

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**Análisis y Gestión de Costos Operacionales mediante Costeo ABC de la
Línea Óxidos de Codelco Chuquicamata**

TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

Por

Ambar Olmedo Cisternas

Profesor Guía

Alfredo Gallardo Montecinos

Valparaíso, Noviembre 2015

A:

Mi maravilloso Dios, por ser la fortaleza en cada uno de mis días, Tú siempre eres fiel y tu amor incondicional.

Mis hermosas, madre y hermana por creer en mí, por su infinito amor y apoyo en cada etapa de mi vida. Gracias a sus enseñanzas que me permitieron crecer como persona.

Mi tío y mi yaya, quienes me trataron siempre como una hija, cuidándome y velando por mi bienestar.

Mi pololo, por estar siempre junto a mí en los buenos y no tan buenos momentos, amarme como soy y creer en mí.

Mis amigos y personas queridas, por estar en constante apoyo durante este proceso y hacer mi vida aún más bella.

*“La Fe ve lo Invisible
Cree lo Increíble
Recibe lo Imposible”*

ÍNDICE

Glosario	12
Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
1. Antecedentes	18
1.1. Reseña histórica CODELCO.....	18
1.2. División Chuquicamata	23
1.3. Proceso Productivo Mina Sur: Hidrometalurgia	23
1.3.1. Extracción del mineral	24
1.3.2. Chancado.....	25
1.3.3. Aglomeración.....	25
1.3.4. Lixiviación.....	26
1.3.5. Extracción por Solventes	26
1.3.6. Electro-obtención	27
2. Problema y Objetivos	28
2.1. Planteamiento y justificación del problema.....	28
2.2. Objetivos.....	30
2.2.1. Objetivo General	30
2.2.2. Objetivos Específicos	30
3. Marco Teórico	31
3.1. Herramientas para análisis de problemas	31
3.1.1. Diagrama Ishikawa	31
3.1.2. Diagrama de Pareto.....	32
3.2. Métodos para Análisis de Datos.....	34
3.2.1. Promedio Simple.....	34
3.2.2. Promedio Móvil Simple	34
3.2.3. Promedio Móvil Ponderado	35
3.2.4. Regresión Lineal	35
3.3. Métodos de costeo	37

3.3.1.	Tradicionales	37
3.3.1.1.	Costeo absorbente.....	37
3.3.1.2.	Costeo variable.....	38
3.3.2.	Costeo basado en actividades.....	38
3.4.	PHVA	43
4.	Metodología	46
5.	Aplicación de la metodología.....	47
5.1.	Análisis de la situación actual.....	47
5.1.1.	Estructura organizacional	47
5.1.2.	Recopilación de información	49
5.1.3.	Actividades.....	50
5.1.3.1.	Extracción Norte Mina Sur (ENMS)	50
5.1.3.2.	Área Seca.....	51
5.1.3.3.	Área Húmeda.....	52
5.1.4.	Análisis de Costos	53
5.1.4.1.	Distribución de gastos.....	53
5.2.	Selección de problemas.....	55
5.2.1.	Análisis de Pareto.....	56
5.2.2.	Análisis Gastos Relevantes.....	57
5.2.3.	Presupuesto 2015.....	61
5.2.4.	Selección problemas a optimizar.....	62
5.2.4.1.	Ácido Sulfúrico.....	63
5.2.4.2.	Neumáticos	67
5.2.4.3.	Petróleo	71
5.2.4.4.	Reactivos.....	73
5.2.4.5.	Acondicionadores.....	75
5.2.4.6.	Servicios Terceros	78
5.2.4.7.	Energía y Potencia Eléctrica	79
6.	Propuestas para Optimizar	85
6.1.	Propuestas para optimizar Rendimiento de Neumáticos	85
6.1.1.	Cambiar la forma de estimar N° Neumáticos	86

6.1.2.	Estandarizar Parámetros Operacionales	87
6.1.3.	Formación a operadores en conducción, comunicación y mantenimiento de caminos	89
6.2.	Propuestas para optimizar Consumo Ácido Sulfúrico.....	90
6.2.1.	Actualizar Indicador de Productividad Ácido Sulfúrico.....	90
6.2.2.	Mejorar la condición de las flautas de tambores aglomeradores.....	92
6.3.	Propuestas para optimizar Consumo Petróleo Diésel	93
6.3.1.	Actualizar Indicador de Productividad Petróleo CAEX	94
6.3.2.	Actualizar Indicador de Productividad Petróleo Equipos Movimiento Tierra.....	95
6.4.	Propuestas para optimizar Reactivos.....	96
6.4.1.	Actualizar Indicador de Productividad Reactivo Acorga.....	97
6.5.	Propuestas para optimizar Acondicionadores.....	100
6.5.1.	Actualizar Indicador de Productividad Diluyente.....	101
6.6.	Propuestas para optimizar Energía.....	102
6.6.1.	Adecuar Indicadores de Productividad Energía Eléctrica	104
6.6.2.	Adecuar Indicadores de Productividad Potencia Eléctrica.....	104
6.6.3.	Herramientas para Detección de Cortocircuitos	105
6.7.	Propuestas para optimizar Servicios de Terceros.....	107
6.7.1.	Eliminar contratos de servicios innecesarios.....	108
6.7.2.	Internalizar servicios.....	109
6.7.3.	Optimización por disminución de producción	110
6.7.4.	Control a Servicios de Terceros	110
7.	Comparación de Resultados Obtenidos	112
8.	Análisis de Sensibilidad de Insumos Claves	115
9.	Conclusiones y Recomendaciones	116
Anexos.....	118
Anexo 1: Clases de Costes	119
Anexo 2: Distribución de Gastos por Actividad.....	126
Anexo 3: Gráfico Pareto Actividad-Ítem de Costo	133
Anexo 4: Detalle Gastos “Pocos Vitales”	134
Anexo 5: Plan Minero 2016	137
Anexo 6: Resultados Pruebas Metalúrgicas	137

Anexo 7: Flujos Consumo Ácido Sulfúrico	138
Anexo 8: Flujos Consumo Petróleo Diésel	138
Anexo 9: Simulación Actividad Extracción por Solventes.....	139
Anexo 10: Tablas de Reposición Volumen y Beneficio Extracción por Solventes	140
Anexo 11: Flujos Consumo Reactivos.....	141
Anexo 12: Flujos Consumo Acondicionadores.....	141
Anexo 13: Flujos Consumo Energía.....	142
Anexo 14: Cotización Cámaras Termográficas Móviles	144
Anexo 15: Contratos Servicios de Terceros.....	152
Bibliografía	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Países Productores de Cobre	19
Ilustración 2: Divisiones de Codelco.....	19
Ilustración 3: Productores de Cobre en Chile	20
Ilustración 4: Organigrama Codelco	22
Ilustración 5: Organigrama Gerencia Extracción y Lixiviación	23
Ilustración 6: Proceso Hidrometalúrgico del Cobre.....	24
Ilustración 7: Evolución Precio Nominal del Cobre	29
Ilustración 8: Evolución Ley del Cobre GEL	29
Ilustración 9: Diagrama Ishikawa.....	31
Ilustración 10: Ejemplo Gráfico de Pareto	33
Ilustración 11: Ejemplo de Regresión Lineal.....	36
Ilustración 12: Etapas metodología PHVA.....	44
Ilustración 13: Esquema GEL por Área	48
Ilustración 14: Estructura información contable SAP	50
Ilustración 15: Porcentaje de Gastos por Actividad	53
Ilustración 16: Análisis Pareto de Gasto por Actividad-Clase de Coste	56
Ilustración 17: Distribución de Gastos Relevantes por Clase de Coste	57
Ilustración 18: Distribución Gasto Remuneraciones por Ítem	58
Ilustración 19: Distribución Gasto Materiales por Ítem.....	58
Ilustración 20: Distribución Gasto Servicios Terceros por Ítem.....	59
Ilustración 21: Ítems de costo a analizar	63
Ilustración 22: Relación Consumo de Ácido vs % Roca en mineral.....	64
Ilustración 23: Diferencia entre Razón de Curado Real y Recomendada	65
Ilustración 24: Consumo de Ácido vs Toneladas Mineral Seco	66
Ilustración 25: Diagrama Ishikawa Desgaste de Neumáticos	68
Ilustración 26: Horas Operativas de Neumáticos CAEX	69
Ilustración 27: Consumo de Neumáticos Caex vs Toneladas-Kilómetros	70
Ilustración 28: Consumo Neumáticos Caex vs Toneladas-Kilómetros.....	71
Ilustración 29: Consumo Petróleo vs Toneladas-Kilómetros Caex	72
Ilustración 30: Consumo Petróleo Diésel Motoniveladora vs Horas Operacionales	73
Ilustración 31: Consumo Acorga vs Toneladas Cobre Fino Depositadas	74
Ilustración 32: Consumo Sulfato de Cobalto vs Toneladas Cobre Fino Depositadas.....	74

