cuando el cliente entrega un nuevo proyecto a ABC se determina el número de metros de túneles a desarrollar (inventario de salida). Entonces desde el punto de vista logístico, el objetivo de ABC es determinar la cantidad óptima de materiales indirectos

que debe suministrar para desarrollar los metros requeridos en el tiempo planificado para cada proyecto específico. Considerando su importancia para la operación de ABC, según D'Alessio (2004), los materiales indirectos pueden clasificarse en los siguientes grupos: (a) repuestos y componentes L₂A, (b) suministros para la operación L₂B, (c) materiales generales para actividades de soporte L₂C y (d) adquisiciones extraordinarias.

10.3.1 La cantidad.

Las herramientas con las que la empresa cuenta para determinar la cantidad óptima son: (a) sus estadísticas de consumo, (b) estadísticas de duración de actividades de producción, (c) su *know how* y (d) un software empleado para el control y análisis de inventarios (ERP Navition) en tiempo real. La cantidad mensual de los indirectos L₂A y L₂B se determinan usando estadísticas de consumo por metro de túnel desarrollado, cantidad fija. Diariamente se revisa el consumo y en caso se proyecte algún desabastecimiento se reponen en la cantidad necesaria para completar el mes.

La aprobación de esta compra adicional es a nivel del director logístico. La cantidad de suministros L₂C se calculan en base a estadísticas de consumo mensual. En el caso que dichos materiales se consuman antes que el mes acabe solo se reponen si es absolutamente necesario, en la cantidad exacta para completar el mes y bajo aprobación del gerente logístico. Las adquisiciones extraordinarias se dan cuando algún equipo necesario para la operación se malogra inesperadamente y dichos repuestos y/o componentes no están en stock en almacén. La aprobación la hace el director de logística.

10.3.2 Costo de inventarios.

ABC no tiene calculados los siguientes costos de inventarios: (a) costo de pedir inventarios, (b) costo de mantenimiento de inventarios y (c) costo de rotura de inventarios. El departamento logístico calcula el costo total de inventarios tomado directamente el costo de adquisición del mismo. En la Tabla 39, se puede apreciar un resumen de la cantidad de ítems

registrados en cada almacén de ABC y su respectivo costo de adquisición (Ca) en Setiembre de 2016. En septiembre 2016, el Ca de inventario del ABC fue del orden del 8% respecto a las ventas brutas. En este mismo mes, el Ca del inventario de ítems sin movimiento en los últimos tres años (periodo 2013 – 2016) fue USD 334,173.88, es decir 37% del Ca de inventarios.

Tabla 39.

Valor de Almacenes ABC en Setiembre del 2016

Ítem	Almacén	Descripción	Cantidad ítems	Costo de adquisición (USD)	%
1	Almacén Kitwe	Todos los ítems	4016	715,063	80.4
2	Producción	Repuestos y mangueras hidráulicas fabricados en taller de ABC	229	36,420	4.1
3	Taller central	Repuestos almacenados en taller para su uso	485	69,650	7.8
4	SOB	Ítems en el almacén del proyecto	595	28,996	3.3
5	Mufulira Deeps	Ítems en el almacén del proyecto	644	39,504	4.4
Total				889,632	100.0

Nota. Tomado de ABC files, 2017

10.4 La Función de Transporte

Para proporcionar un servicio de calidad ABC requiere tener los materiales disponibles en el momento necesario. Por eso es muy importante contar con un servicio de transporte eficiente que se adapte a los requerimientos de las operaciones. En la Figura 58 se muestra las actividades de transporte que ABC posee.

1. T1: si es un material urgente ABC recoge, requiere recursos dedicados, chofer y vehículo. Si no es urgente se espera que el proveedor lo entregue.
2. T2: traslado entre almacenes internos, no requiere recursos dedicados.
3. T3: traslado entre almacenes internos y requiere recursos dedicados, chofer y vehículo.

4. T4: traslado al lugar de operaciones. Requiere recursos dedicados, persona que empuje el movimiento de materiales dentro de la mina.
5. T5: traslado del almacén del cliente al lugar de operaciones. Requiere recursos dedicados, persona que empuje el movimiento de materiales dentro de la mina. movimiento de inventarios entre almacenes.

Para realizar todas estas actividades se tiene una flota de vehículos de soporte y personal dedicado: (a) dos choferes en las oficinas administrativas 24/7, (b) tres choferes en Mufulira, y (c) tres personas para empujar materiales en SOB y tres en Mufulira. El transporte de personal a la mina es otra actividad importante para soportar la operación, actualmente ABC subcontrata el servicio; por lo cual no se ha incluido en este capítulo.

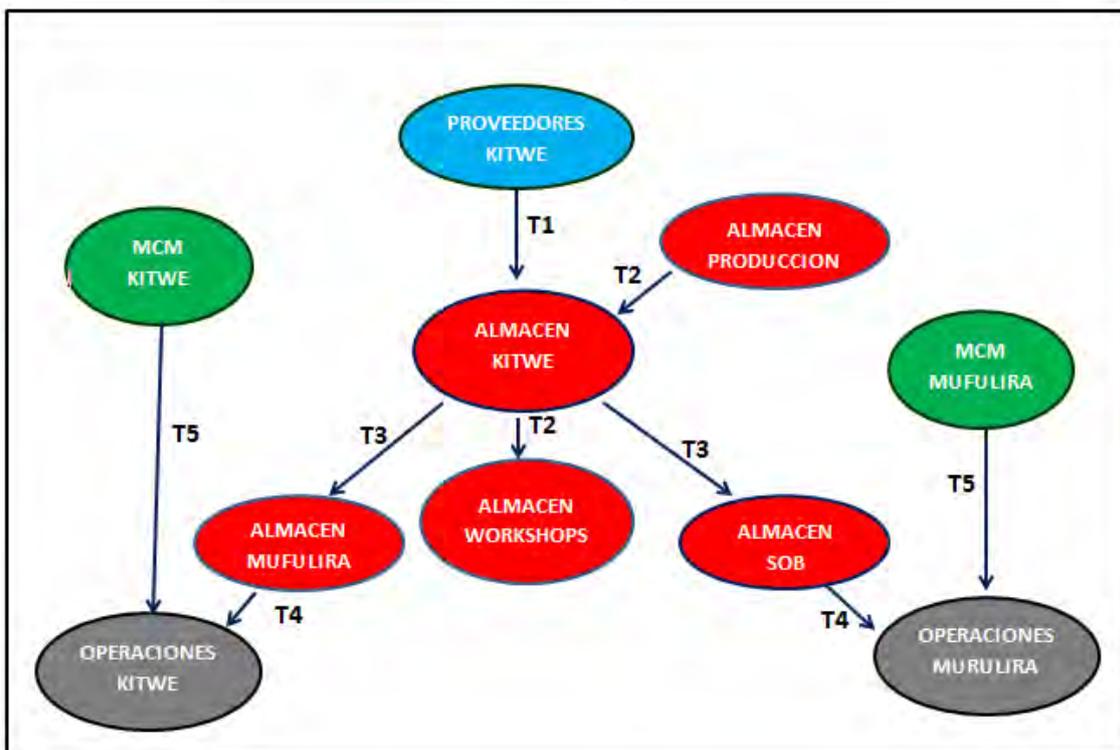


Figura 58. Actividades de transporte en ABC

10.5 Definición de los Principales Costos Logísticos

En la Tabla 40 se muestra los principales costos logísticos anuales de ABC. Una revisión de estos nos permite determinar que el 60% de los costos logísticos se concentran en cuatro grupos de materiales. Aplicando el principio de Pareto, la gerencia debe concentrarse

en controlar de manera cercana la gestión logística de: (a) repuestos, (b) barras de perforación y (c) llantas. No incluimos a los explosivos pues estos son suministrados por el cliente.

Tabla 40.

Principales Costos Logísticos de ABC

Materiales	Costo (USD)	Porcentaje (%)
Otros materiales	2'224,632	36.1
Repuestos	1'444,824	23.4
Explosivos	1'209,600	19.6
RDT (herram. De perforación)	835,200	13.5
Llantas	216,948	3.5
PPE	48,912	0.8
Consumibles	59,040	1.0
Mangueras	69,348	1.1
Consumibles y lubricantes	60,216	1.0
Total	6'168,720	100.0

Nota. Tomado de ABC files, 2017.

10.6 Propuestas de Mejoras

El alto valor del inventario sin movimientos en los últimos tres años no concuerda con la política de inventarios actual. La explicación la encontramos al revisar la siguiente información: (a) el inventario de salida de ABC en los últimos años (ver Figura 16 en Capítulo 2); (b) edad del inventario sin movimientos en los últimos tres años referidos al año 2016, (ver la Figura 59); y (c) inventario de equipos Septiembre 2016, (ver Tabla 41).

En el año 2013, ABC tenía cinco proyectos, y para el año 2015 se redujo a cuatro y finalmente a comienzos del año en el 2016 se redujo a dos. Por otro lado, el 81% de los ítems sin rotación no se mueven desde el año 2015; y finalmente ABC tiene el 60% de sus equipos inoperativos y de estos el 70% corresponden a modelos de equipos que no se han vuelto a adquirir.

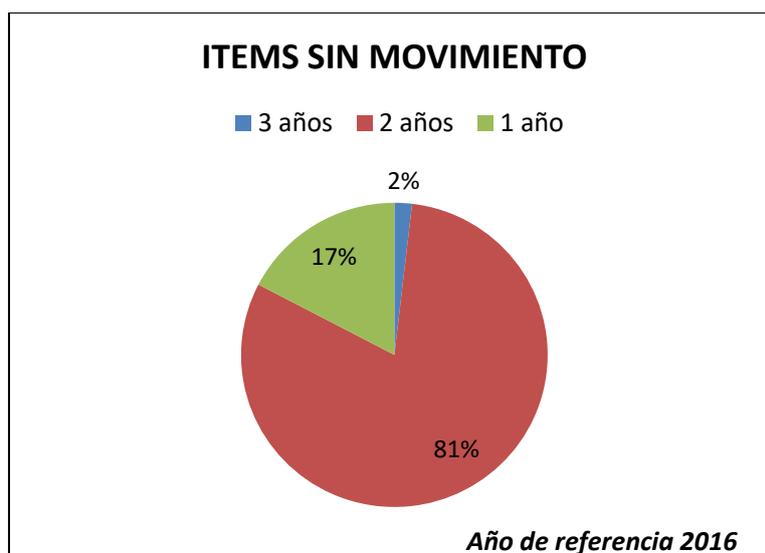


Figura 59. Ítems sin rotación en los almacenes de ABC. Tomado de ABC files, 2017.

Tabla 41.

Inventario de Equipos septiembre 2016

EQUIPO	MODELO	PROVEDOR	CANTIDAD	
			INOPERATIVO	OPERATIVO
Camión	MT2000	Atlas Copco	1	0
Camión	MT436	Atlas Copco	2	0
Camión	EJC522	Sandvik	3	0
Camión	EJC533	Sandvik	3	0
Camión	MT436B	Atlas Copco	0	3
Camión	MT2010	Atlas Copco	0	1
Jumbo	RB281	Atlas Copco	3	1
Jumbo	RB282	Atlas Copco	1	1
Jumbo	RBS1L	Atlas Copco	1	0
Jumbo	AXERA 5	Sandvik	3	0
Jumbo	S1D	Atlas Copco	0	6
Cargador	ST1010	Atlas Copco	2	0
Cargador	ST1020	Atlas Copco	1	1
Cargador	ST1030	Atlas Copco	1	4
Cargador	TORO 400	Sandvik	4	0
Cargador	TORO-301	Sandvik	2	1
Cargador	TORO-1400	Sandvik	1	0
Vehículo Utilitario	RBS1L	ABC	0	1
Total			28	19

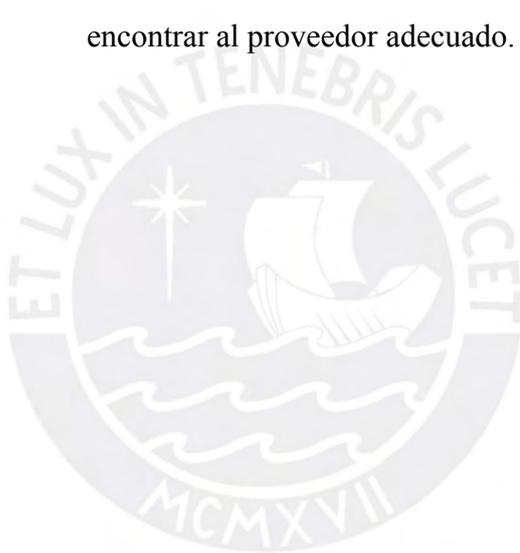
Nota. Tomado de ABC files, 2017.

En esa línea tenemos, que las compras realizadas entre 2013 y 2015 se adecuaron a un inventario de salida que se contrajo súbitamente en un 50% a finales del año 2015. La contracción de la demanda generó que se desmovilizaran equipos y se desistiera de repararlos. Sumado a esto, el plan de gestión de mantenimiento de la flota cambió y se dejó de comprar equipos Sandvik por lo que repuestos comprados para esos equipos quedaron obsoletos.

1. Importar repuestos no es posible pues ABC usa repuestos originales de Atlas Copco y Sandvik. La política regional de ambas empresas no le permite considerar obtenerlos en Sudáfrica u otro país, y a su vez el parque de equipos con antigüedad mayor a cinco años cuya situación es no reparable, debería retirarse de los inventarios.
2. Hace algunos años ABC importó barras y brocas de perforación de la China, pero la experiencia no fue positiva pues la calidad era baja y duraban menos de la mitad de las barras originales. Además, se perjudicó la operación al incrementar las paradas para cambiar barras/brocas. Pero considerando que Atlas Copco y Sandvik son empresas que tienen un *mark-up* importante, consideramos que se podrían lograr ahorros del 30% si encontramos un producto de calidad. ABC gasta 51,000.00 USD/mes, por lo que el impacto de esta medida se estima en 183,600.00 USD/año
3. Importar llantas en volumen podría generar ahorros de hasta un 50% pero considerando la política de inventarios que están aplicando no es una opción viable al corto plazo. Es recomendable ubicar proveedores para cuando las condiciones del mercado mejoren.