Ilustración 33: Consumo Zeolita vs Toneladas Cobre Fino Depositadas	75
Ilustración 34: Consumo Diluyente vs Toneladas Cobre Fino Depositadas	76
Ilustración 35: Consumo Quillaja mensual vs Toneladas Cobre Fino Depositadas.....	77
Ilustración 36: Consumo Quillaja vs Toneladas Cobre Fino Depositadas.....	77
Ilustración 37: Consumo Energía Chancado Primario vs Toneladas Mineral Seco.....	81
Ilustración 38: Consumo Energía Chancado PTMP vs Toneladas Mineral Seco	81
Ilustración 39: Consumo Energía Apilamiento vs Toneladas Mineral Seco	82
Ilustración 40: Consumo Energía Lixiviación vs Toneladas Mineral Seco	82
Ilustración 41: Consumo Energía Remoción de Ripios vs Toneladas Mineral Seco	83
Ilustración 42: Consumo Energía Extracción por Solventes vs Toneladas Cobre Fino Depositadas	83
Ilustración 43: Consumo Energía Electroobtención vs Toneladas Cobre Fino Depositadas	84
Ilustración 44: Flautas de Ácido y Agua Tambor Aglomerador N°2	93
Ilustración 45: Cámara Termográfica portátil.....	106
Ilustración 46: Distribución de Gastos Carguío.....	126
Ilustración 47: Distribución de Gastos Transporte	126
Ilustración 48: Distribución de Gastos Equipos de Apoyo.....	127
Ilustración 49: Distribución de Gastos Servicios	127
Ilustración 50: Distribución de Gastos Chancado 1°	128
Ilustración 51: Distribución de Gastos Chancados PTMP.....	128
Ilustración 52: Distribución de Gastos Apilamiento.....	129
Ilustración 53: Distribución de Gastos Lixiviación	129
Ilustración 54: Distribución de Gastos Remoción de Ripios.....	130
Ilustración 55: Distribución de Gastos Extracción por Solventes	130
Ilustración 56: Distribución de Gastos Electro-obtención.....	131
Ilustración 57: Distribución de Gastos Patio de Embarque	131
Ilustración 58: Distribución de Gastos Lámina.....	132
Ilustración 59: Resultados Pruebas Metalúrgicas	137
Ilustración 60: Informe de Simulación Reactivo Extracción por Solventes.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción Anual por Divisiones	20
Tabla 2: Ventas, Excedentes, Activo y Patrimonio de Codelco.....	21
Tabla 3: Tabla de Pareto.....	33
Tabla 4: Ejemplo de Promedio Móvil Simple	35
Tabla 5: Costeo Tradicional vs Costeo ABC.....	43
Tabla 6: Distribución de Gastos de Actividades por Clase de Costes.....	54
Tabla 7: Gastos Relevantes por Ítem de Costo	60
Tabla 8: Presupuesto 2015 GEL	61
Tabla 9: Relaciones Consumo de Ácido Sulfúrico	67
Tabla 10: Relación Consumo Neumáticos Caex	71
Tabla 11: Relaciones Consumo Petróleo	73
Tabla 12: Relaciones Consumo Reactivos	75
Tabla 13: Relaciones Consumo Acondicionadores	78
Tabla 14: Contratos Propios GEL.....	78
Tabla 15: Relaciones Consumo Energía	84
Tabla 16: Formato para desarrollo de Propuestas.....	85
Tabla 17: Propuestas para Optimizar N° Neumáticos	86
Tabla 18: Estimación N° Neumáticos	87
Tabla 19: Características de Diseño Neumáticos	87
Tabla 20: Recomendaciones operacionales para Neumáticos	88
Tabla 21: Ahorro en Neumáticos por Recomendaciones operacionales.....	88
Tabla 22: Propuestas para optimizar Consumo Ácido Sulfúrico	90
Tabla 23: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Ácido Sulfúrico	91
Tabla 24: Comparación Consumo Ácido 2016	91
Tabla 25: Propuesta Consumo Ácido	92
Tabla 26: Propuestas para optimizar Consumo Petróleo Diésel.....	94
Tabla 27: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Petróleo Caex.....	95
Tabla 28: Comparación Consumo Petróleo Caex 2016.....	95
Tabla 29: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Petróleo Motoniveladora.....	96
Tabla 30: Comparación Consumo Petróleo Motoniveladoras	96
Tabla 31: Propuestas para optimizar Consumo Reactivos	97
Tabla 32: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Acorga.....	98

Tabla 33: Comparación Consumo Acorga.....	99
Tabla 34: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Sulfato de Cobalto.....	99
Tabla 35: Comparación Consumo Sulfato de Cobalto.....	100
Tabla 36: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Zeolita.....	100
Tabla 37: Comparación Consumo Zeolita.....	100
Tabla 38: Propuestas para Optimizar Consumo Aditivos.....	101
Tabla 39: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Diluyente.....	101
Tabla 40: Comparación Consumo Diluyente.....	102
Tabla 41: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Quillaja.....	102
Tabla 42: Comparación Consumo Quillaja.....	102
Tabla 43: Propuestas para Optimizar Consumo Energía Eléctrica.....	103
Tabla 44: Comparación Indicadores Productividad Energía Eléctrica.....	104
Tabla 45: Flujo de caja Cámaras Termográficas.....	107
Tabla 46: Indicadores Económicos Cámaras Termográficas.....	107
Tabla 47: Propuestas para optimizar Servicios de Terceros.....	108
Tabla 48: Presupuesto 2016 sin propuestas.....	112
Tabla 49: Presupuesto 2016 con propuestas.....	113
Tabla 50: Comparación Presupuesto 2016.....	114
Tabla 51: Análisis Sensibilidad Insumos Claves.....	115
Tabla 52: Indicadores Operacionales 2016 Camiones Extracción.....	137
Tabla 53: Indicadores Operacionales 2016 Producción.....	137
Tabla 54: Flujos Consumo Ácido Sulfúrico en Lixiviación.....	138
Tabla 55: Flujos Consumo Petróleo de Camiones Extracción.....	138
Tabla 56: Flujos Consumo de Motoniveladoras.....	138
Tabla 57: Tabla de Reposición de Volumen en Extracción por Solventes.....	140
Tabla 58: Beneficio para tintos I/P de Acorga y Diluyente en Extracción por Solventes.....	140
Tabla 59: Flujos Consumo de Acorga.....	141
Tabla 60: Flujos Consumo de Sulfato de Cobalto.....	141
Tabla 61: Flujos Consumo de Zeolita.....	141
Tabla 62: Flujos Consumo Diluyente.....	141
Tabla 63: Flujos Consumo Quillaja.....	142
Tabla 64: Flujos Consumo Energía Chancado Primario.....	142
Tabla 65: Flujos Consumo Energía Chancado PTMP.....	142