10.7 Conclusiones.

1. ABC debe estar preparada para asumir los cambios súbitos en la demanda de sus clientes. El costo hundido en inventarios que resulto de la contracción súbita y significativa de la demanda a finales del año 2015 es una experiencia que le ha costado USD 334 mil de capital inmovilizado. Se recomienda, seguir con la actual política de compras es lo acertado.
2. Los ahorros que podrían generarse si se importan barras y brocas de perforación de calidad es 30%, es necesario seguir explorando el mercado hasta encontrar un proveedor que tenga barras de perforación de calidad. Esto podría lograrse importando pequeñas cantidades de diferentes proveedores y probarlas hasta encontrar al proveedor adecuado. El estimado de ahorro son 183,600.00 USD/año



Capítulo XI: Gestión de Costos

11.1. Introducción

Según Skinner (como se cita en D'Alessio, 2013), los costos de operativos o de producción, representan 85% de los costos totales; el costo de producción (C_3) es la suma de: (a) costos de diseño (C_0), (b) costo de insumos (C_1), (c) costo de proceso (C_2), y (d) costo del servicio postventa (C_4). En el caso de ABC, el costo de diseño (C_0) no existe, pues el cliente proporciona el diseño del túnel empleando diferentes áreas de soporte (topografía, geología, mecánica de rocas, planeamiento de mina). El costo del servicio postventa (C_4) aparece cuando hay problemas de calidad y el túnel necesita trabajos adicionales. Según D'Alessio (2013), el control de los costos de los insumos (C_1) y de proceso (C_2) son clave para detectar mermas, excesos y desbalances en el uso de los recursos.

En la industria minera se emplea una nomenclatura diferente para los costos. Se calcula el costo por tonelada o libra producida, lo que permite tener una idea clara de la diferencia entre el precio "*commodity*" de mercado y los costos reales. El costo de producción (C_2) incluye: (a) el gasto directo (C_1), y (b) la depreciación. El costo total (C_3) es la suma de (a) el costo de producción (C_2), (b) el costo indirecto, y (c) los costos financieros. Sin embargo, ABC no es una empresa minera, no produce minerales, solo desarrolla túneles, por lo que se empleará la nomenclatura sugerida por D'Alessio (2013)

ABC posee una Dirección de administración y finanzas, en la Figura 60 se muestra el organigrama de esta área funcional. La gerencia de finanzas es la encargada de llevar la contabilidad y el control de costos, mientras que la gerencia de tesorería es la encargada de ejecutar los pagos. Debido a que el volumen de propuestas para nuevos proyectos es muy limitado, la dirección de operaciones es la encargada de preparar nuevas propuestas basadas en la información histórica de costos de la empresa.

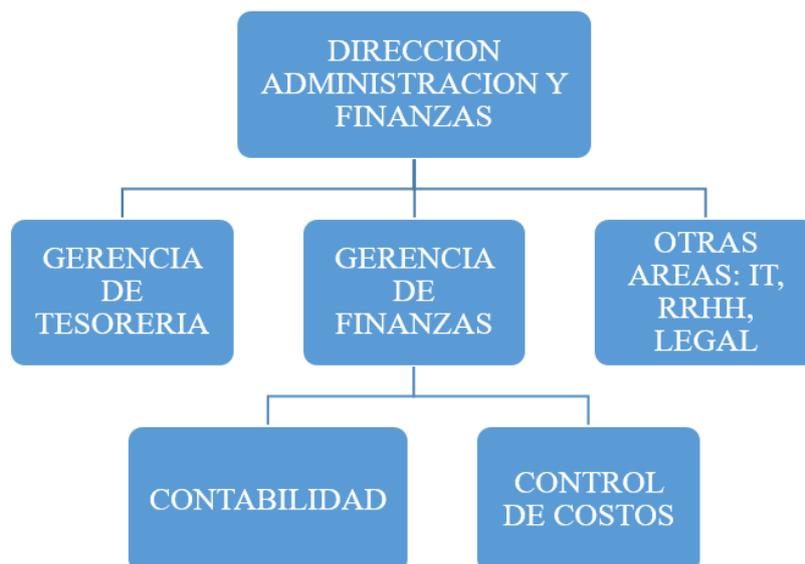


Figura 60. Organigrama de la dirección de administración y finanzas de ABC

ABC controla sus costos mediante el costeo por procesos (*Process Cost*); en el cual se hace un balance entre ingresos y egresos de cada uno de los siguientes cuatro centros de costo: (a) la oficina principal, (b) el taller de mantenimiento central, (c) el proyecto SOB, y (d) el proyecto Mufulira.

11.2. Costeo por Órdenes de Trabajo

Se han revisado los cuatro centros de costo de la empresa

11.2.1. Los proyectos SOB y Mufulira Deeps.

En general, el número de proyectos es variable en el tiempo, los proyectos son los que realizan actividades productivas, y por lo tanto generan ingresos y costos directos. ABC emplea estos ingresos para solventar los costos fijos y variables de áreas de soporte (no productivas) como la oficina central y el taller central. El costo de insumos (C_1) es nulo, pues los materiales de soporte: (a) pernos de anclaje, (b) barras de anclaje, y (c) malla, son proporcionados (por el cliente) libres de costo, ABC solo incurre en un costo de mano de obra al realizar el transporte e instalación. El costo de proceso (C_2) se muestra en la Tabla 42, e incluye la distribución del costo por grupos.

Tabla 42.

Costo Operativo Mensual de ABC

Ítem	Costos directos	Planeado mensual		Real mensual (enero 2017)	
		(USD)	%	(USD)	%
100	Mano de obra	(353,564)	47.88	(348,820)	54.56
101	Salarios empleados	(352,992)	46.96	(340,697)	53.29
102	Otros costos	(10,562)	1.39	(8,123)	1.27
200	Materiales	(214,691)	28.28	(152,122)	23.79
201	Explosivos (Mufulira Deep)	(63,000)	8.30	(54,539)	8.53
202	Explosivos (SOB)	(58,500)	7.70	(40,479)	6.33
203	Aceros de perforación (Mufulira Deep)	(43,500)	5.73	(38,647)	6.04
204	Aceros de perforación (SOB)	(37,700)	4.97	(9,511)	1.49
205	Equipo de protección personal	(4,076)	0.54	(4,009)	0.63
206	Consumibles	(4,920)	0.65	(3,728)	0.58
207	Otros materiales	(2,995)	0.39	(1,208)	0.19
300	Equipos de interior de mina	(155,146)	20.43	(111,794)	17.49
301	Repuestos	(120,402)	15.86	(85,258)	13.33
302	Mantenimiento	(8,244)	1.09	(6,416)	1.00
303	Llantas y cámaras	(18,079)	2.38	(18,395)	2.88
304	Mangueras	(5,779)	0.76	(242)	0.04
305	Otros costos	(2,642)	0.35	(1,483)	0.23
400	Vehículos de superficie	(8,517)	1.12	(9,602)	1.50
401	Combustibles y lubricantes	(5,018)	0.66	(5,083)	0.80
402	Mantenimiento de vehículos	(1,503)	0.20	(597)	0.09
403	Seguro	(1,892)	0.25	(3,911)	0.61
404	Otros costos	(103)	0.01	(10)	0.00
500	Costos contractuales	(17,356)	2.29	(17,020)	2.66
1000	Total, costo operativo	(759,264)	100.00	(639,358)	100.00

Nota. Adaptado de ABC Files, 2017.

El mayor costo es la mano de obra (47.88%), de este costo una parte es costo fijo correspondiente a salarios (46.49%) y otra parte variable de “otros costos” (1.39%) que incluyen bonos de producción, gastos médicos, y otros gastos relacionadas a la mano de obra. Actualmente, los gerentes y los perforistas reciben bonos de producción. El costo es elevado, pero está dentro del rango esperado para este tipo de industria, la cual tiene los siguientes factores condicionantes: (a) la industria de desarrollo de túneles de interior mina es de alto

riesgo, (b) gente altamente calificada y eficiente no es barata, y (c) características propias de cada país.

Los materiales son el segundo grupo en importancia (28.28%) destacando en este grupo el costo de los explosivos (16%) y los aceros de perforación (10.69%). Los combustible y lubricantes del equipo de interior mina no se indican en la lista debido a que la mina entrega una cantidad fija por equipo al mes libre de costo. Los explosivos son procurados por la mina y entregados a ABC en interior mina por dos motivos: (a) mantener un alto estándar de calidad de productos, y (b) reducir riesgos de manipuleo; pero su costo se descuenta del pago mensual de la mina, por lo cual las posibilidades de mejora son nulas.

Los aceros de perforación o *Rock Drilling Tools* (RDT) representan un 10.69% del costo, Sandvik y Atlas-Copco son los proveedores de los aceros de perforación. Para ABC, el precio no es atractivo (a pesar de tener un abultado descuento sobre el precio de lista) y por lo general es 50% más elevado que el proporcionado por fundiciones de la China o India. ABC ha explorado esta opción, pero al comparar el rendimiento de las barras en términos de costo por metro de perforación el resultado es los RDT de Sandvik y Atlas Copco son más económicos, esto sin considerar que además con estos proveedores se obtienen facilidades de pago (facturas a 30 días) por lo que actualmente no es una opción cambiar estos proveedores. En la Figura 65 se muestran los diferentes componentes de los RDT. ABC emplea los siguientes componentes: (a) adaptador T38, (b) unión T38, (c) barra de perforación hexagonal R32 de 3.1 m, (d) barra de perforación hexagonal R32 de 3.7 m, (e) broca de botones R32 43mm, (f) broca de domo escariador R32 102 mm, y (g) broca escariador con guía R32 102mm.

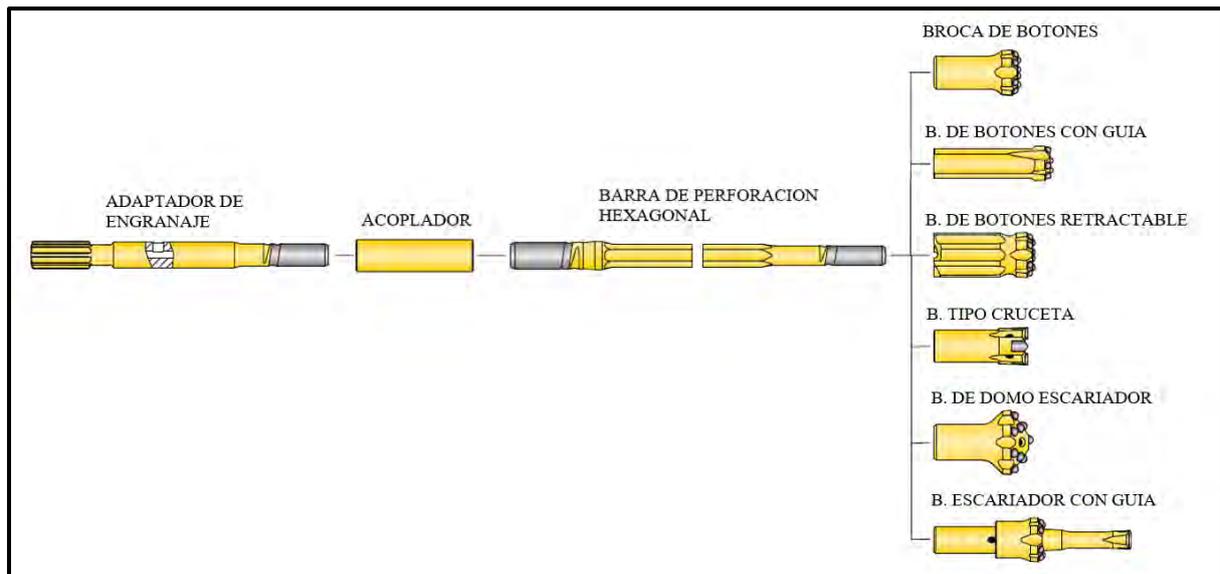


Figura 61. Aceros de perforación (RDT). Adaptado de *Secoroc drilling tools, top hammer equipment, product catalogue*, Atlas Copco, Mayo 2015.

ABC monitorea estadísticamente el consumo de los diferentes RDT y calcula un costo mensual por proyecto. En la Tabla 43 se muestra el cálculo del costo de los RDT, el cual es variable debido a factores que modifican la performance como: (a) la dureza de la roca, (b) la calidad del taladro electro-hidráulico, (c) dureza del acero de perforación, y (d) estricto control en manipuleo y reposición de aceros de perforación.

Para analizar esta se ha asumido que la calidad del acero de perforación es uniforme y la dureza de la roca es la misma en cada proyecto, por lo que cualquier dispersión en los datos se debe a dos factores: (a) la calidad del martillo electro hidráulico, y (b) estricto control en manipulación y reposición de aceros de perforación. Se sabe que la roca en Mufulira es más dura y eso se demuestra pues en Mufulira una broca produce 0.56 m de túnel en promedio versus 0.78 m del proyecto SOB. Sin embargo, las barras de perforación y el costo de perforación muestran una tendencia opuesta, por lo que se asume que en el proyecto SOB los factores de (a) calidad del martillo electro hidráulico, y (b) control en la manipulación y reposición tienen un efecto negativo. Podría haber un error estadístico inducido debido a que la Tabla 38 no indica la vida estimada restante de la última barra instalada que no se ha consumido.

Tabla 43.

Análisis de Aceros de Perforación para Marzo 2017 de ABC

Descripción	Costo unitario (USD)	SOB				Mufulira Deeps				
		J-02 (und)	J-020 (und)	J-017 (und)	Total (und)	J-0032 (und)	J-016 (und)	J-018 (und)	J-02 (und)	Total (und)
Broca 43 mm R32	25.48	83	94	77	254	135	154	132	157	578
Barra de perforación R32 3,1 m	262.06	7	8	8	23	6	9	7	7	29
Barra de perforación r32 3,7 m	232.43	9	7	9	25	4	7	3	6	20
Broca escariador con guía 102 mm	72.79	4	3	4	11	0	0	0	0	0
Broca de domo 102 mm	145.59	0	0	0	0	2	5	5	7	19
Adaptador piloto Acoplador T38 – T38	54.60	4	3	4	11	0	0	0	0	0
Adaptador de engranaje T38 - 8	31.85	8	7	6	21	8	12	10	10	40
	171.83	7	16	9	32	9	10	7	10	36
Total	(USD)	8,008	9,473	8,397	25,878	8,034	10,737	8,144	10,285	37,200
Avance	(m de túnel)	71	74	52	197	90	75	82	76	322
Costo	(USD/m de túnel)	112	128	161	131	90	144	100	136	116
Rendimiento brocas	(m/und)	0.86	0.79	0.68	0.78	0.66	0.48	0.62	0.48	0.56
Rendimiento barras	(m/und)	4.46	4.92	3.07	4.11	8.96	4.66	8.18	5.83	6057
Disparo	(disparo)	30	30	22	82	34	29	32	29	124
Penetración	(m/disparo)	2.38	2.46	2.37	2.41	2.64	2.57	2.56	2.61	2.59
Consumo	(brocas/disparo)	2.77	3.13	3.50	3.10	3.97	5.31	4.13	5.41	4.66
Consumo	(barras/disparo)	0.53	0.50	0.77	0.59	0.29	0.55	0.31	0.45	0.40

Nota. Adaptado de ABC files, 2017.