Tabla 66: Flujos Consumo Energía Apilamiento.....	142
Tabla 67: Flujos Consumo Energía Lixiviación.....	143
Tabla 68: Flujos Consumo Energía Remoción de Ripios.....	143
Tabla 69: Flujos Consumo Energía Extracción por Solventes.....	143
Tabla 70: Flujos Consumo Energía Electroobtención.....	143
Tabla 71: Contratos Primarios de la Gerencia Extracción y Lixiviación.....	152

Glosario

- **Ácido Sulfúrico:** compuesto químico cuya fórmula es H_2SO_4 , éste es un líquido viscoso, incoloro en estado puro, además de ser altamente corrosivo con los metales. El ácido sulfúrico se utiliza principalmente en la industria de fertilizantes utilizado para la formación de abono nitrogenado, también se utiliza en la refinación del petróleo, producción de pigmentos, extracción de metales no ferrosos, manufactura de explosivos, etc.
http://www.indec.cl/man_asp.html
https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico
- **Acorga:** es un reactivo, formado de una mezcla de solventes y aditivos el cual tiene un aspecto líquido, de color ámbar claro y el cual no tiene olor, éste también es altamente inflamable. Este reactivo es usado principalmente en el proceso de cobre oxidado, específicamente en la extracción por solventes para cumplir la función de extraer el cobre que se encuentra en la solución acuosa.
http://www.asiquim.com/nwebq/download/HDS/Acorga_M_5774.pdf
- **Aglomeración:** actividad que forma parte del proceso hidrometalúrgico del cobre, en el cual, el material mineralizado proveniente de los chancadores, es irrigado con una solución de agua y ácido sulfúrico para formar glómeros, es decir, que el mineral más fino se una al mineral más grueso formando fragmentos de material más homogéneo, esto con la finalidad de garantizar un buen coeficiente de permeabilidad para la etapa siguiente, lixiviación.
https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_lixiviacion_procesoaglomeracion.asp
- **Cobre:** es un elemento químico, metálico de color rojizo, su principal propiedad es que es uno de los mejores conductores de electricidad. La naturaleza de este elemento se puede clasificar en dos grandes grupos: los provenientes de minerales sulfurados y de los oxidados. Los minerales sulfurados están compuestos principalmente por sulfuros de cobre y fierro, los más importantes en minas chilenas son: calcopirita, bornita, enargita y tetraedrita; por otra parte, los minerales oxidados de cobre se originan en la descomposición y oxidación de los minerales sulfurados, lo más importantes de este grupo son: malaquita, azurita, crisocola, cuprita y brochantita. Por su alta conductividad eléctrica, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos y otros componentes eléctricos y electrónicos, además para la formación de aleaciones como el latón, bronce, alpaca, etc.
<https://www.codelcoeduca.cl/cobre/queeselcobre.asp>
<https://es.wikipedia.org/wiki/Cobre>
- **Diluyente:** es un líquido orgánico en el cual se disuelve un componente reactivo (extractante) para disminuir su viscosidad y hacerlo más fluido. Éste es un componente importante en la fase orgánica del proceso extracción por solventes, este se puede comportar como un compuesto químicamente inerte, aunque también puede influir en el comportamiento del reactivo, siendo así un esencial en el éxito de la operación del proceso. Los diluyentes para extracción por solventes más utilizados a escala industrial son hexano, keroseno, cloroformo, etc.

https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_lixivacion_reactivos.asp

- **Electroobtención:** es un proceso que forma parte de la hidrometalurgia del cobre, en este se recupera el cobre que se encuentra concentrado en la solución rica en este metal, la cual proviene de la etapa de lixiviación, esta recuperación se realiza con la finalidad de producir cátodos de cobre de alta pureza de cobre (99,99%). En este proceso, la solución electrolítica que contiene el cobre, la cual previamente fue purificada y concentrada en la etapa de extracción por solventes, es llevada a las celdas de electroobtención que tienen en su interior ánodos y cátodos. En estas celdas se aplica corriente eléctrica de baja densidad, la cual entra por el ánodo y sale por el cátodo; el cobre de la solución es atraído por la carga negativa del cátodo depositándose en la superficie de éste formando así cátodos de cobre.

https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_electroobtencion.asp

- **Extracción por Solventes:** es un proceso cuyas funciones principales son purificar, concentrar y separar los metales valiosos, que se encuentran en las soluciones enriquecidas provenientes de la etapa de lixiviación. Este proceso se aplica principalmente en la producción de cobre oxidado. Para realizar la separación de los metales de interés se utiliza un extractante líquido de alta selectividad por el elemento a separar, una vez que el extractante actúa y se conecta con el ion metálico y es separado del resto de la solución es llevado a una solución secundaria pero la cual está exenta de impurezas y óptima para el proceso de electroobtención.

https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_lixivacion_extraccion.asp

- **Hidrometalurgia:** es una rama de la metalurgia que involucra la extracción y recuperación de metales mediante la utilización de soluciones líquidas, acuosas y orgánicas, que por reacciones químicas se separa el metal de interés y se aísla en forma específica. Este proceso se realiza para minerales que son solubles y generalmente corresponden a minerales oxidados.

<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=139540>

- **Lixiviación:** proceso hidrometalúrgico, en el cual, el mineral que contiene el metal que se desea extraer, se disuelve de modo selectivo. Para lograr la disolución del metal de interés, se utiliza una solución en la cual el metal sea soluble, por lo general, en la lixiviación se usa una solución acuosa de ácido, una base o una sal. Para la extracción de cobre, se utiliza ácido sulfúrico, el cual diluye todos los metales que contiene el mineral incluyendo el cobre, formando una solución rica en cobre.

<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=139540>

- **Pirometalurgia:** es una rama de la metalurgia extractiva, en la que se emplean procesos para la obtención y refinación de metales utilizando calor, es decir, la fundición de metales a altas temperaturas. Permite obtener metales directamente de sus menas o después de concentradas, se trata de extraer, del mineral, el metal de interés, mediante la separación de ganga y purificación de los metales. El rango de temperaturas de este proceso, suele ser superior a los 950°C.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Pirometalurgia>

- **Quillaja:** es un árbol endémico de Chile llamado específicamente *Quillaja saponaria* o Quillay, del cual se extrae biomasa mediante un proceso ecológicamente sostenible obteniendo el extracto de quillaja. El extracto de quillaja tiene variadas aplicaciones principalmente en la industria farmacéutica como anti-inflamatorio, antimicrobiana, astringente; en la industria alimentaria como espumógeno natural; en la industria minera, específicamente del cobre, se utiliza para controlar la neblina ácida en la etapa de electroobtención, sin influir en las condiciones de operación del proceso.