Si comparamos el jumbo J-2 con el J-17, ambos del proyecto SOB, vemos que el Jumbo J-2 consume 8% más brocas, pero produce 37% más metros de túnel, y consume solo 98% de barras de perforación que el jumbo J-17, por lo que se concluye que el personal del jumbo J-17 no tiene como justificar el sobre-consumo de barras de perforación y por lo tanto el problema es el control en el manipuleo y reposición. Si comparamos el jumbo J-3 con el J-16, ambos del proyecto Mufulira, vemos que el Jumbo J-16 consume 14% más brocas y 60% más barras, el costo es 34% mayor y la performance es solo 83%. En este caso se nota que el martillo del Jumbo J-3 es mejor, pero el personal del Jumbo J-16 no puede justificar porque consume 60% más barras (en lugar de 14%) y solo produce el 83% del otro equipo.

El costo de perforación varía desde 112 hasta 161 USD/m en el proyecto SOB y en Mufulira Deeps el rango varía de 90 a 144 USD/m. El costo de barras de perforación es 38% del costo total mientras que el de brocas es 34%. En enero del 2017 Sandvik realizó pruebas en SOB con los equipos de ABC, el resultado fue que demostró que es factible perforar un frente completo empleando el equipo de ABC y consumiendo solo dos brocas. Mientras que ABC emplea 3.1 para SOB y 4.66 para Mufulira. Con esto Sandvik demostró que el control en el manipuleo y reposición es un factor crítico que afecta el costo de operación.

La oficina central se considera como costo fijo, no produce ingresos a la empresa, pero para efectos de control interno, se carga un ingreso fijo y ficticio (USD 7,000). Según se muestra en la Tabla 44, la oficina central tiene relativamente el mismo tamaño en términos de personas en los últimos seis años, pero se puede ver que la productividad de los empleados bajado de 141.75 m/persona en el año 2012 a 66.35 m/persona en el año 2016. Se atribuye la caída de la productividad a la reducción de proyectos y la demanda en metros de túnel por año, pero se concluye que se tiene la capacidad instalada para soportar una producción de 10 k m/año (>100% incremento).

Tabla 44.

Producción, Empleados e Indicadores de Productividad de ABC

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Proyectos	(und)	4	5	5	5	5	5	4	2
Producción total	(m / año)	3296	7169	8230	10631	9556	8774	8728	4910
Empleados proyectos	(persona)	234	364	411	544	532	558	438	306
Productividad proyectos	(m / persona)	14.1	19.7	20.0	19.5	18.0	15.7	19.9	16.0
Empleados OC&TM	(persona)	47	59	71	75	76	70	78	74
Productividad OC&TM	(m / persona)	70.1	121.5	115.9	141.7	125.7	125.3	111.9	66.3
Empleados totales	(persona)	281	423	482	619	608	628	516	380
Productividad Total	(m / persona)	11.7	16.9	17.1	17.2	15.7	14.0	16.9	12.9

11.3. Costeo Basado en Actividades

ABC controla sus costos e ingresos de acuerdo a sus cuatro centros de costo actuales. En la Figura 66 se muestra: (a) el detalle de los ingresos, (b) costos de ventas, y (c) la ganancia bruta para los tres primeros meses del año 2017. Se puede ver que el margen bruto de las operaciones productivas es bastante alto (41.7%), pero el costo de la oficina central y el taller afectan los resultados finales y el margen de ganancia bruta es 27.6%. En la Tabla 45 se muestran los resultados desde la Ganancia Bruta hasta *Earnings Before Taxes* (EBT) para el primer trimestre 2017.

11.4. Propuesta de Mejora

Para reducir los costos de los aceros de perforación y aumentar los metros de avance por disparo se recomienda implementar auditorías para controlar y monitorear periódicamente la producción de la cuadrilla de perforación, enfocándose en los jumbos con mayor costo operativo mensual. Los objetivos de esta auditoría serían:

Tabla 45.

Ganancia Bruta para ABC en el Trimestre 2017

DESCRIPCION	TOTAL ABC	CENTROS DE INGRESO / GANACIAS			CENTROS DE GASTOS GENERALES		
	Enero - Marzo 2017	SOB	MUF-DEEP	TOTAL	OFICINA CENTRAL	TALLER CENTRAL	TOTAL
INGRESOS	2,731,825	1,020,474	1,704,342	2,724,815	7,010	-	7,010
COSTO DE VENTAS							
Materiales							
Explosivos	(267,262)	(108,310)	(158,952)	(267,262)	-	-	-
RDT	(151,903)	(28,601)	(123,302)	(151,903)	-	-	-
Equipo de protection personal	(9,887)	(4,133)	(4,875)	(9,008)	(72.70)	(806.7)	(879.4)
Consumibles	(11,045)	(2,611)	(3,957)	(6,568)	(780)	(3,697)	(4,477)
Costo de otros materiales	(4,794)	(1,648)	(2,650)	(4,298)	-	(496)	(496)
Total Materiales	(444,892)	(145,303)	(293,736)	(439,039)	(853)	(5,000)	(5,853)
Mano de Obra							
Salarios	(1,008,054)	(253,123)	(501,683)	(754,806)	(181,971)	(71,278)	(253,248)
NAPSA (Pensiones)	(28,541)	(8,821)	(14,771)	(23,592)	(4,307)	(642)	(4,949)
Workers Compensation (seguro)	(16,509)	-	-	-	(16,509)	-	(16,509)
Bonos	(7,557)	-	(80)	(80)	(7,477)	-	(7,477)
Total Mano de Obra	(1,060,661)	(261,945)	(516,534)	(778,478)	(210,264)	(71,920)	(282,183)
Otros costos de Mano de obra							
Gastos médicos	(20,908)	(5,819)	(11,746)	(17,564)	(3,343)	-	(3,343)
Viajes y viáticos	(7,872)	-	(22)	(22)	(7,820)	(30)	(7,850)
Beneficios legales	(13,964)	(5,558)	(6,354)	(11,912)	(1,953)	(98)	(2,052)
Permisos de trabajo	(8,074)	-	-	-	(8,074)	-	(8,074)
Otros costos laborales	(930)	(150)	(360)	(510)	(420)	-	(420)
Total Otros costos de Mano de obra	(51,747)	(11,527)	(18,482)	(30,008)	(21,611)	(128)	(21,739)
Equipo de interior mina							
Repuestos	(283,461)	(61,939)	(160,977)	(222,916)	-	(60,545)	(60,545)
Mantenimiento	(15,261)	(4,569)	(12,854)	(17,423)	-	2,162	2,162
Llantas y cámaras	(46,631)	(2,809)	(43,822)	(46,631)	-	-	-
Mangueras	(109)	(3,608)	3,694	86	-	(196)	(196)
Otros costos de equipo de interior mina	(4,228)	209	(3,198)	(2,989)	-	(1,239)	(1,239)
Total Equipo de interior mina	(349,690)	(72,717)	(217,156)	(289,873)	-	(59,818)	(59,818)
Vehículos automotores							
Combustible y lubricantes	(14,452)	-	(166)	(166)	(14,286)	-	(14,286)
Mantenimiento	(1,714)	(65)	(420)	(485)	(1,229)	-	(1,229)
Seguro	(2,957)	-	-	-	(2,957)	-	(2,957)
otros costos de vehículos automotores	(636)	-	(10)	(10)	(626)	-	(626)
Total Vehiculos automotores	(19,759)	(65)	(596)	(661)	(19,098)	-	(19,098)
Costos contractuales	(51,020)	(21,000)	(30,020)	(51,020)	-	-	-
TOTAL COSTO DE VENTAS	(1,977,770)	(512,556)	(1,076,524)	(1,589,080)	(251,825)	(136,865)	(388,690)
GANANCIA BRUTA	754,055	507,917	627,818	1,135,735	(244,815)	(136,865)	(381,680)
Margen de Ganancia	27.6%	49.8%	36.8%	41.7%	0.0%	0.0%	0.0%

Adaptado de ABC files, 2017.

1. verificar que los RDT se consuman en las operaciones de ABC y no se desvíen a otras operaciones (2.0 para SOB y 3.0 para Mufulira), y
2. verificar que se cumpla con la profundidad de perforación para incrementar los metros de avance por disparo.

Tabla 46.

EBT de ABC para el Primer Trimestre 2017

DESCRIPCION	TOTAL ABC Enero - Marzo 2017	CENTROS DE INGRESO / GANACIAS			CENTROS DE GASTOS GENERALES		
		SOB	MUF- DEEP	TOTAL	OFICINA CENTRA L	TALLER CENTRA L	TOTAL
GANANCIA BRUTA	754,055	507,917	627,818	1,135,735	(244,815)	(136,865)	(381,680)
Margen de Ganancia	27.6%	49.8%	36.8%	41.7%	0.0%	0.0%	0.0%
Otros ingresos	21,025	1,595	382	1,977	18,801	247	19,048
Gastos administrativos	(98,093)	(33,987)	12,101	(21,886)	(74,405)	(1,802)	(76,207)
EBITDA	676,987	475,525	640,301	1,115,826	(300,419)	(138,420)	(438,839)
Margen de Ganancia	24.8%	46.6%	37.6%	41.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total Depreciación & Amortización	(198,126)	-	-	-	(198,126)	-	(198,126)
EBIT	478,862	475,525	640,301	1,115,826	(498,545)	(138,420)	(636,965)
Margen de Ganancia	17.5%	46.6%	37.6%	41.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total Finance Costs	(5,065)	-	-	-	(5,065)	-	(5,065)
EBT	473,796	475,525	640,301	1,115,826	(503,610)	(138,420)	(642,030)
Margen de Ganancia	17.3%	46.6%	37.6%	41.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Adaptado de ABC files, 2017.

Para esta tarea sería suficiente con tener un técnico perforista dedicado exclusivamente a esta labor, uno por cada turno de trabajo y por proyecto. El costo total asociado a esta nueva cuadrilla sería de 3,000 USD/mes (salario supervisor x # turnos (1,500 x dos). Con una supervisión efectiva ABC debe alcanzar los consumos estándares para los RDT. En la Tabla 42 se detallan los ahorros en RDT y ganancias al incrementar la producción que se obtendrán implementando esta cuadrilla. Si deducimos el costo mensual de la cuadrilla tenemos que se tendría un saldo positivo mensual de USD 6, 866.42, por lo que ABC ahorraría 82, 397.04 USD/año con esta medida.

Tabla 47.

Cálculo de Ahorros y Ganancias al Implementar una Cuadrilla de Control

Descripcion	Unidad	SOB	MUF DEEPS	TOTAL
Consumo de barras / Avance				
Disparos	und	82.00	124.00	206.00
Taladros por disparo - seccion 4x4	und	56.00	56.00	112.00
Profundidad de taladro	m	3.20	3.20	3.20
Cantidad de metros perforados	m	14,694.40	22,220.80	36,915.20
Performance esperada por barra	m/barra	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Cantidad de barras empleadas	barra	25.00	20.00	45.00
Cantidad de metros a perforar	m/barra	25,000.00	20,000.00	45,000.00
Cantidad de barras a ahorrar	barras	10.00	-	10.00
Costo por barra	USD/barra	232.43	232.43	232.43
Ahorro mensual esperado	USD/mes	2,324.30	-	2,324.30
Consumo de brocas / Avance				
Disparos	und	82.00	124.00	206.00
Performance de brocas esperadas	und / disparo	2.00	3.00	2.50
Cantidad de brocas a consumir	und	164.00	372.00	536.00
Cantidad de brocas empleadas (real)	und	254.00	578.00	832.00
Cantidad de brocas a ahorrar	und	90.00	206.00	296.00
Precio por broca	USD/und	25.48	25.48	25.48
Ahorro mensual esperado	USD/mes	2,293.20	5,248.88	7,542.08
Ahorro mensual en RDT	USD /mes	4,617.50	5,248.88	9,866.38
Ahorro anual en RDT	USD /año	55,410.00	62,986.56	118,396.56

11.5. Conclusiones

1. ABC tiene una utilidad bruta interesante (41.7%) en sus actividades productivas, y debido a los costos fijos de: (a) la oficina central, y (b) el taller de mantenimiento, esta se reduce a 27.6%. En la medida que se logren nuevos proyectos, la utilidad bruta se recuperara al disminuir el impacto de los costos fijos.

El costo de los aceros de perforación es alrededor del 10% de los costos totales, y se ha identificado que las brocas no tienen la performance especificada. Se recomienda introducir una cuadrilla de control, la cual tendrá ahorros de 82, 397.04 USD/año.

Capítulo XII: Control de la Calidad

12.1. Gestión de la Calidad.

En la Figura 62 se observa el modelo esquemático del sistema de calidad total que ABC tiene en las minas de MCM. Como se observa la calidad del diseño y planeamiento del producto está en manos del cliente, en base a este diseño ABC realiza el planeamiento y diseño del proceso y determina la calidad del mismo. Por otro lado, la calidad de los insumos está completamente en manos del cliente, ABC los recibe y los introduce en el proceso de producción. En el caso de los materiales indirectos, de acuerdo al contrato, una parte está a cargo del cliente y otra de ABC.