<http://www.anagalide.com/ES/e-quillaja.htm>
- **Sulfato de Cobalto:** es una sal del sulfato de cobalto divalente, este aparece en forma de cristales de sulfato monoclinico rojo que se funde a los 96,8°C. Éste es soluble en agua, ligeramente en etanol y especialmente soluble en metanol. Se utiliza en la preparación de pigmentos y fabricación de otras sales de cobalto. En la industria del cobre, se utiliza en la etapa de electroobtención, el cual se disuelve en el electrolito en una concentración adecuada, con la finalidad de disminuir la corrosión anódica y la cantidad de partículas de compuestos de plomo que están suspendidas en el electrolito, además éste disminuye el consumo de energía, ya que, decrece el sobre potencial de los ánodos.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato_de_cobalto_\(II\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato_de_cobalto_(II))
<http://es.slideshare.net/AnHell/hidro-ew>
- **Tronadura:** es la liberación de energía producto de una reacción química con explosivos, con la finalidad de fragmentar un macizo rocoso para una posterior extracción y procesamiento del mineral. Existen dos tipos de tronadura: la primaria, que se realiza directamente en el macizo rocoso para fragmentar parte de éste, y la tronadura secundaria, la cual se realiza sobre los fragmentos de mayor tamaño para reducirlo a uno adecuado para su carga y transporte.

<http://www.mch.cl/informes-tecnicos/tronadura-en-chile-con-la-tarea-de-generar-mas-id/>
- **Zeolita:** es un mineral aluminosilicato microporoso que destacan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse reversiblemente. Las zeolitas naturales ocurren en rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas. Ésta es utilizada como absorbente comercial, refinación del petróleo, coloración gases y líquidos, tratamiento de efluentes metalúrgicos, en la contaminación por mercurio, etc.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Zeolita>
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642006000600017&script=sci_arttext

Resumen

La finalidad de este trabajo ha sido estipular propuestas de mejora para optimizar los costos operacionales de la Gerencia de Extracción y Lixiviación, analizándolos mediante el Costeo ABC o basado en actividades, lo que permitió desarrollar un sistema de estimación y gestión de costos para otros escenarios y periodos.

Una parte fundamental dentro del estudio realizado, fue el análisis de gastos relevantes utilizando diagrama de Pareto para determinar aquellas actividades e ítems que determinan gran parte del costo total. Se identificaron 1306 pares de actividad-ítem de costo, de los cuales 107 son los pocos vitales y representan el 80% del costo total, esto es, \$212,104 millones de dólares de los \$265,082 totales. Los 107 pares se distribuyen en servicios de terceros con un 44% del gasto, materiales con un 25%, energía con un 15%, le sigue remuneraciones con 12% y combustible un 4% de los costos relevantes.

Del mismo diagrama se obtuvieron aquellos pares actividad-ítem de coste más relevantes, servicio de apoyo a la operación de la actividad de lixiviación (14,51%), el ácido sulfúrico de la misma actividad (9,1%), energía eléctrica de electroobtención (7,81%), petróleo diésel por la actividad de transporte (2,5%), neumáticos de la misma actividad (1,72%), reactivos utilizados en la actividad de extracción por solventes y electroobtención (1%) y acondicionadores utilizados en ambas actividades anteriores (0,5%).

Luego se establecieron los factores causales que inducen el comportamiento de los gastos mencionados anteriormente, con lo cual se realizaron diagramas de dispersión para encontrar las relaciones entre éstos y los insumos respectivos, mediante regresiones lineales. En este trabajo se determinaron 13 relaciones para determinar el comportamiento del ácido sulfúrico, petróleo diésel, neumáticos, reactivos y acondicionadores, lo que representa el 30% del costo total y 37,6% de los gastos relevantes. Además para los servicios de terceros al no depender directamente de un factor causal, se estableció mediante otros criterios la optimización de aquellos más relevantes.

Con las relaciones se obtuvieron indicadores que representan el consumo de los insumos relevantes y con los cuales se comparó el gasto para el 2016 al utilizar los indicadores actuales de la gerencia y si se modificaran a aquellos obtenidos mediante las regresiones lineales, con esto se obtuvo una optimización de \$7,67 millones de dólares, lo que equivale aproximadamente a un 3% de disminución de costos operacionales.

Al adecuar los indicadores a los obtenidos de las relaciones entre el insumo y factor causal, se obtuvo un costo unitario de producción de 228,01 ¢/lb para el presupuesto 2016, con lo cual queda un margen respecto al precio del cobre proyectado para el mismo año de 277 ¢/lb.

Además se entregaron propuestas de mejora al proceso productivo en sí, con las que al implementarlas, se podrá disminuir más el costo unitario, debido a que optimizan el uso de insumos, esto no es cuantificable porque aún no se tienen datos históricos de cómo variaron los consumos entre el periodo en que no se llevaron a cabo estas mejoras y en el periodo que se implementaron.

Abstract

The purpose of this study is to provide suggested improvements to optimize operating costs of the Gerencia de Extracción y Lixiviación [Management of Extraction and Leaching], by analyzing them through costing principles of the ABC methodology or activity-based budgeting, which led to develop a cost allocation and management system for other scenarios and periods.

An essential part within the study conducted was the analysis of relevant costs using the Pareto chart to establish those activities and items that determine large proportion of the total cost. 1,306 pairs of cost activity-item were identified, of which 107 are the few important and they represent 80% of total cost; that is 212.104 million dollars out of the total \$265.082. The 107 pairs are distributed in third-parties services with 44% of the expenditure, materials with 25%, energy with 15%, followed by remunerations with 12%, and fuel with 4% of the relevant costs.

From the same chart, the most relevant cost activity-item pairs were obtained: support service to the operation of leaching activity (14.51%), the sulfuric acid from the same operation (9.1%), electric power from electrowinning (7.81%), diesel oil for transport activity (2.5%), tires from the same activity (1.72%), reagents used in extraction activity by solvents and electrowinning (1%), and conditioners used in the two latter activities (0.5%).

Subsequently, causal factors which induce the performance of the above-mentioned costs were established, thus some scatter plots were drawn to find relationships between these and the respective inputs through linear regressions. In this study, 13 relationships to determine the performance of sulfuric acid, diesel oil, tires, reagents, and conditioners were established; representing 30% of total cost and 37.6% of relevant costs. In addition, as the third-parties services do not depend directly on any causal factors, other criteria were applied for optimizing the most relevant ones.

From these relationships some indicators were obtained, which represent the consumption of the relevant inputs, and with which the expenditure for 2016 was compared using current indicators of the management, and those made through linear regressions were modified. Consequently, an optimization of \$7,67 millions dollars was obtained, which is equivalent to 3% of reduction of operating costs.

By adjusting the indicators to the relationships made between the input and the causal factor, a unit cost of production of 228,01 ¢/lb for the budget for 2016 was obtained, thus there remains a margin regarding copper price projected for the same year 277 ¢/lb.

Additionally, suggested proposals to the production process itself were submitted and, by implementing them, the unit cost may be reduced more because they optimize the use of inputs; this is not quantifiable due to the lack of historical data on how the consumptions varied between the period these improvements were not carried out and the period they were implemented.

Introducción

Históricamente, el mercado de la minería del cobre ha pasado por periodos prósperos pero también por otros más críticos, teniendo que aprovechar sus recursos para poder sobrellevar estas situaciones, esto porque el comportamiento de este mercado está condicionado principalmente por la demanda de países como China, Japón, Estados Unidos, etc. y de su estabilidad económica.