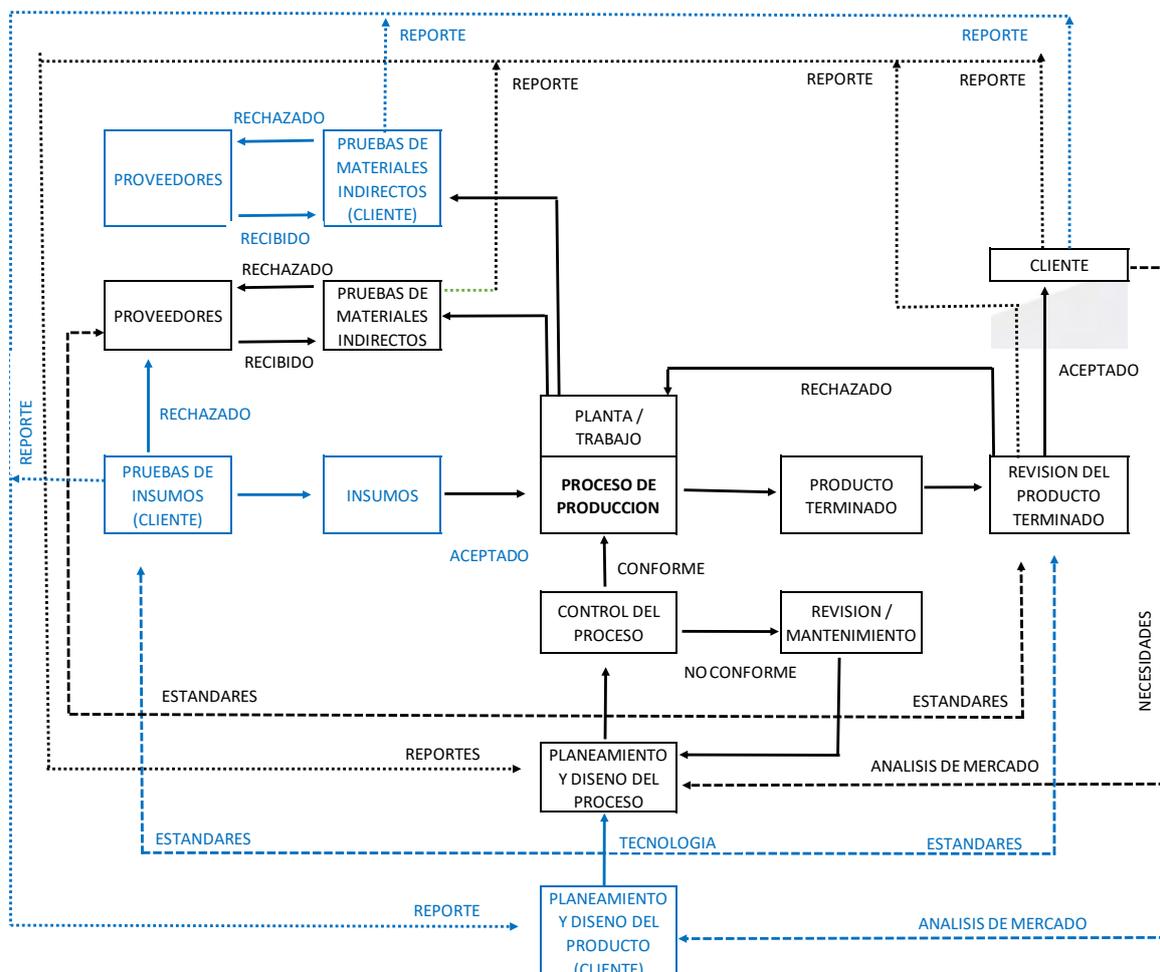


Figura 62. Esquema de sistema de calidad ABC en MCM. Adaptado de *Administración y Dirección de la Producción* (2ª ed. rev.), por F. D'Alessio, 2004, D.F., México: Pearson.

En el escenario anterior, se observa que la calidad final del producto depende de una adecuada comunicación/soporte entre ABC y MCM. En general, ABC desarrolla túneles para diferentes empresas mineras, la calidad de su servicio está dirigida a satisfacer las necesidades de sus clientes. Dependiendo de los estándares de cada mina estas necesidades varían, pero en general los parámetros que determinan la calidad de su servicio son: (a) producto dentro de las especificaciones: geometría del túnel de acuerdo al diseño, (b) cumplimiento del cronograma: metros por mes esperados por el cliente, (c) optimización de recursos: consumos dentro de lo recomendado/especificado, (d) seguridad industrial: trabajos realizados libres de accidentes, tolerancia cero.

Entonces el objetivo de la gestión de la calidad se ha enfocado en cumplir estos parámetros para lo cual ha implementado procesos de control/medición en el ciclo de minado. Los cuales se muestran en: (a) la Tabla 48, (b) Tabla 49, (c) Tabla 50, y (d) Tabla 51.

Tabla 48. Procesos de Control/Medición en el ciclo de Minado las Especificaciones.

Procesos de Control/Medición en el Ciclo de Minado

Etapa del Ciclo de Minado	Producto dentro de las especificaciones
Trazo y Topografía	Calibración anual de estaciones totales Se emplea solo información certificada por el cliente
Perforación	Se sigue el patrón de perforación del cliente
Carga y Voladura	Secuencia de voladura de acuerdo al diseño del cliente Periodo de re-entrada de acuerdo al diseño del cliente
Acarreo y Transporte	Se siguen las rutas especificadas por el cliente Se emplean los puntos de colección especificados por el cliente
Desatado y sostenimiento	100% cumplimiento del patrón de soporte del cliente

Tabla 49.

Procesos de Control/Medición Para el Cronograma de Trabajo

Etapa del Ciclo de Minado	Cronograma de trabajo
Trazo y Topografía	Asistencia del personal al 100%
Perforación	Asistencia del personal al 100% Disponibilidad de equipos sobre el 80% uso de aceros de perforación originales 100% disponibilidad de materiales
Carga y Voladura	Asistencia del personal al 100% Disponibilidad de materiales al 100%
Acarreo y Transporte	Asistencia del personal al 100% Disponibilidad de materiales al 100% Disponibilidad de equipos sobre el 80%
Desatado y sostenimiento	Asistencia del personal al 100% Disponibilidad de materiales al 100% Disponibilidad de equipos sobre el 80%

Tabla 50. *Procesos de Control/Medición Para la Optimización de Recursos**Procesos de Control/Medición Para la Optimización de Recursos*

Etapa del Ciclo de Minado	Optimización de recursos
Trazo y Topografía	Verificación in situ de trazos por el cliente
Perforación	Mantenimiento preventivo de equipos Control de consumo de aceros de perforación
Carga y Voladura	Control de consumo de explosivos Control de metros avanzados por disparo Mantenimiento preventivo de equipos
Acarreo y Transporte	Control de consumo de combustible y aceites Mantenimiento preventivo de equipos
Desatado y sostenimiento	Mantenimiento preventivo de equipos Reportes al cliente sobre condiciones geológicas e hidrológicas

Tabla 51.

Procesos de Control/Medición Para la Seguridad Industrial

Etapa del Ciclo de Minado	Optimización de recursos
Trazo y Topografía	Topógrafos con experiencia en interior mina Todo el personal apto para trabajar en interior mina y certificado por el cliente
Perforación	Operadores con licencia para perforación Todo el personal apto para trabajar en interior mina y certificado por el cliente
Carga y Voladura	Personal con certificación y licencia para voladura Cumplimiento estricto de los procedimientos de seguridad industrial establecidos por el cliente Todo el personal apto para trabajar en interior mina y certificado por el cliente
Acarreo y Transporte	Personal con certificación y licencia para operar equipos Todo el personal apto para trabajar en interior mina y certificado por el cliente
Desatado y sostenimiento	Cumplimiento estricto de los procedimientos de seguridad industrial establecidos por el cliente Todo el personal apto para trabajar en interior mina y certificado por el cliente

12.2. Control de la Calidad.

Debido a la topografía del *Copperbelt* las minas subterráneas solo tienen acceso por piques, entonces para el cliente controlar la cantidad de recursos a transportar a interior mina es vital. La calidad del servicio de ABC se mide de acuerdo a la eficiencia que tenga en controlar el uso de los recursos. Entonces estos procesos de control/medición permiten que ABC detecte desviaciones en el consumo y en el avance de la producción diariamente. Además, a medio plazo, la información es recopilada para ver oportunidades de mejora en el ciclo productivo.

Un ejemplo del control del consumo de materiales indirectos se observa en la Figura 63, donde se ha recopilado el costo del consumo de explosivos para SOB y Mufulira Deeps por cada Jumbo. Para SOB se observa que el costo del ambos Jumbos supera el costo determinado por MCM en cuatro oportunidades, que representan un 22% del total en nueve meses. Además, la desviación estándar para esta muestra es 22. En *Mufulira Deeps*, el consumo estimado por MCM se supera en solo una oportunidad, esto representa 4% en nueve meses; la desviación estándar es 12.

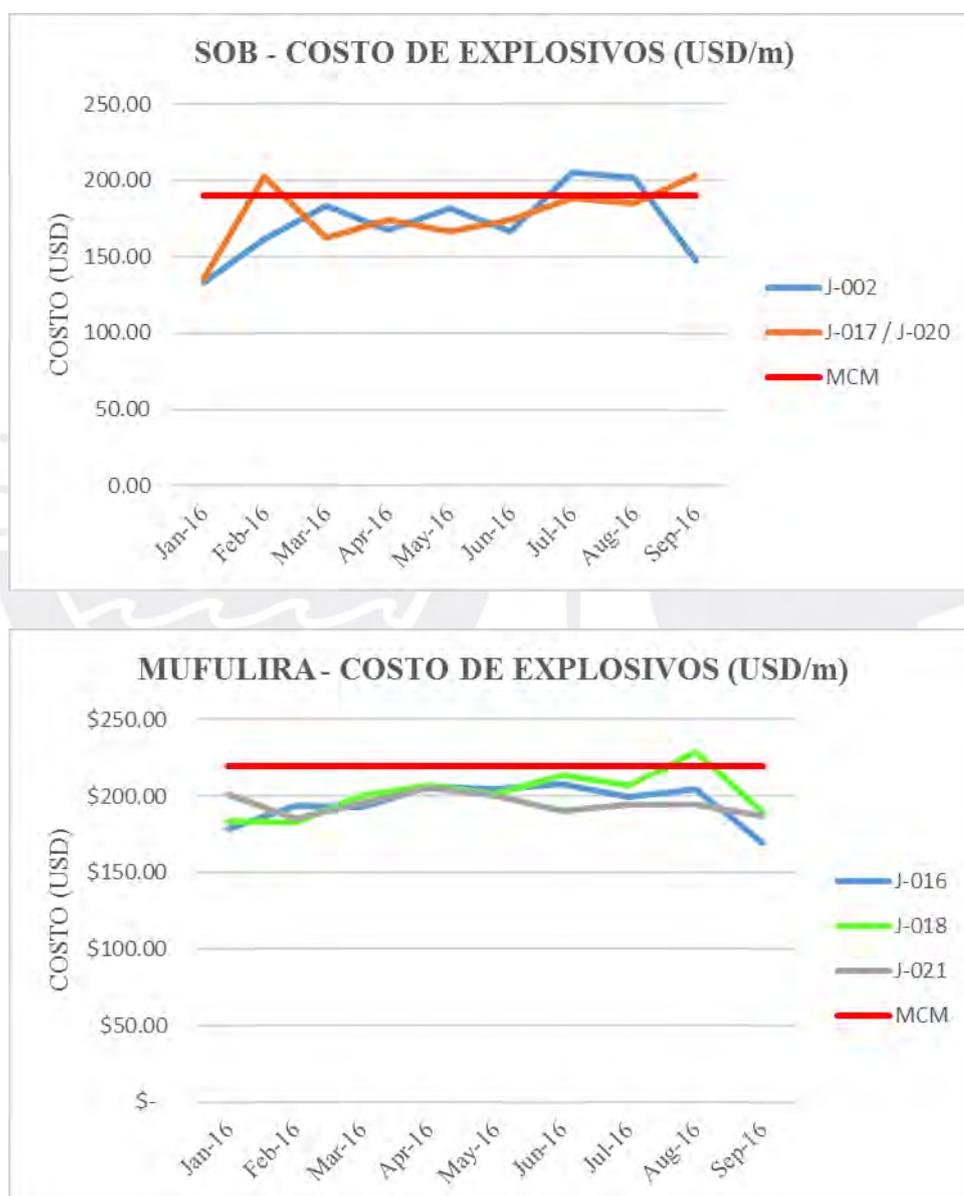


Figura 63. Costo mensual de explosivos ABC.

Si bien los resultados de *Mufulira Deeps* son más homogéneos que los de SOB, en ambos casos la dispersión estándar es baja y el promedio mensual de los nueve meses está debajo de lo requerido por el cliente. El cumplimiento de los metros de avance mensual está estrictamente ligado a disponer del personal necesario para la producción. Por lo que el control de la asistencia del personal es clave para lograr los objetivos. ABC tiene implementado un sistema de reportes diarios que le permiten controlar la asistencia y tomar medidas proactivas para que la calidad de su servicio no se vea afectada por ausencias. En la Tabla 52 se muestra la hoja de control de asistencia para *Mufulira Deeps* del 28-09-2016. En este día se reportaron como enfermos 6 personas y uno estaba de vacaciones, esto representa un 5% del total, un porcentaje alto que afecta el rendimiento de todo el equipo. Cuando las ausencias son de operadores se convierte en algo crítico ya ABC tiene que llamar a personal de su guardia en descanso para sacar el turno adelante. En este caso un operador de camión de interior mina no se reportó enfermo y ABC no logró reemplazarlo por lo que el acarreo y transporte se vio afectado.

12.3. Propuesta de Mejora.

Como se observa en el esquema de sistema de calidad de ABC en MCM, presentado en la Figura 71, el cliente define aspectos cruciales que afectan la calidad final del producto y sobre esto ABC no tiene ninguna injerencia u opinión. Actualmente el proceso determina que al finalizar el mes el avance se mide y luego se paga; el cliente no solicita retroalimentación alguna. Pero aquí ABC pierde una buena oportunidad de mejorar la percepción de la calidad del servicio que ofrece. Debería dar retro alimentación al cliente sobre: (a) la performance de los insumos recibidos, (b) los problemas enfrentados para el abastecimiento de materiales indirectos que el cliente debe proporcionar, (c) los problemas enfrentados para transportar los materiales hacia interior mina y (d) los retrasos producidos por servicios no instalados en los túneles donde se trabaja. El reporte debe incluir

recomendaciones para cada punto. Un contratista interesado en retro alimentar el proceso productivo detectando oportunidades de mejora es altamente apreciado por el cliente.

Tabla 52.

Hoja de Asistencia Diaria 29 -09 – 2016

AAC MINING EXECUTORS LTD - MUF. DEEPS				
DAILY ATTENDANCE				
JOB TITLES	NIGHT SHIFT(28.09.2016)		DAY SHIFT (29.09.2016)	
	REQUIRED	ACTUAL	REQUIRED	ACTUAL
MINE CAPTAINS	4	4	3	3
SHIFT BOSSES	3	3	3	3
BOOMER OPERATORS	4	4	4	4
BOOMER HELPER	4	4	4	4
PIC	7	7	8	8
TIMBERMAN	No N/ Shift	No N/Shift	4	4
TIMBEERMAN HELPERS	No N/ Shift	No N/Shift	4	2
HELPER	5	5	3	3
SAFETY OFFICER	1	1	1	1
SURVEYOR	No N/ Shift	No N/ Shift	1	1
ASSISTANT SURVEYOR	0	0	9	8
MAGAZINE ATTENDANT	No N/ Shift	No N/ Shift	3	3
MAGAZINE HELPER	No N/ Shift	No N/ Shift	3	2
STOREMAN(UNDERGROUND)	1	1	1	1
STOREMAN (SURFACE)	1	1	1	1
MATERIAL COORDINATOR	No N/Shift	No N/Shift	1	1
MATERIAL CHASER	3	3	3	3
DUMPTRUCK OPERATOR	2	2	2	2
LOADER OPERATORS	3	3	3	3
Caddy Operator	0	0	1	1
MAINTENANCE PLANNER	No N/Shift	No N/Shift	2	2
FOREMEN	3	3	4	4
ELECTRICIANS	3	3	4	4
FITTER	7	7	6	6
BOILER MAKER	1	1	1	1
TYRE FITTER	1	1	1	0
HUMAN RESOURCES OFFICER	No N/Shift	No N/Shift	1	1
SITE ADMIN	No N/Shift	No N/Shift	1	1
SITE CLERK	1	1	2	1
CAPLAMP ATTENDANT	1	1	1	1
DRIVER /SURFACE	1	1	2	2
UNDERGROUND DRIVER	1	1	1	0
GENERAL CLEANER	No N/Shift	No N/Shift	1	1
			SICK	6
			LEAVE	1
			DAYSHIFT	82
			NIGHTSHIFT	57
			TOTAL	146

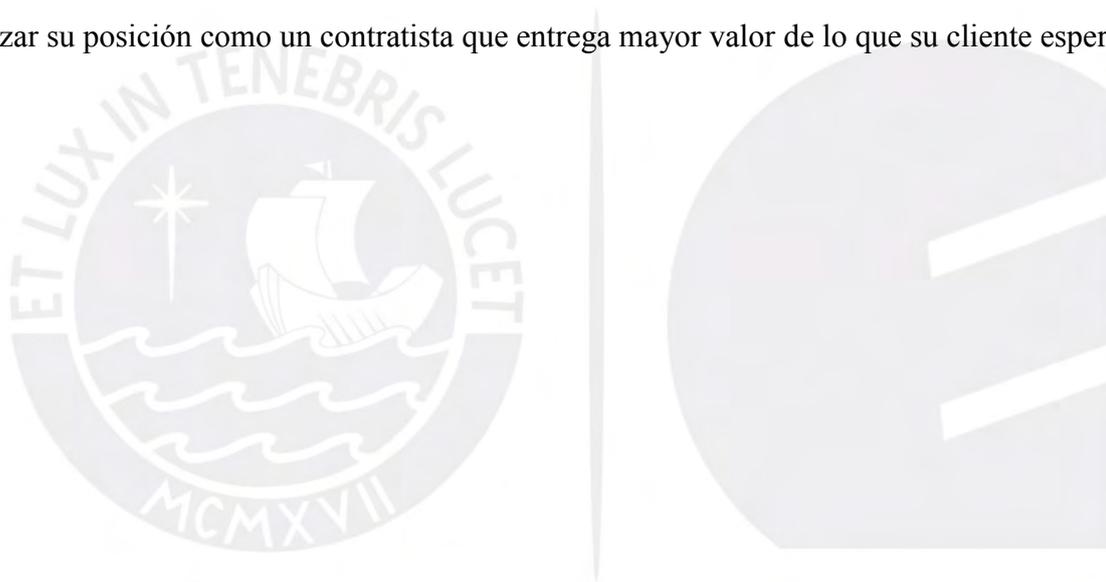
Nota. Tomado de ABC Files, 2017

La cantidad de información que ABC recoge como resultado de los controles de calidad establecidos dentro del ciclo de minado es (a) abundante, y (b) sustancial.

Actualmente, ABC la emplea para tomar decisiones a corto y mediano plazo. Pero la misma información podría aprovecharse mejor si esta se organiza en una base de datos cuyo análisis permita encontrar oportunidades de mejora a largo plazo. Implementar esta recomendación no representa un costo adicional a la empresa, se puede manejar con los recursos existentes.

12.4. Conclusiones.

El éxito del control de calidad del producto final de ABC depende de una adecuada relación con su cliente, en la que la comunicación/retroalimentación en ambas direcciones es imprescindible, bajo este escenario ABC debe aprovechar la oportunidad que tiene para reforzar su posición como un contratista que entrega mayor valor de lo que su cliente espera.



Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento

El área de Mantenimiento es responsable de la gestión de los equipos y maquinarias directamente relacionados con la operación. Se realiza con personal propio, tercerizando aquellas actividades técnicas con mayor especialización y/o que por un tema de garantía sea necesario realizar con el proveedor. En la actualidad realizan una el programa de mantenimiento básico, donde no se evalúa la criticidad de los equipos, a pesar de que este aspecto aseguraría una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos y maquinarias en obra.

La gestión de mantenimiento en la empresa es más orientada al mantenimiento correctivo que preventivo según lo relevado, debido a la antigüedad de los equipos. Esto se debe a que la operación actualmente solo cuenta con dos frentes, mientras que entre el 2012 al 2014 llegaron a manejar hasta cinco proyectos en forma paralela. Si bien en el negocio minero una parada de máquina sería crítica porque afectaría la continuidad de las operaciones, en este caso debido a que las empresas competidoras tienen menores índices de avance, la empresa no considera que sea un tema prioritario en la gestión. En la Tabla 53, se muestra la lista de trabajadores del área de Mantenimiento, que se encuentra liderada por el Gerente de Mantenimiento, el cual reporta directamente a la Gerencia General.

13.1. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo en la operación es atendido por personal propio o tercerizado, de acuerdo con la máquina a intervenir y la complejidad de la avería; esto, con la previa evaluación y autorización del Jefe de Mantenimiento. El costo de mantenimiento correctivo en el año 2016 fue USD 493,941.00 con un uso de aproximadamente 13,000 horas de mantenimiento correctivo. Este costo correspondió a gastos realizados a mantenimiento correctivo de maquinaria, que básicamente contempla costos de mano de obra, repuestos,

lubricantes y las reparaciones por falla del equipo que se presentan debido a la falta de un mantenimiento preventivo en ambos frentes de trabajo.

Tabla 53.

Lista de Trabajadores en el Área de Mantenimiento

Cargo	Cantidad de personal
Gerente de mantenimiento	1
Supervisor	1
Coordinador de mantenimiento	2
Planificador	2
Calderero	7
Electricista	2
Mecánico	7
Ayudante	1
Maquinista	2
Almacenero	2
Total	27

Nota: Tomado de ABC files, 2017.

En este caso muchos de los equipos han sobrepasado la cantidad de años de vida útil de acuerdo con las especificaciones de tiempo de uso y mantenimiento preventivo entregadas por los proveedores de estos equipos. Según la información proporcionada se sabe que en la actualidad que la proporción de horas laboradas versus las horas en mantenimiento correctivo son aproximadamente de uno a uno.

13.2. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, igualmente que el correctivo, se realiza a maquinaria ubicada en las zonas de trabajo que, según la complejidad de la avería, esta será atendida por el personal de la compañía o por terceros. El costo del mantenimiento preventivo en el año 2016 fue de \$ 116,496, equivalente al 19% respecto al costo total de mantenimiento. Cabe resaltar que dentro del mantenimiento preventivo se ha considerado el tiempo de preparación previa de los equipos.

Finalmente, en la planta se observó la aplicación de la estrategia de invertir lo mínimo

el Capítulo VIII y de forma adicional elaborar un plan de mantenimiento más adecuado para la planta considerando las siguientes variables: la criticidad de maquinaria, la organización de la maquinaria, y el balance ideal 70/30 del mantenimiento preventivo y correctivo; buscando obtener un nivel de actividad óptimo y un costo mínimo de la gestión (D'Alessio, 2013).

Aparte de la compra de nuevos equipos es necesario elaborar un plan de mantenimiento preventivo, que aparte de considerar las indicaciones del proveedor considere también el nivel de criticidad de la maquinaria existente. El equipo de mantenimiento y el responsable de operaciones deberán establecer variables tales como: seguridad, calidad, operaciones y mantenimiento. En la Tabla 54 se muestran dichas variables, con un valor asignado a cada uno de los aspectos ponderados. A partir de los puntajes asignados a cada uno de los equipos se genera una clasificación en máquinas críticas, semi-críticas y no críticas, como se detalla en la Tabla 55. De acuerdo con esta clasificación, se propone una frecuencia de mantenimiento preventivo periódica en las máquinas críticas y semi-críticas, asegurando así la reducción de fallas y en consecuencia la continuidad de las operaciones.

13.4. Conclusiones

La gestión de mantenimiento en la empresa no es la adecuada y esto se evidencia en que la cantidad de horas en funcionamiento es muy similar a la cantidad de horas en mantenimiento correctivo. Esta condición genera pérdidas de capacidad, de recursos y de tiempo. No se maneja el concepto de criticidad para gestionar el mantenimiento en planta. Del costo total de mantenimiento de \$ 610,438 del 2016, el 19% correspondió a mantenimiento preventivo; y 81%, a mantenimiento correctivo. Se puede observar que los porcentajes no están en una proporción adecuada, lo cual ocasiona sobrecostos y baja productividad.

Tabla 54.

Aspectos de Valoración de Criticidad de Máquinas

Atributo	Criterio de Evaluación	Clase
Seguridad: Efecto del fallo sobre personas y entorno	Un fallo del equipo expone riesgo de explosión u otros peligros; el fallo del equipo causa una polución seria.	A
	El fallo del equipo puede afectar adversamente el entorno.	B
	Otros equipos	C
Calidad: Efecto del fallo sobre calidad del producto	El fallo del equipo tiene un gran efecto sobre la calidad.	A
	Un fallo del equipo produce variaciones de la calidad que pueden corregirse por el operario de forma relativamente rápida	B
	Otros equipos	C
Operaciones: Efecto del fallo sobre la producción	Equipos con gran efecto sobre la producción, sin unidades de reserva, cuyos fallos son causa de que los procesos previos y siguientes paren por completo	A
	Un fallo del equipo causa solo una parada parcial	B
	Un fallo del equipo tiene poco o ningún efecto sobre la producción	C
Mantenimiento: Tiempo y costes de reparación	La reparación del equipo toma 4 o más horas y cuesta \$2,400 o más, o bien se producen tres o más fallos por mes	A
	La reparación del equipo toma 4 o menos y cuesta entre \$240 y \$2,400, o falla menos de tres veces por mes	B
	El coste de reparación es menor a \$240 dólares o puede dejarse sin reparar hasta que surja una mejor oportunidad	C

Nota. Tomado de "TPM en Industrias de proceso" editado por Tokutaro Suzuki, 1995

No existe una gestión de activos debido a que muchos de los equipos no se encuentran en buen estado. Del total de los equipos solo un 43% se encuentra operativo y un 16% inoperativos. Del resto de equipos un 21% se consideran equipos que no pueden ser reparados, con sus ciclos de vida cumplidos y depreciadas al 100% y por último un 20% de los equipos que pueden ser reparados, con un alto el costo de reparación. Estos números nos dan un sustento bastante sólido para planificar a futuro la reposición de maquinarias por equipos más modernos que, dado los grandes avances en tecnología, implica el incremento de la competitividad y la productividad operativa.

Tabla 55.

Matriz de Criticidad de Máquinas

Tipo de Equipo	Código	Seguridad	Calidad	Operaciones	Mantenimiento	Total
CADDY	U-001	C	C	C	B	C
DUMPTRUCK	D-011	B	B	B	B	B
DUMPTRUCK	D-013	B	B	B	B	B
DUMPTRUCK	D-012	B	B	B	B	B
DUMPTRUCK	D-009	B	B	B	B	B
JUMBO	J-003	A	A	A	A	A
JUMBO	J-016	A	A	A	A	A
JUMBO	J-018	A	A	A	A	A
JUMBO	J-021	A	A	A	A	A
JUMBO	J-002	A	A	A	A	A
JUMBO	J-017	A	A	A	A	A
JUMBO	J-020	A	A	A	A	A
LOADER	L-014	B	B	A	B	B
LOADER	L-022	B	B	A	B	B
LOADER	L-023	B	B	A	B	B
LOADER	L-017	B	B	A	B	B
LOADER	L-018	B	B	A	B	B

Nota. Modificado de ABC files, 2017. A – crítico, B – semi-crítico, y C-no crítico

Capítulo XIV: Cadena de Suministro

14.1. Definición del Producto

El servicio ofrecido por la empresa ABC es el de desarrollo de túneles en las unidades mineras de sus clientes. El departamento de planeamiento del cliente diseña los túneles y define características como: (a) ubicación, dimensiones y pendientes; (b) patrón de perforación, diámetro y profundidad de taladro, tipos de explosivo y cantidad a emplear; y (c) soporte, patrón, tipo y cantidad. La empresa ejecuta el diseño de la mina (cliente), para lo cual proporciona el personal, los equipos e insumos necesarios de acuerdo con los estándares de sus clientes.

14.2. Descripción de las Empresas que Conforman la Cadena de Abastecimiento

Los principales proveedores de la empresa ABC se encuentran listados en la Tabla 56. Los equipos que ABC emplea son Atlas Copco y Sandvik, por lo que se convierten en sus principales proveedores. Con la finalidad de mantener las garantías de los equipos y mejorar la calidad de su servicio, ABC compra de estas empresas los respectivos componentes, repuestos grandes y aceros de perforación. Pero buscando reducir gastos sin alterar la calidad de su servicio, los repuestos menores los compra a otras empresas que importan/fabrican los mismos. Entre estas tenemos: (a) Liquid Rock. (b) Resemin y (c) Jalimcorp.

Atlas Copco es una empresa con presencia global en 180 países; en Zambia su oficina principal se encuentra ubicada en la ciudad de Chingola (54 km al norte de Kitwe) pero tiene una sucursal en la ciudad de Kitwe (Atlas Copco, 2017). Esta última es la que se encarga de atender a ABC. Ambas empresas han mantenido una buena relación comercial desde que ABC empezó a operar en Zambia; como resultado ABC es un cliente prioritario para Atlas Copco, esto se refleja en facilidades de crédito que se le otorgan para la compra de equipos, repuestos y consumibles.