Sin ir más lejos, durante el último año, la minería del metal rojo se ha visto fuertemente afectada, determinado por factores que muestran un escenario complicado para los próximos 2 años al menos. Por un lado, el precio de este commodity que está a la baja, llegando a valores bajo los 240 ¢/lb, también la disminución en la demanda del metal por la inestable economía que ha presentado China, Estados Unidos y la Eurozona.

La Gerencia de Extracción y Lixiviación, la cual pertenece a la División Chuquicamata de la Corporación Nacional del Cobre (Codelco) se dedica a la extracción y procesamiento de minerales oxidados de cobre hasta convertirlos en cátodos de cobre refinados de alta pureza.

En la actualidad la situación y continuidad de la gerencia se ha visto afectada no solo por los factores externos que determinan el comportamiento del mercado del cobre, sino también, por el agotamiento de los minerales de la Mina Sur y la baja ley de éstos que alcanzan los 1,42% a los 0,36% de cobre soluble proyectados para el 2016, lo que implica una disminución en la producción de las más de 100.000 toneladas de cobre fino de los últimos años a 68.000 toneladas de cobre fino para el próximo año lo que determina directamente una disminución de los ingresos para la gerencia y por ende para la corporación, disminuyendo además, la brecha de rentabilidad.

Como los factores antes mencionados, no son gestionables por la gerencia para poder reducir la incertidumbre, se hace necesaria la búsqueda de optimizaciones mediante el análisis de los costos operacionales, de aquellos insumos que se utilizan para llevar a cabo el proceso productivo, ya que es la única variable modificable, para así alcanzar un costo unitario de producción menor al precio del cobre pronosticado para el próximo año y así lograr continuidad de la línea óxidos para el 2016, por lo cual, el presente trabajo de título abordará la problemática del escenario de la baja en la producción, ley de cobre y precio del metal rojo que vive la Gerencia de Extracción y Lixiviación mediante la gestión de los costos operacionales.

Esto se desarrolla mediante el modelo de Costeo ABC o por actividades, el cual considera datos históricos de la contabilidad tradicional, distribuyéndolos en las actividades del proceso, identificando los recursos más relevantes y estableciendo una relación para estimar el comportamiento de su consumo de acuerdo a factores causales. Estas relaciones son la base para proyectar los gastos para cualquier periodo, ya que, las relaciones establecidas ayudan a conocer el comportamiento de los costos operacionales, favoreciendo una gestión acorde a la realidad.

El resultado de este análisis es una propuesta de adecuación de costos que generen oportunidades de mejora para el nuevo escenario del año 2016, entregando indicadores para llevar control del consumo de insumos, estandarización de parámetros operacionales para un mejor uso de los recursos e ideas para optimizar el proceso productivo con la finalidad de disminuir aún más los costos operacionales.

1. Antecedentes

1.1. Reseña histórica CODELCO

La historia de Codelco se remonta a la Chilenización y luego nacionalización de la Gran Minería del Cobre que durante gran parte del siglo XX fue controlada por capitales estadounidenses como Braden Copper Company, Chile Exploration Company, Andes Copper Mining, Anaconda Copper Company y Cerro Corporation, entregando al país muy pocos ingresos de las actividades mineras que desarrollaban, por lo que en 1951 se firmó el Convenio de Washington, permitiendo a Chile disponer del 20% de la producción de cobre.

En 1966 con la Chilenización del Cobre, se dictó la Ley N°16.425, en la cual se crearon las sociedades mineras mixtas entre el Estado de Chile y las compañías mineras extranjeras que explotaban los yacimientos en ese tiempo, además la legislación establecía que la participación del Estado chileno debía ser al menos de un 25%. Así es como en 1967, el Estado chileno adquirió el 51% de la propiedad de El Teniente, Chuquibambilla y Salvador.

Luego en 1971, durante el gobierno de Salvador Allende, el Congreso Nacional modificó de manera unánime el artículo 10 número 10 de la ley 17.450 de la Constitución Política del Estado, en ésta se expuso que por derecho soberano inalienable de Chile, disponía libremente de sus riquezas y recursos naturales, por tanto, se nacionalizaban y declaraban, incorporadas al pleno y exclusivo dominio de la Nación, todas las empresas que constituían la gran minería del cobre. Además en la ley se dispuso que los derechos sobre aquellos yacimientos mineros de las empresas nacionalizadas, se inscribieran a nombre del Estado de Chile.

Para la administración de los yacimientos de la minería del cobre, se crearon sociedades colectivas estatales que tenían como socios a la Corporación del Cobre, la cual era una institución heredera del Departamento del Cobre (95%) y a la Empresa Nacional de Minería (5%).

Codelco como tal, se creó el 1 de Abril de 1976 por medio del Decreto Ley 1.350, Codelco asumió la administración de todos los yacimientos mineros ya nacionalizados, reemplazando a las Sociedades Colectivas del Estado, de esta manera los yacimientos mineros se agruparon en una sola empresa minera, comercial e industrial, con duración indefinida, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Codelco, Corporación nacional del Cobre de Chile, es una empresa autónoma propiedad del Estado chileno, dedicada principalmente a la exploración, desarrollo y explotación de recursos cupríferos y subproductos, el procesamiento de éste hasta convertirlo en cobre refinado en forma de cátodos al 99,99% de pureza y su posterior comercialización en Chile y el mundo.

También produce concentrado de cobre, cobre blíster, ánodos de cobre y lingotes RAF; entre sus subproductos se encuentran el óxido de molibdeno, barras anódicas y ácido sulfúrico.

Codelco es líder en la producción de cobre de Chile y el mundo, también posee cerca del 9% de las reservas mundiales de este metal. (Codelco, 2015)

A continuación, en la Ilustración 1: Países Productores de Cobre, se pueden observar los países productores de Cobre del mundo.

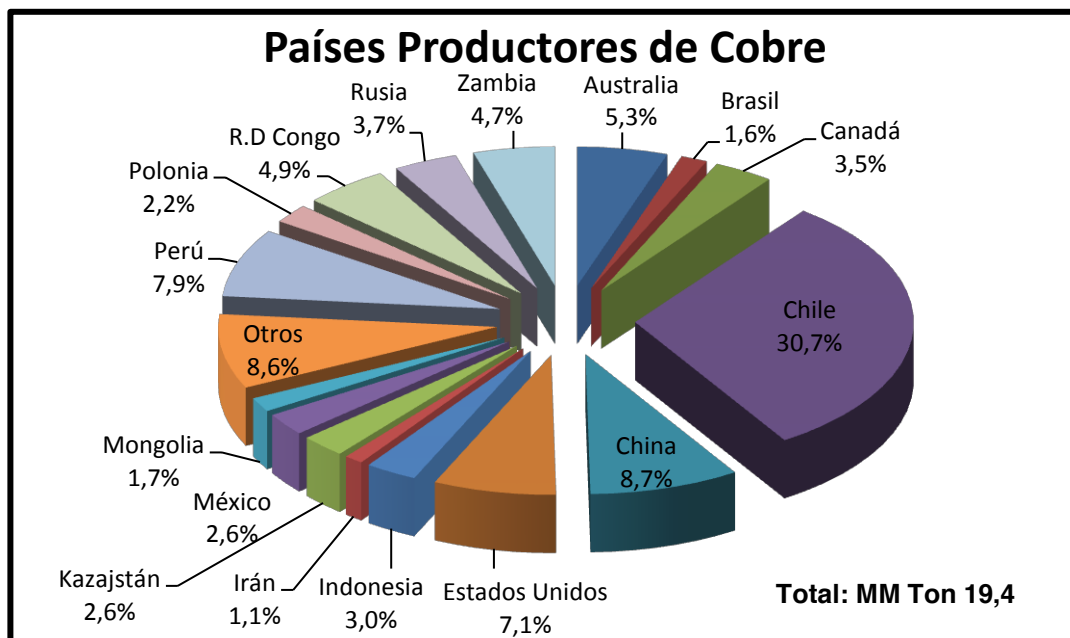


Ilustración 1: Países Productores de Cobre
Fuente: (INFORME DE TENDENCIAS DEL MERCADO DEL COBRE , 2014)

Codelco opera en 8 divisiones, las cuales están ubicadas entre la Región de Antofagasta hasta la Región Libertador Bernardo O’iggins, cuenta con una Casa Matriz en la Región Metropolitana y tiene una Sede Corporativa en Calama.