Sandvik Zambia es una empresa de ingeniería con presencia global, solo en el África tiene sucursales en 21 países. Sandvik brinda soporte a un gran número de industrias, entre ellas está la minería. En Zambia la sucursal se encuentra en la ciudad de Kitwe (Sandvik, 2017). La relación comercial se inició en el año 2003, cuando ABC empezó su operación en Zambia, pero debido a la baja calidad del soporte post-venta recibido, ABC no compro más equipos Sandvik y solo lo mantuvo como proveedor de repuestos y consumibles para los equipos existentes. De acuerdo a la información brindada por la alta gerencia de ABC, actualmente Sandvik está buscando mejorar la relación comercial con ABC ofreciéndole mejoras en el servicio y facilidades para la compra de nuevos equipos.

Liquid Rock es una empresa zambiana cuyo principal negocio es la importación y venta de productos y consumibles para la minería. ABC le compra filtros para sus equipos. La relación comercial con ABC es buena, actualmente ABC tiene crédito de pago a 30 días. Resemin es una empresa especializada en el suministro de equipos de perforación minera y repuestos/consumibles. La cual tiene presencia en 18 países, incluido Zambia; en este caso la sucursal se encuentra en la ciudad de Kitwe (Resemin, 2017). Debido a la calidad de sus guías de perforación, se ha convertido en el principal proveedor de ABC para este consumible. La relación comercial es buena y la forma de pago es a 30 días.

Jalimcorp es una empresa zambiana que entro en el mercado en el año 2014, representando a Putzmeister en Zambia y en la República Democrática del Congo (Jalimcorp, 2017). Actualmente ha expandido su negocio a la fabricación de sellos y empaquetaduras y es por estos productos que ha iniciado una relación comercial con ABC a finales del año 2016. La forma de pago establecida es a 30 días.

Los lubricantes y combustibles para la producción los suministra su único actual cliente, MCM. Spectra y Takkis suministran estos productos respectivamente, pero para los procesos de soporte, su impacto en el costo de las operaciones es marginal y por lo tanto no

han sido descritos en este capítulo. Lo mismo ocurre con *Skayarts* que provee artículos de oficina y *CP Engineering* que provee artículos de ferretería.

14.3. Descripción del Nivel de Integración Vertical, Tercerización, Alianzas o *Joint - Venture* Encontrados.

ABC es un cliente importante para Atlas Copco. Debido a esto, entre ambas empresas se ha desarrollado una alianza estratégica buscando el mutuo beneficio para ambas. La alianza ha funcionado exitosamente pues por un largo tiempo ABC ha comprado únicamente equipos de Atlas Copco y al mismo tiempo ABC obtuvo créditos para sus compras y disponibilidad de stock de repuestos críticos sin costos adicionales.

Las mangueras de perforación son consumibles importante en cualquier operación minera. Actualmente ABC no cuenta con proveedores para mangueras de perforación, esto debido a que identifico que la calidad de mangueras producidas localmente era inferior y afectaba su producción; por otro lado, las mangueras de marca importadas tenían costos muy altos que afectaban su ganancia. Debido a esto, decidió preparar sus propias mangueras de perforación a la medida requerida por cada equipo, este proceso se realiza en el taller de la Oficina Central.

Debido a su vigente política de minimizar sus inventarios, ABC no ha desarrollado alianzas con otros proveedores, pero ha mantenido relaciones comerciales saludables que le permitirán en un futuro, cuando los proyectos se incrementen, explotar esta posibilidad. ABC también se ha visto en la necesidad de integrar hacia atrás el mantenimiento de equipos, tanto en superficie como en interior mina. Esto debido a que el mercado local no ofrece la calidad del servicio necesario para mantener los equipos adecuadamente, con la disponibilidad necesaria. Solo en el caso que un equipo tenga vigente la garantía de fábrica, este se repara/mantiene externamente. Sobre integración hacia adelante, ha recibido propuestas para operar minas, actualmente opera una mina en Perú, pero ninguna en Zambia.

14.4. Describir las Estrategias del Canal de Distribución

El servicio ofrecido por ABC es de alta especialización y el universo de potenciales clientes es reducido. Su estrategia competitiva se enfoca en la capacidad de respuesta a su cliente por lo que sus instalaciones se han ubicado en la provincia del Copperbelt, donde se concentra la actividad minera en Zambia y en donde están las minas que requieren sus servicios. ABC no necesita invertir muchos recursos en marketing, pero si realizar visitas periódicas de prospección a sus potenciales clientes, esto incluye a minas en Zambia y en la República Democrática del Congo.

14.5. Proponer Mejoras al Desempeño de la Cadena de Aprovisionamiento

Buscando encontrar oportunidades de mejoras, se ha evaluado la situación actual de la organización para identificar aquellos procesos que deban mejorarse. Por lo cual evaluaremos la actual cadena de suministros por medio de puntajes del uno al tres, donde tres se considera que maneja correctamente el aspecto a evaluar mientras que uno se considera que tiene un manejo pobre en dicho aspecto. En la Tabla 56 se muestran los resultados obtenidos en base a la evaluación de los siguientes criterios (Pulido , 2014): (a) velocidad de respuesta, (b) desviaciones mínimas, (c) consolidación de movimientos, (d) calidad, y (e) soporte del ciclo de vida.

Comparando puntajes totales, se observa que los procesos con resultados más bajos son el abastecimiento y producción. Dado que los temas de las mejoras al proceso de producción se tratan en los Capítulos VI y VII, en este capítulo trataremos el tema del abastecimiento. Dos temas importantes que pueden ser gestionados desde la perspectiva de las cadenas de aprovisionamiento son: (a) los proveedores de aceros de perforación y (b) los proveedores de indirectos.

En el caso de los proveedores de aceros de perforación, actualmente ABC paga por ítem recibido sin importar la performance del mismo, y como resultado la tasa de consumo

por disparo es muy variable. ABC ha intentado controlar, sin éxito, este consumo para lograr una tasa fija y similar a la tasa ofrecida por el fabricante. Como se muestra en la Tabla 57 del capítulo 11, donde el consumo promedio de brocas por disparo en SOB es de 3.1 y en Mufulira es de 4.66. Las pruebas realizadas por Sandvik demostraron que se puede perforar usando dos brocas por disparo. Entonces una importante opción a considerar es integrarse con sus proveedores negociando un consumo fijo para los aceros de perforación por disparo. Si bien esto resultará en un consumo por encima del consumo óptimo ofrecido por el fabricante se transferirá la responsabilidad y el riesgo que suponen el manipuleo de aceros durante la perforación. Se recomienda negociar un consumo fijo de 2.5 brocas por disparo, se ahorraría 19% en el consumo de brocas por disparo en SOB y 46% en Mufulira, lo cual representa un ahorro de 97,000 USD/año.

En el caso de los proveedores de materiales indirectos, ABC podría cuantificar las cantidades requeridas según el avance programado a corto plazo, de tal forma que se gestione con el proveedor correspondiente entregas para minimizar el stock sin afectar la disponibilidad. Adicionalmente, es también importante mejorar la calidad de los proveedores. Se propone evaluarlos para encontrar al que mejor se integre a la cadena de suministros de ABC. En la Tabla 52 proponemos la matriz de evaluación de proveedores, que contempla la evaluación por medio de puntajes del 1 al 3, donde 3 se considera que maneja correctamente el aspecto a evaluar mientras que 1 se considera que tiene un manejo pobre en dicho aspecto.

Tabla 56.

Evaluación de la Cadena de Abastecimiento

Aspecto	Velocidad de respuesta			Desviaciones mínimas			Consolidación de movimientos			Calidad			Soporte del Ciclo de Vida			Total puntaje
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Abastecimiento	x			x					x	x			x			7
Marketing y ventas			x			x			x			x			x	15
Producción	x			x					x	x				x		9
Distribución			x			x			x			x			x	15
Servicio al Cliente		x				x		x			x			x		11

Tabla 57.

Matriz de Evaluación de Proveedores

Aspectos a evaluar	Aspectos relacionados con los Plazos de Pedido y Envío			Aspectos relacionados con la Calidad			Aspectos relacionados con el Tiempo			Aspectos relacionados con la Cantidad			Aspectos de Flexibilidad de Envíos			Total puntaje			
	Plazo de Entrega del Proveedor			Calidad del producto			Requerimientos de Fiabilidad de la Entrega			Fiabilidad de Entrega vs. Compromiso del Proveedor			Cantidad de Expedición				Modificaciones de Pedidos de Aprovisionamientos		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3
Proveedor 1																			
Proveedor 2																			
Proveedor 3																			

La decisión de contar con una organización basada en un modelo de cadena de abastecimientos pasa por no solo organizarse de manera adecuada con los proveedores y clientes, sino en un cambio estructural en sí misma, ya que una empresa que se encuentra inmersa en esta metodología cuenta con un esquema de trabajo integrado en la empresa, orientando su gestión por procesos y donde existe una cultura de coordinación entre áreas son las que mejores oportunidades tienen de lograr una ventaja competitiva a través de la Cadena de Abastecimientos (Mentzer, y otros, 2001). Un aspecto primordial para esta integración por procesos es el uso intensivo de Tecnologías de Información que permitan la reducción de tiempos y creen canales directos de información.

14.6 Conclusiones

La estrategia competitiva empleada por ABC para gestionar su cadena de suministros se enfoca en la capacidad de respuesta a su cliente. Considerando el tipo de servicio que brinda este enfoque es apropiado. Siendo consistente con este enfoque, es primordial mejorar la integración hacia atrás con sus proveedores y explotar los beneficios de la competencia que el mercado le ofrece. Por lo tanto, si bien la alianza estratégica establecida con Atlas Copco ha sido muy beneficiosa hasta ahora, no se debe descartar la posibilidad de conseguir una alianza similar con Sandvik.

Un eslabón importante en su cadena es el suministro de los aceros de perforación, una negociación de consumo fijo por disparo podría significarle importantes ahorros en el consumo de los mismos. Se recomienda negociar un consumo fijo de 2.5 brocas por disparo, se ahorraría 19% en el consumo de brocas por disparo en SOB y 46% en Mufulira, lo cual representa un ahorro de 97,000 USD/año.

Capítulo XV: Conclusiones y recomendaciones

15.1 Conclusiones.

Luego del análisis de la investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

1. ABC está esperando mejores perspectivas en el sector minero, las proyecciones para el precio de cobre son buenas y según los expertos este sector presentará un crecimiento a partir del año 2020. Por esto, ABC maneja en la actualidad un perfil conservador en la gestión, pero planificando las inversiones que serán necesarias para poder aprovechar las perspectivas positivas a mediano plazo. Al diseñar un plan estratégico para la gestión a mediano y largo plazo, ABC se ha enfocado en mejorar los procesos productivos que realiza.
2. Actualmente ABC posee dos proyectos que representan el 28.5% de su máxima demanda histórica, por lo que el local que tiene se ajusta holgadamente a las necesidades actuales de la empresa y además tiene 71.5% de capacidad instalada libre y lista para emplear cuando el precio del cobre se incremente en los mercados internacionales y como consecuencia se incremente el número de proyectos.
3. Se concluyó que la tecnología en maquinaria empleada por ABC no es adecuada para sus operaciones, puesto que, si bien posee equipos con un alto nivel de mecanización estos tienen una alta tasa de fallas, que es compensada de cierta forma por la gran cantidad de equipos con los que cuentan.
4. Se concluye que es necesaria una optimización en el diseño e implementación de los procesos de control para los cinco factores críticos para asegurar un avance en metros por ciclo superior a 2.7m. El objetivo es incrementar de 24% a 50% los disparos mayores a 2.7m de avance en el primer año y a 75% los disparos mayores a 2.7 m de avance en el segundo año.

5. Mejorar la eficiencia de ABC es una necesidad imperativa, actualmente es 76.8% comparando el proceso real versus el teórico. Dada la inflexibilidad del proceso de minado se recomienda considerar las siguientes oportunidades de mejora:
- Considerar en el costeo movilización del equipo en interior mina en nuevos proyectos para cubrir los costos de transporte entre diferentes frentes.
 - Impacto de demoras externas, negociar con la mina las demoras, limitar a cinco días el periodo de gracia e introducir penalidades de 131 USD/h por cuadrilla
 - Disponibilidad de personal, dos medidas: (a) implementar el concepto de banca de suplentes para posiciones claves (operarios y personal con permisos legales), e (b) introducir 5% de bono de asistencia para operarios y personal con permisos legales.
 - Disponibilidad de equipos, implementar una política de mantenimiento que consista en tener un 70% de Mantenimiento Preventivo y un 30% de mantenimiento correctivo.
6. En el diseño del trabajo, debido a la inflexibilidad del transporte en el pique, la disponibilidad de recursos en el frente de producción es vital, por lo que la planificación y seguimiento del transporte de los recursos son necesarios. Además, los recursos humanos que se suministran al proceso productivo están apropiadamente entrenados y cuentan con las licencias legales y en línea con las actividades requeridas por el servicio. El resultado obtenido ha sido lograr uno de los mejores desempeños en el desarrollo de túneles mineros, comparado con los demás proveedores de servicios mineros para MCM.
7. ABC cuenta con ratios globales que le permiten medir su productividad. Sin embargo, bajando al nivel del detalle de cada proceso no se realizan mediciones

- de tiempos/productividad del personal para las actividades críticas del ciclo minero. Contar con esta información le permitiría ahorro de tiempos sustanciales.
8. Actualmente ABC posee una flota de equipos que le permite desarrollar 490 metros de túnel por mes. Esta producción corresponde al 61% de la demanda histórica promedio. En un mediano plazo, la alta gerencia de ABC debe considerar la decisión estratégica de aumentar la capacidad de producción en 20% para el año 2018, esto requerirá invertir en dos jumbos nuevos y los recursos humanos correspondientes.
 9. Se ha detectado la necesidad de implementar un sistema de programación específico, basado en la Administración de Información en una Base de Datos Centralizada. Actualmente la información se colecta diariamente y se hacen reportes usando hojas de Excel independientes, perdiéndose las oportunidades que se obtendrían de un sistema de programación integrado. Este sistema sería un eje de asociación de todas las áreas para realizar una correcta programación. El seguimiento diario de la operación será más eficiente y permitirá a la gerencia disponer de la información organizada, en un periodo aceptable para analizar y tomar decisiones efectivas.
 10. Se concluye que es necesario una metodología para recibir, almacenar y emplear información certificada del cliente. La importancia de esta propuesta radica en la reducción de riesgos relativos al manejo de instrucciones de minado no certificadas por los clientes.
 11. Respecto a la gestión logística, su actual política se ajusta al mercado en el corto plazo y concluimos que el ahorro podría generarse si se importan barras y brocas de perforación de calidad.