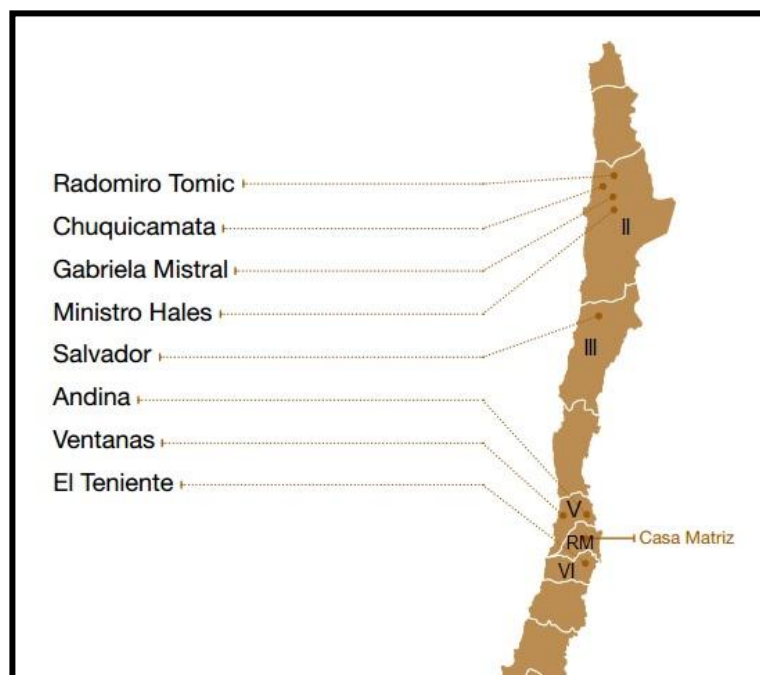


Ilustración 2: Divisiones de Codelco
Fuente: (Codelco, 2015)

De las divisiones, Ventanas sólo se dedica a la fundición y refinación del metal rojo, por lo tanto, no forma parte de la producción anual de Codelco, por otra parte Ministro Hales, creada el año 2010, comenzó su producción recién el año 2013. La producción de los últimos 5 años de cada una de las Divisiones se ven en la siguiente tabla.

Tabla 1: Producción Anual por Divisiones

(Miles Toneladas)	2010	2011	2012	2013	2014
Radomiro Tomic	375,3	470,1	427,8	379,6	327,3
Chuquicamata	528,4	443,4	355,9	339	340,4
Gabriela Mistral	117,1	118	133	128,2	121
Ministro Hales	-	-	-	33,6	141,2
Salvador	76,2	69	62,7	54,2	54
Andina	188,5	234,4	249,9	236,7	232,4
El Teniente	403,6	400,3	417,2	450,4	455,4
Total	1689,1	1735,2	1646,5	1621,7	1671,7

Fuente: (Codelco, 2015)

Codelco no solo tiene el 100% de participación en sus 8 Divisiones, también posee el 49% de participación en la Minera El Abra ubicada en la Región de Antofagasta y el 20% de las acciones de Anglo American Sur correspondientes a mineras en la Región de Valparaíso y Región Metropolitana.

En el 2014, la producción de Codelco fue equivalente el 36% de la producción total del país, por otra parte, en la minería privada las mayores cifras correspondieron a las transnacionales BHP Billiton (17%), Antofagasta Minerals (9%) y Anglo American (8%). La distribución de la producción de Cobre en Chile entre las distintas empresas, se aprecia en la Ilustración 3: Productores de Cobre en Chile.

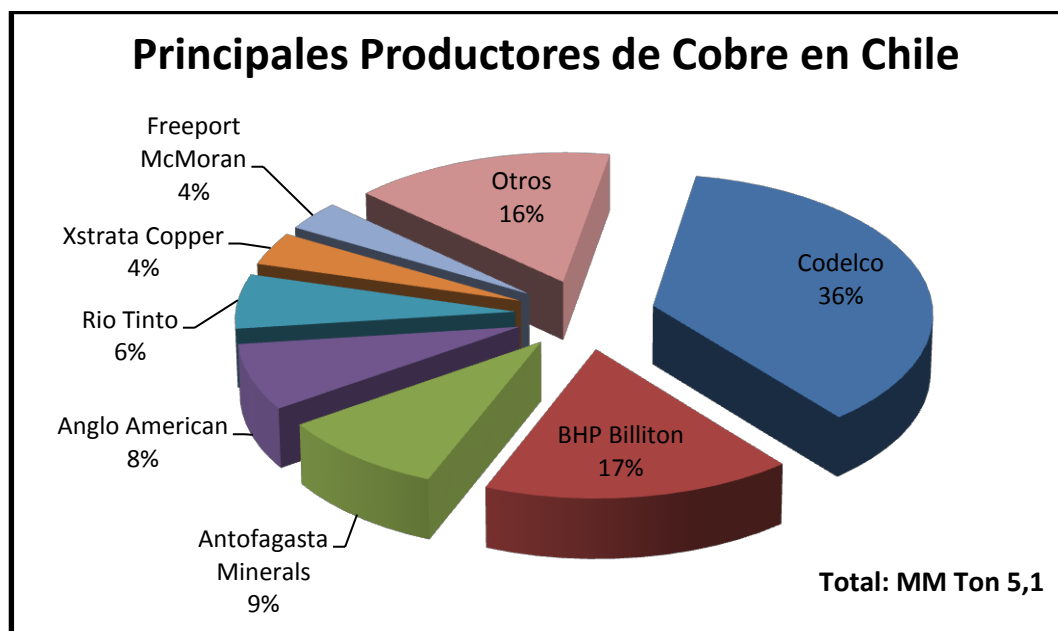


Ilustración 3: Productores de Cobre en Chile
Fuente: (Comisión Chilena del Cobre, 2015)

La Corporación es la empresa que más contribuye a la economía chilena, aportando al país más de US\$115.000 millones de excedentes en sus 44 años de historia, de los cuales US\$3.033 millones corresponden a los aportados el año 2014, posee activos fijos por \$35.257 millones de dólares y un patrimonio de \$11.526 millones de dólares, para fines del 2014.

También es el principal exportador de Chile, sus ventas al exterior han significado uno de cada cuatro dólares exportados por el país en los últimos 40 años; las ventas el 2014 alcanzaron los US\$13.827 millones.

En la Tabla 2: Ventas, Excedentes, Activo y Patrimonio de Codelco, se muestran las ventas, excedentes, activo y patrimonio de Codelco de los últimos 5 años.