12. Al analizar las utilidades de ABC, encontramos que la utilidad bruta de la operación es de 41.7%, pero debido al gasto de: (a) la oficina central, y (b) el taller de mantenimiento, esta se reduce a 27.6%. Reducir este costo repercutiría en contra de la calidad del producto, debido a la inflexibilidad del proceso, por lo que no es recomendable.
13. ABC ha planificado la calidad de su producto, los puntos de control/medición establecidos en los procesos de producción son adecuados. Debido a que el cliente interviene en el suministro de: (a) insumos y (b) servicios para la operación, el éxito del control de calidad del producto final de ABC depende de una estrecha relación con su cliente y de un manejo apropiado de la información que colecta diariamente para determinar oportunidades de mejora y retroalimentar los procesos. Es importante además aprovechar la oportunidad que tiene para reforzar su posición como un contratista que ofrece más de lo que su cliente espera.
14. La gestión de mantenimiento de equipos debe mejorar. Esto es evidente al revisar la proporción entre el mantenimiento correctivo (81%) y el mantenimiento preventivo (19%). Como consecuencia, ABC tiene sobre costos y baja productividad.
15. En el manejo de la cadena de suministro es primordial mejorar la integración hacia atrás con sus proveedores y explotar los beneficios de la competencia que el mercado le ofrece. Por lo tanto, mantener la alianza estratégica establecida con Atlas Copco y explorar la posibilidad de conseguir una alianza similar con Sandvik.
16. El suministro de los aceros de perforación, una negociación de consumo fijo por disparo podría significarle importantes ahorros en el consumo de los mismos.

15.2 Propuesta de mejoras

Las Oportunidades de Mejora (OM) estudiadas y discutidas en este documento se resumen en las Tabla 58 y Tabla 59, donde se indica también el impacto en la utilidad bruta de ABC en el primer y segundo año de operaciones. En total son 15 OM, las cuales redundan en tres posibles beneficios: (a) incremento de la utilidad, (b) reducción de costo, y (c) mejor Tabla 58.

Resumen Oportunidades de Mejora – Año 1 y su Efecto en la Utilidad Bruta

Código	Capítulo	Descripción - Oportunidad de mejora	año 1	
			Utilidad Bruta (USD)	Reducción costo (USD)
OM1	IV	Renovar 50% de la flota de Jumbos de un brazo con Jumbos de dos brazos	75,296	
OM2	IV	Mejorar el avance por disparo. Procesos de control de los 5 factores críticos de la perforación y voladura. 50% de los disparos deben superar 2.7m 75% de los disparos deben superar 2.7m	239,802	
OM3	V	Incluir 70% eficiencia del proceso para tomar el Transporte de equipo entre frentes para nuevas propuestas	Tipo 1	Tipo 1
OM4	V	Limitar Impacto de demoras externas a 5 días por mes, e introducir tarifas de tiempo perdido	Tipo 2	Tipo 2
OM5	V	Disponibilidad del personal banca de suplentes 5% bono de asistencia en posiciones claves	Tipo 3	Tipo 3
OM6	V	Disponibilidad de equipos: Cambiar a 70% MP y 30% MC		257,488
OM7	VI	Introducir tráiler de diésel para interior mina		28,300
OM8	VII	Capacitación de operarios en Mantenimiento predictivo	Tipo 3	Tipo 3
OM9	VIII	Incremento de la capacidad de producción dos jumbos - año 1	58,000	
OM10	IX	Sistema de programación específica y manejo de la información	Tipo 1 y 3	-95,000
OM11	IX	Sistema de recepción, almacenamiento y empleo de información certificada	Tipo 3	Tipo 3
OM12	X	Encontrar un proveedor alternativo de brocas y barras de perforación		183,600
OM13	XI	Introducir cuadrilla de control de aceros de perforación y procesos relacionados		82,397
OM14	XII	Crear base de datos con la información Proporcionar retroalimentación del proceso al cliente Proporcionar métricas para planear el corto y mediano plazo	Tipo 3	Tipo 3
OM15	XIII	Sincerar los inventarios de equipos y remover máquinas: (a) obsoletas, y (b) de alto costo de mantenimiento	Tipo 3	Tipo 3
		Efecto de las diferentes OM	297,802	456,785
Total		Efecto de las diferentes OM en Utilidad bruta	754,587	
		Efecto de las diferentes OM en Utilidad bruta	25%	

Nota. Tipo 1 - Mejores futuras propuestas, permite ser más competitivo al reducir la incertidumbre, Tipo 2 - Limita las pérdidas causadas por el cliente, Tipo 3 - Mejor percepción del servicio por el cliente

Tabla 59.

Resumen Oportunidades de Mejora – Año 2 y su Efecto en la Utilidad Bruta

Código	Capítulo	Descripción - Oportunidad de mejora	año 2	
			Utilidad Bruta (USD)	Reducción costo (USD)
OM1	IV	Renovar 50% de la flota de Jumbos de un brazo con Jumbos de dos brazos	82,826	
OM2	IV	Mejorar el avance por disparo. Procesos de control de los 5 factores críticos de la perforación y voladura. 50% de los disparos deben superar 2.7m 75% de los disparos deben superar 2.7m	143,881	
OM3	V	Incluir 70% eficiencia del proceso para tomar el Transporte de equipo entre frentes para nuevas propuestas	Tipo 1	Tipo 1
OM4	V	Limitar Impacto de demoras externas a 5 días por mes, e introducir tarifas de tiempo perdido	Tipo 2	Tipo 2
OM5	V	Disponibilidad del personal banca de suplentes 5% bono de asistencia en posiciones claves	Tipo 3	Tipo 3
OM6	V	Disponibilidad de equipos: Cambiar a 70% MP y 30% MC		257,488
OM7	VI	Introducir tráiler de diésel para interior mina		28,300
OM8	VII	Capacitación de operarios en Mantenimiento predictivo	Tipo 3	Tipo 3
OM9	VIII	Incremento de la capacidad de producción dos jumbos - año 1 dos 2 jumbos - año 2	58,000	
OM10	IX	Sistema de programación específica y manejo de la información	Tipo 1 y 3	-35,000
OM11	IX	Sistema de recepción, almacenamiento y empleo de información certificada	Tipo 3	Tipo 3
OM12	X	Encontrar un proveedor alternativo de brocas y barras de perforación		183,600
OM13	XI	Introducir cuadrilla de control de aceros de perforación y procesos relacionados		82,397
OM14	XII	Crear base de datos con la información Proporcionar retroalimentación del proceso al cliente Proporcionar métricas para planear el corto y mediano plazo	Tipo 3	Tipo 3
OM15	XIII	Sincerar los inventarios de equipos y remover máquinas: (a) obsoletas, y (b) de alto costo de mantenimiento	Tipo 3	Tipo 3
		Efecto de las diferentes OM	201,881	516,785
Total		Efecto de las diferentes OM en Utilidad bruta	718,666	
		Efecto de las diferentes OM en Utilidad bruta	24%	

Nota. Tipo 1 - Mejores futuras propuestas, permite ser más competitivo al reducir la incertidumbre, Tipo 2 - Limita las pérdidas causadas por el cliente, Tipo 3 - Mejor percepción del servicio por el cliente

percepción del servicio por parte del cliente. Se puede ver que se logra incrementar la utilidad bruta en: (a) el año uno por USD 754k, y (b) año dos por USD 718k.

15.3 Futuro de las operaciones productivas

ABC se encuentra actualmente frente a una coyuntura, esto debido al tipo de servicio que ofrece y al actual estado de su flota de equipos; las decisiones que tome son cruciales para poder hablar de un futuro para la empresa. Considerando que las proyecciones del precio del cobre son positivas, tomar la decisión de invertir en equipos es una decisión conservadora y necesaria. ABC debe mejorar su servicio de desarrollo de túneles para minería, en términos de (a) producción, (b) precio, (c) costo y (d) comunicación, con su actual cliente MCM para consolidarse como proveedor preferido en este mercado.

Conseguir clientes nuevos es uno de los objetivos principales que debe perseguir. La capacidad de planta instalada existe y debe aprovecharse. En este sentido, se debe trabajar en recuperar antiguos clientes importantes, como Konkola Copper Mines y en adquirir nuevos como: (a) NFC, Chambesi y (B) Lubambe Mine, todas minas subterráneas. Invertir recursos en marketing es importante para el crecimiento de las ventas vía nuevos clientes.

A largo plazo, es necesario considerar diversificar el portafolio de la empresa. Una oportunidad que se debe explorar es la diversificación horizontal para brindar servicios en minas de tajo abierto. Esto debido a que en los últimos cinco años se han abierto en el Copperbelt una gran cantidad de nuevas minas de tajo abierto. Empresas como Barrick y First Quantum han hecho importantes inversiones y tienen varias operaciones de este tipo. La mayoría de estos tajos abiertos al agotarse el mineral superficial, en una segunda etapa, se transforman en minas subterráneas, que son el mercado de ABC, por los que sus oportunidades de participar en esta segunda etapa se incrementan si logran integrarse en la primera etapa. Adicionalmente, ABC ofrece servicios para operar minas subterráneas, sin embargo, hasta el momento no ha tenido la oportunidad de lograr un contrato de este tipo.

Este producto debe impulsarse en su gestión de marketing ya que es una fuente potencial de ingresos.



Referencias

- Andújar, R. (2010). *Gestión de compras y proveedores en las empresas mineras*. Lima: Approlog.
- Asad, M., Dimitrakopoulos, R., & van Eldertc, J. (2013). Stochastic production phase design for an open pit mining complex with multiple processing streams. *Engineering Optimization*, 1-14.
- Atlas Copco, (2017). Recuperado de <https://www.atlascopco.com/en-zm> .
- Beer, Gernot (Ed) (2010) *Technology Innovation in underground Construction*. Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema.
- Canfield, M. (2012). *Etapas del Proceso Productivo de una Mina*. Santiago de Chile: Grupo Antofagasta Minerals.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros (12ma edición)*. D.F. México: Mc Graw Hill.
- CIA, C. I. (12 de Enero de 2017). *The World Factbook*. Obtenido de Central Intelligence Agency - CIA: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/za.html>
- Compañía Minera MILPO S.A.A. (2005). *Implementación del Sostemade Gestión de la Calidad* . Lima: Compañía Minera MILPO S.A.A.
- Corrales, C., Ormachea, F., Quispe, I., & Barrera, A. (2002). *Manual de Estudio del Trabajo*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú - Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Correa, A., & Gomez, R. (2008). Cadena de Suministro en el sector minero como estrategia para su productividad. *BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA*, 93-102.
- D'Alessio, F. (2004). *Administración y dirección de la producción*. DF México: Pearson Educación.

- Díaz, B., Jarufe, B., & Noriega, M. (2007). *Disposición de Planta (2da edición)*. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- ESAN. (26 de Abril de 2016). Gestión de compras y proveedores en las empresas mineras. *Conexión ESAN*, pág. 1.
- Harvey Sánchez, M. (1999). Producción limpia y diseño de productos sistema complejo y política ambiental de productos. *Revista* .
- Herrera Herbert, J. (2007). *Diseño de Explotaciones e Infraestructuras Mineras Subterráneas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Horngren, C., Datar, S., & Foster, G. (2007). *Contabilidad de costos (12da edición)*. DF. México: Pearson Educación.
- ISO. (2015). *Norma Internacional ISO 9001:2015*. Ginebra: Secretaría Central de ISO.
- Jalimcorp (2017). Recuperado de <http://www.jalimcorp.com>.
- Japan Institute of Plant Maintenance. (1992). *TPM para industrias de proceso*. Tokio: TGP Hoshin.
- Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de Operaciones, Estrategia y Analisis (5ta edición)*. DF México: Pearson Educación.
- Lima, M., & Meller, P. (2003). Análisis y evaluación de un cluster minero en Chile. *Export Performance of the Chilean Technology-Intensive Suppliers*, 156.
- Massachusetts Institute of Technology. (2012). *Quality Tools and Topics*. Boston: GEPUC - Universidad Católica de Chile.
- Ministerio de Minas y Energía Colombia. (2009). *Así es la Minería*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía Colombia.
- Muther, R. (1984). *Distribución en Planta - Ordenación racional de los elementos de producción industrial (3ra Edición)*. Barcelona: Editorial Hispano Europea.
- OIT. (1996). *Introducción al estudio del trabajo (4ta edición)*. Ginebra: OIT.

- Polimeni, R., Fabozzi, F., & Adelberg, A. (1994). *Contabilidad de Costos (3ra edición)*. Santa Fe de Bogota: McGraw Hill Interamericana S.A.
- Pulido, J. (2014). *Gestión de la Cadena de Suministros. El último secreto*. Caracas: Editorial Torino.
- Ramazan, S., & Dimitrakopoulos, R. (2013). Production scheduling with uncertain supply: a new solution to the open pit mining problem. *Optimization and Engineering*, 361-380.
- Resemin (2017). Recuperado de <http://www.resemin.com>
- Sanvik (2017). Recuperado de <https://mining.sandvik.com>.
- Schodde, R. (2014). "The Global Shift to Undercover Exploration - How fast? How effective?" *Keynote paper for the Society of Economic Geologists 2014 Conference*. Keystone, Colorado: MinEx Consulting. Recuperado de <http://www.minexconsulting.com/publications/sep2014b.html>.
- Selley, D., Broughton, D., Scott, R., Hitzman, M., Bull, S., Large, R., . . . Pollington, N. (2005). A New Look at the Geology of the Zambian Copperbelt. *Society of Economic Geologists*, 32.
- Sepúlveda, G., Branch Bedoya, J., & Jaramillo Álvarez, P. (2012). Planeamiento de minas a cielo abierto mediante optimización estocástica. *Revista Boletín Ciencias de la Tierra*, 107-113.
- Tatiya, R. R. (2013). *Surface and Underground excavations, Methods Techniques and Equipment*. Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema.
- Tavares, L. (2000). *Administración moderna de mantenimiento (1ra edición)*. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações.
- "Top Driverless Trucks in the Mining Industry Today plus Future Concepts" (2014). Recuperado de <http://www.miningglobal.com/machinery/947/Top-Driverless-Trucks-in-the-Mining-Industry-Today-Plus-Future-Concepts>),

United Nations Industrial Development Organization. (1975). *Introduction to Maintenance Planning in Manufacturing Establishments*. New York: United Nations.

World Bank. (2016). *How Can Zambia Benefit More from Mining?* Recuperado de <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/07/18/how-can-zambia-benefit-more-from-mining>.



Apéndice A: Reporte de Asistencia Diaria

Tabla A1.

Reporte de Asistencia Diaria de ABC

AAC MINING EXECUTORS LTD - MUF. DEEPS				
DAILY ATTENDANCE				
JOB TITLES	NIGHT SHIFT(28.09.2016)		DAY SHIFT (29.09.2016)	
	REQUIRED	ACTUAL	REQUIRED	ACTUAL
1 MINE CAPTAINS	4	4	3	3
2 SHIFT BOSSES	3	3	3	3
3 BOOMER OPERATORS	4	4	4	4
4 BOOMER HELPER	4	4	4	4
5 PIC	7	7	8	8
6 TIMBERMAN	No N/ Shift	No N/Shift	4	4
7 TIMBERMAN HELPERS	No N/ Shift	No N/Shift	4	2
8 HELPER	5	5	3	3
9 SAFETY OFFICER	1	1	1	1
10 SURVEYOR	No N/ Shift	No N/ Shift	1	1
11 ASSISTANT SURVEYOR	0	0	9	8
12 MAGAZINE ATTENDANT	No N/ Shift	No N/ Shift	3	3
13 MAGAZINE HELPER	No N/ Shift	No N/ Shift	3	2
14 STOREMAN(UNDERGROUND)	1	1	1	1
15 STOREMAN (SURFACE)	1	1	1	1
16 MATERIAL COORDINATOR	No N/Shift	No N/Shift	1	1
17 MATERIAL CHASER	3	3	3	3
18 DUMPTRUCK OPERATOR	2	2	2	2
19 LOADER OPERATORS	3	3	3	3
20 Caddy Operator	0	0	1	1
21 MAINTENANCE PLANNER	No N/Shift	No N/Shift	2	2
22 FOREMEN	3	3	4	4
23 ELECTRICIANS	3	3	4	4
24 FITTER	7	7	6	6
25 BOILER MAKER	1	1	1	1
26 TYRE FITTER	1	1	1	0
27 HUMAN RESOURCES OFFICER	No N/Shift	No N/Shift	1	1
28 SITE ADMIN	No N/Shift	No N/Shift	1	1
29 SITE CLERK	1	1	2	1
30 CAPLAMP ATTENDANT	1	1	1	1
31 DRIVER /SURFACE	1	1	2	2
32 UNDERGROUND DRIVER	1	1	1	0
33 GENERAL CLEANER	No N/Shift	No N/Shift	1	1
			SICK	6
			LEAVE	1
			DAYSHIFT	82
			NIGHTSHIFT	57
			TOTAL	146

Nota. Tomado de ABC files, 2017

Apéndice B: Reporte de Operaciones

Tabla B1.
Reporte de Operaciones de ABC

	MACHINE AAC CODE	MACHINE NAME	Day shift	Afternoon Shift	Night shift	TOTAL
LASHING - LOADER						
NUMBER OF ENDS LASHED						
Number of Ends Lashed	L-014	ST-1020	0	0	0	0.0
Number of Ends Lashed	L-022	ST 1030	0	0	1	0.5
Number of Ends Lashed	L-023	ST- 1030	1	0	2	2.5
Total # of Ends Lashed All Machines			0.5	0.0	2.5	3.0
NUMBER OF LOADS / TRIPPS						
Number of Loads Lashed	L-014	ST 1020	0	0	12	12.0
Number of Loads Lashed	L-022	ST-1030	0	0	14	14.0
Number of Loads Lashed	L-023	ST- 1030	19	0	44	63.0
Total # of Loads / Tripps All Machines			19.0	0.0	70.0	89.0
HOURS WORKED						
			0.0			
Number of Hours Worked Lashing	L-014	ST 1020	0	0	6	6.0
Number of Hours Worked Lashing	L-022	ST-1030	0	0	6	6.0
Number of Hours Worked Lashing	L-023	ST- 1030	4	0	8	12.0
Total # of Hours Worked Lashing All Machines			4.0	0.0	20.0	24.0
TONAGE						
Tones (Number of Loads by Tones of Bucket)	L-014	ST 1020	0.0	0.0	144.0	144.0
Tones (Number of Loads by Tones of Bucket)	L-022	ST 1030	0.0	0.0	112.0	112.0
Tones (Number of Loads by Tones of Bucket)	L-023	ST -1030	190.0	0.0	440.0	630.0
Total # of Tonage All Machines			190.0	0.0	696.0	886.0

	MACHINE AAC CODE	MACHINE NAME	Day shift	Afternoon Shift	Night shift	TOTAL
HOURS UNDER SERVICE / CHECKS / MAINTENANCE						
Number of Hours Under Service	L-014	TORO-1400	10	0	0	10.0
Number of Hours Under Service	L-022	TORO- 301	0	0	0	0.0
Number of Hours Under Service	L-023	ST- 1030	0	0	0	0.0
Total # of Hours under Service All Machines			10.0	0.0	0.0	10.0
HOURS WORKED PER END LASHING						
Hours Worked per End Lashing	L-014	TORO-1400	0.0	0.0	0.0	0.0
Hours Worked per End Lashing	L-022	TORO-301	0.0	0.0	12.0	12.0
Hours Worked per End Lashing	L-023	ST -1030	8.0	0.0	4.0	12.0
Total # of Hours Worked/End Lashing All Machines			8.0	0.0	16.0	24.0

Nota. Tomado de ABC files, 2017



Apéndice C: Reporte de Operadores

Tabla C1.
Reporte de operadores de ABC

ENDS		22			23			24			25			26			27			TOTAL
OPERATOR		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
RICHARD CHILUFYA	m			1.8												1.8				3.6
	# of Blasts			1.0												1				2
	m/blast			1.8												1.8				1.8
AKIM CHUNGU	m									2.5						3.0				8.3
	# of Blasts									1.0						1.0				3
	m/blast									2.5						3.0				2.8
NELSON MUBELA	m	3.0					2.8													5.8
	# of Blasts	1.0					1.0													2
	m/blast	3.0					2.8													2.9
SAPOMBELA	m				2.7		2.8							2.8						8.3
	# of Blasts				1.0		1.0							1.0						3
	m/blast				2.7		2.8							2.8						2.8
KATENGA HARRISON	m									2.7										2.7
	# of Blasts									1.0										1
	m/blast									2.7										2.7
CHIBWE	m													2.3						2.3
	# of Blasts													1.0						1
	m/blast													2.3						2.3
MULUKA	m					2.1				2.8										4.9
	# of Blasts					1.0				1.0										2
	m/blast					2.1				2.8										2.5
PERCY MUSONDA	m										2.4									2.4
	# of Blasts										1.0									1
	m/blast										2.4									2.4
ELIDES	m					2.6				2.7										5.3
	# of Blasts					1.0				1.0										2
	m/blast					2.6				2.7										2.7
CHIBUYE	m													1.6		2.9				4.5
	# of Blasts													1.0		1.0				2
	m/blast													1.6		2.9				2.3
TOTAL	m	3.0	0.0	1.8	2.7	0.0	10.3	0.0	0.0	10.7	2.4	0.0	1.6	5.1	0.0	7.7	0.0	0.0	2.8	48.1
	# of Blasts	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0	1.0	0.0	1.0	2.0	0.0	3.0	0.0	0.0	1.0	19.0
	m/blast	3.0	#DIV/0!	1.8	2.7	#DIV/0!	2.6	#DIV/0!	#DIV/0!	2.7	2.4	#DIV/0!	1.6	2.6	#DIV/0!	2.6	#DIV/0!	#DIV/0!	2.8	2.53
TOTAL		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00

Tomado de ABC files, 2017

Apéndice D: Cotización de Demoras por Hora

Tabla D1.

Cotización de Demoras por Hora de ABC

DAY	LEVEL	SHIFT	DESCRIPTION DELAYS MCM	REAL DELAYS MCM HOURS	STANDARD HOURS REDUCE	TOTAL HOURS	RATE PER HOUR \$	TOTAL AMOUNT \$
	3290L	D/S	Nil			0	151.22	-
22	3290L	A/S	No cage available from 18:00 to 02:30	8.5	2	6.5	151.22	982.93
	3290L	N/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	D/S	Nil			0	151.22	-
23	3290L	A/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	N/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	D/S	Main Tip and 1034b Tipfull 06:00 to 15:00	9	2	7	151.22	1,058.54
24	3290L	A/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	N/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	D/S	Nil			0	151.22	-
25	3290L	A/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	N/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	D/S	Main waste tip full from 06:00 to 18:00	12	2	10	151.22	1,512.20
26	3290L	A/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	N/S	Main waste tip full from 20:00 to 06:00	10		10	151.22	1,512.20
	3290L	D/S	Nil			0	151.22	-
27	3290L	A/S	14:00 to 16:30 No Power (whole copperbelt)	2.5	2	0.5	151.22	75.61
	3290L	N/S	18:00 to 01:50 Low Mining Water Pressure	6.8	2	4.8	151.22	725.86
	3290L	D/S	06:00 to 18:00 No Mining Water	12	2	10	151.22	1,512.20
28	3290L	A/S	Nil			0	151.22	-
	3290L	N/S	20:05 to 06:00 Waste Tip Full	10	2	8	151.22	1,209.76
			Total	70.8		56.8		8,589.30
			Approximate Lost Meters	17				

Nota. Tomado de ABC files, 2017

Apéndice E: Reporte de Productividad

SOB	Jan.16	Feb.16	Mar.16	Apr.16	May.16	Jun.16	Jul.16	Aug.16	Sep.16	Total
# Jumbos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
# Loaders	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
# Dumptrucks	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
# Employees Operations	65	67	74	81	87	90	103	115	111	
# Employees Maintenance	20	20	21	24	26	31	31	31	33	
# administration	7	7	7	8	9	9	9	10	9	
Total # Employees	92	94	102	113	122	130	143	156	153	
Advance (m)	205.6	185.5	203.6	208.3	273.3	325.3	227.5	191.3	197.4	2,017.8
Productivity (m/ Total # Employees)	2.2	2.0	2.0	1.8	2.2	2.5	1.6	1.2	1.3	
L017 hours worked	181.9	240.0	137.9	127.2	128.9	121.1	123.6	225.1	155.5	1,441.2
L018 hours worked	130.1	113.4	112.0	137.5	154.2	177.9	220.9	109.9	157.1	1,313.0
Tramming D009 # of trips	42.0	274.0	288.0	377.0	233.0	360.0	283.0	56.0	39.0	1,952.0
Tramming D012 # of trips							69.0	307.0	382.0	758.0

MUFULIRA DEEP	Jan.16	Feb.16	Mar.16	Apr.16	May.16	Jun.16	Jul.16	Aug.16	Sep.16	Total
# Jumbos	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
# Loaders	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
# Dumptrucks	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2
# Employees Operations	118	114	118	114	115	117	133	151	154	
# Employees Maintenance	35	36	33	38	41	41	41	45	52	
# administration	18	17	18	18	18	18	18	16	15	
Total # Employees	171	167	169	170	174	176	192	212	221	
Advance (m)	239.7	283.6	271.9	219.9	316.0	184.8	293.1	234.7	321.7	2,365.4
Productivity (m/ Total # Employees)	1.4	1.7	1.6	1.3	1.8	1.1	1.5	1.1	1.5	
L014 hours worked	372.8	412.0	338.7	320.7	346.1	242.0	295.0	247.2	317.4	2,891.9
L012 / L022 hours worked	284.1	272.50	209.00	80.6	52.4	74.00	215.80	252.10	330.10	1,770.6
L023 hours worked	365.6	373.00	368.2	308.5	386.90	318.40	364.00	214.00	259.00	2,957.6
Total hours of the loaders	1,022.5	1,057.5	915.9	709.8	785.4	634.4	874.8	713.3	906.5	
Tramming D011 # of trips					337.00	205.00	395.00	349.0	220.0	1,506.0
Tramming D013 # of trips							280.00	265.0	387.0	932.0
Caddy hours worked									26.6	26.6
Land Cruiser (Km)									641.0	641.0

SUMMARY	Jan.16	Feb.16	Mar.16	Apr.16	May.16	Jun.16	Jul.16	Aug.16	Sep.16	Total
# Employees Operations	183	181	192	195	202	207	236	266	265	
# Employees Maintenance	55	56	54	62	67	72	72	76	85	
# administration	25	24	25	26	27	27	27	26	24	
Total # Employees	263	261	271	283	296	306	335	368	374	
Advance (m)	445.3	469.1	475.5	428.2	589.3	510.1	520.6	426.0	519.1	4,383.2
Productivity (m/ Total # Employees)	1.7	1.8	1.8	1.5	2.0	1.7	1.6	1.2	1.4	

Figura E1. Reporte de productividad de ABC
Tomado de ABC files, 2017

Apéndice F: Check List Diario de Revisión

Ubicación: _____

Fecha: _____ Turno: _____

Operario: _____

			Si	No
Check List pernos y tuercas	Ligeros defectos	¿Hay tuercas o pernos flojos?		
		¿Falta alguna tuerca?		
	Longitud de pernos	¿Sobresalen todos los pernos de las tuercas en 2 o 3 pasos del tornillo?		
	Arandelas	¿Se usan arandelas planas en los orificios grandes?		
		¿Se usan arandelas roscadas en angulares y canales?		
		¿Se usan arandelas de resorte en piezas sujetas a vibración?		
		¿Se usan arandelas idénticas en piezas idénticas?		
	Montaje de pernos y tuercas	¿Se insertan los pernos desde abajo y son visibles las tuercas desde el exterior?		
		¿Están los mecanismos tales como los sensores de límite asegurados al menos por dos pernos?		
		¿Están las tuercas de orejeta volteadas correctamente?		

			Si	No
Check List lubricación	Indicadores de niveles de aceite	¿Se mantienen limpios siempre los calibres de nivel de aceite y es fácil ver los niveles de aceite?		
		¿Está claramente marcado el nivel de aceite?		
		¿Está el equipo libre de fugas de aceite y sin obstrucciones los tubos de aceite y válvulas de respiración?		
	Mecanismos de lubricación automática	¿Operan correctamente los mecanismos automáticos de lubricación y suministran la cantidad correcta de lubricante?		
		¿Hay algún tubo de aceite o grasa obstruido, hundido o manchado?		
	Montaje de pernos y tuercas	¿Están siempre limpias y bien lubricadas las piezas rotatorias, deslizantes y transmisoras?		
		¿Están los alrededores libres de contaminación por exceso de lubricante?		

Figura F1. Propuesta de checklist diario de revisión de equipos
Tomado de *TPM en Industrias en Proceso* (1ra ed.) por TGP Hoshin, 1995, Márquez de Cubas – Madrid