Tabla 2: Ventas, Excedentes, Activo y Patrimonio de Codelco

(Millones de US\$)	2010	2011	2012	2013	2014
Ventas	16.066	17.515	15.860	14.956	13.827
Excedentes	5.799	7.033	7.805	3.889	3.033
Activo total	20.279	20.835	31.660	33.355	35.257
Patrimonio total	4.531	6.065	12.179	12.408	11.526

Fuente: (Codelco, 2015)

La Corporación la lidera un Directorio compuesto por nueve integrantes, los cuales son designados de acuerdo a las normas establecidas en la Ley N° 20.392, la cual determina que tres directores son nombrados directamente por el Presidente de la República, cuatro designados a través de una quina seleccionada por el Consejo de la Alta Dirección Pública, un director escogido de una quina presentada por la Federación de Trabajadores del Cobre (FTC) y un director elegido de una quina presentada por la Federación de Supervisores del Cobre (FESUC) y la Asociación Nacional de Supervisores del Cobre (ANSCO). El Presidente del Directorio, quien actualmente es Óscar Landerretche Moreno, es elegido por el Presidente de la República de entre quienes conforman el Directorio, finalmente el Presidente Ejecutivo es designado por el propio Directorio de la Corporación y es el responsable de ejecutar y supervisar todas las actividades productivas, administrativas y financieras de la empresa, actualmente ocupa este cargo Nelson Pizarro Contador.

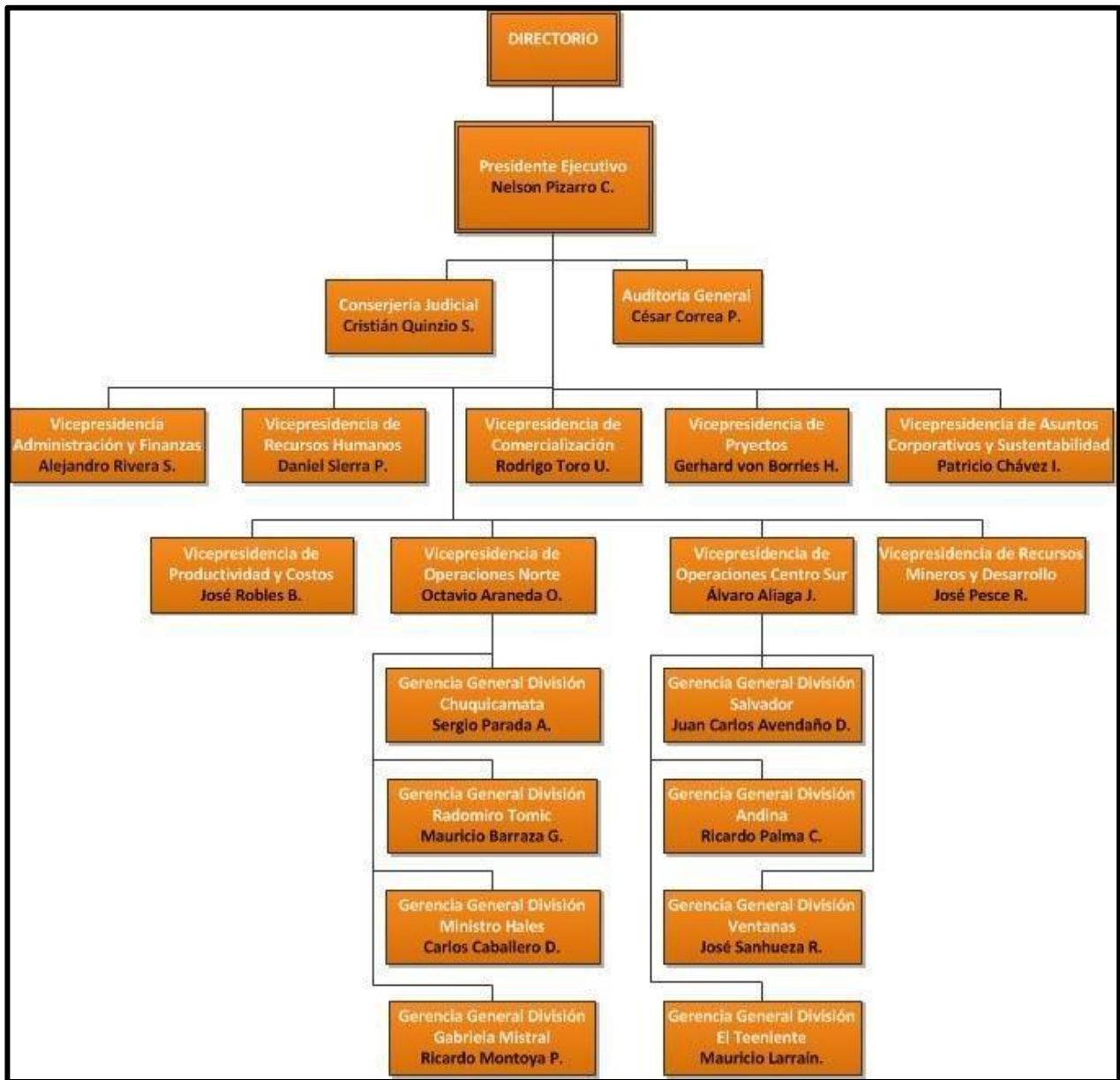


Ilustración 4: Organigrama Codelco
Fuente: (Codelco, 2015)

1.2. División Chuquicamata

El yacimiento minero Chuquicamata está ubicado a 1.650 kilómetros al norte del Santiago de Chile, en la Segunda Región de Antofagasta, específicamente a 18 kilómetros al noreste de la ciudad de Calama y a 2.870 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con dos minas “Chuquicamata” en operación a escala industrial desde 1915 y “Mina Sur” inaugurada en 1970, ambas operan con el tipo de explotación a rajo abierto.

En la mina Chuquicamata se extraen minerales de cobre sulfurado, en cambio en la Mina Sur, minerales de cobre oxidados. Los productos que se obtienen son cátodos electrorefinados (Mina Chuquicamata) y electro-obtenidos (Mina Sur) al 99,99% de pureza, además de concentrado de cobre, molibdeno y subproductos como barro anódico y ácido sulfúrico. La producción el año 2014 fue de 340,4 mil toneladas métricas de cobre fino. La problemática se presenta en la Gerencia de Extracción y Lixiviación, esta corresponde a la Línea Óxidos de la División Chuquicamata, es decir, la línea que produce cátodos electroobtenidos. A continuación se aprecia el cronograma de la GEL:

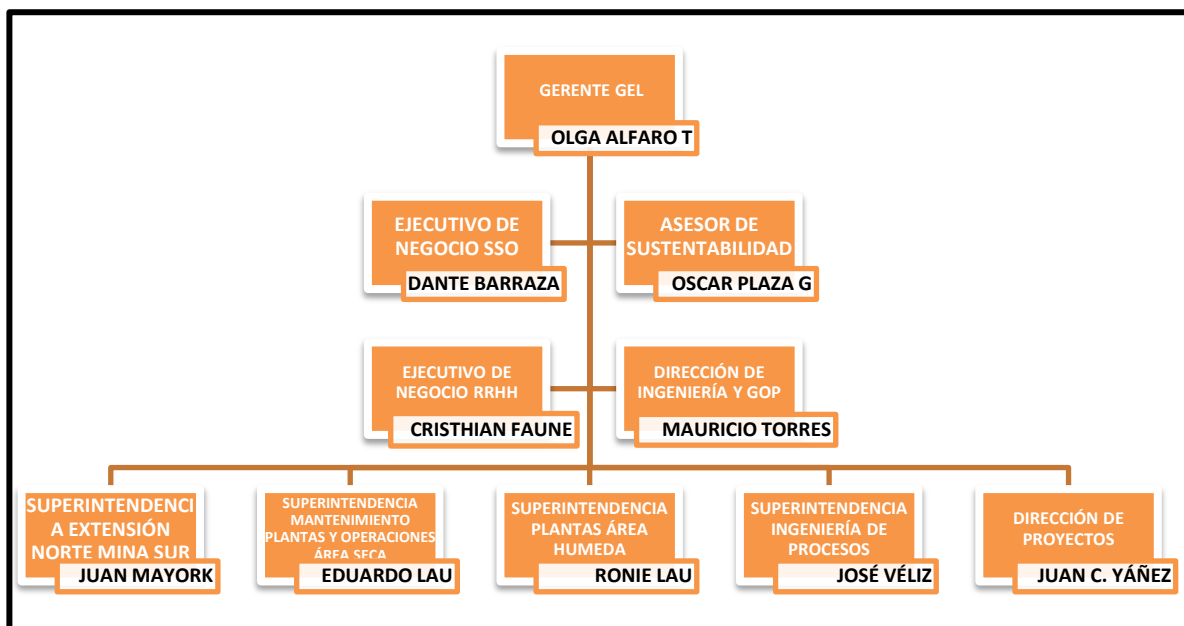


Ilustración 5: Organigrama Gerencia Extracción y Lixiviación
Fuente: Elaboración propia en base a información entregada en la gerencia.

1.3. Proceso Productivo Mina Sur: Hidrometalurgia

La obtención de cobre fino puede seguir dos rutas principalmente, estas dependen principalmente de la naturaleza del mineral a tratar, ya sea, mineral oxidado o mineral sulfurado. Cuando el mineral es de tipo oxidado el proceso se llama hidrometalurgia y en el caso del mineral sulfurado se utiliza el proceso pirometalúrgico.

De estos dos procesos, la pirometalurgia es económicamente más costosa, debido a que, utiliza mayor energía en llevar a cabo la molienda y fusión, también éste es más contaminante por la generación de gases tóxicos y por tanto, se exige incorporación de plantas para tratar dichos gases y así cumplir con las normas medioambientales.

La hidrometalurgia es una de las ramas de la metalurgia, sus procesos se basan principalmente en tratar soluciones acuosas y orgánicas, tratando los minerales oxidados. Este proceso cuenta con las siguientes etapas: se comienza con la “Explotación del mineral” directamente desde la mina, luego éste pasa por los distintos tipos de “Chancado”, dejando el mineral con las características adecuadas para pasar a la etapa de “Aglomeración” y llevarlo a la “Lixiviación”, luego de unos días pasa a etapa de “Extracción por Solventes” y finalmente la “Electro-obtención” donde se obtienen los cátodos de cobre con un 99,99% de pureza.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso hidrometalúrgico del cobre en forma general, comenzando por la extracción del mineral desde la mina sur hasta la obtención de cátodos de cobre grado “A”.

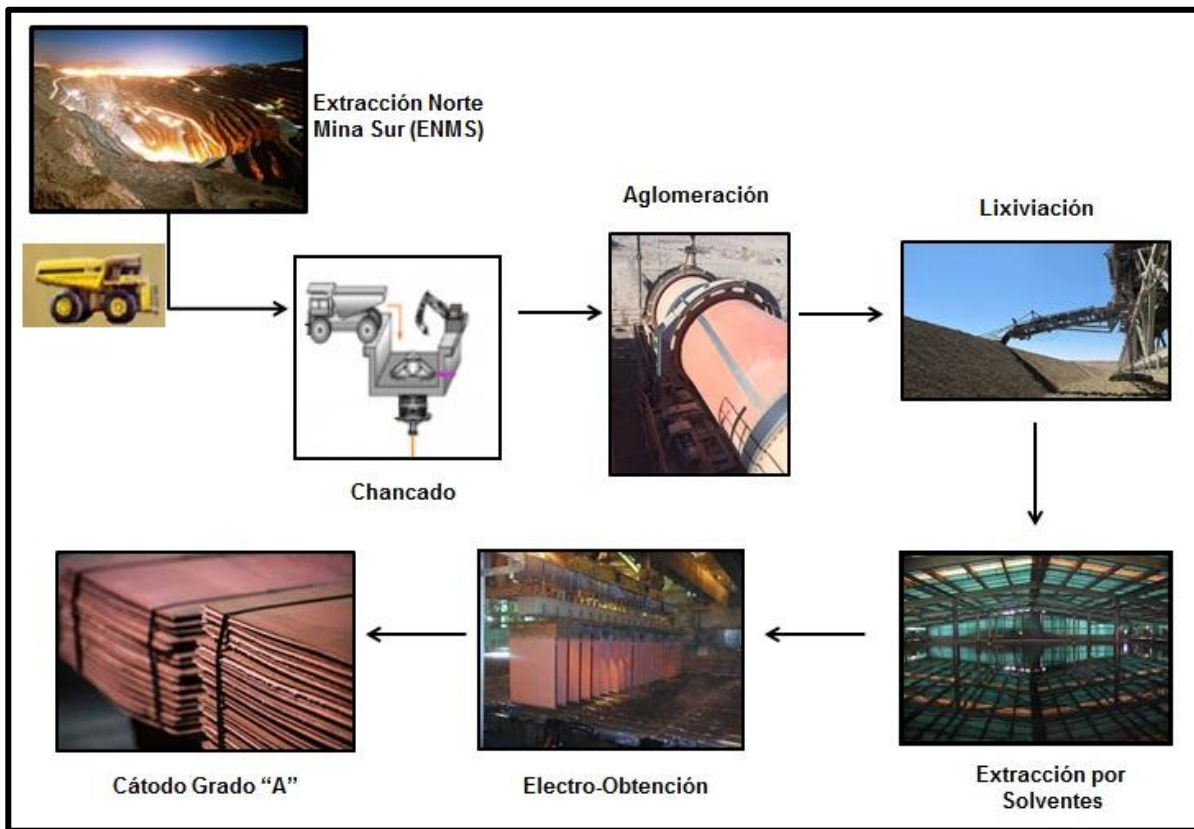


Ilustración 6: Proceso Hidrometalúrgico del Cobre
Fuente: Elaboración propia.

1.3.1. Extracción del mineral

Esta es la primera etapa del proceso hidrometalúrgico, en esta se extrae la porción mineralizada con cobre y otros elementos del macizo rocoso de la mina, minerales oxidados como Crisocola, Atacamita y Copper Wad. La extracción puede ser en minas a cielo abierto, como es el caso de Mina Sur, subterránea o de la combinación de ambas.

Esta etapa comienza con la perforación del terreno, las cuales deben realizarse a una distancia regular y determinada según una malla de perforación, generalmente la distancia de las perforaciones varía en un rango de 8 a 12 metros, de manera que atraviesen la altura del banco y se puedan depositar los explosivos, para que la detonación sea efectiva. Los equipos con los que

se realizan los orificios son perforadoras rotatorias de 12 ¼ de pulgadas de diámetro, que realizan perforaciones de 15 metros de longitud en tiempos de 20 minutos.

Cada cavidad realizada por la perforadora, es cargada con explosivos y se introduce un detonante de encendido eléctrico, el cual se detona mediante control remoto. Se establece una secuencia de detonaciones para los distintos hoyos de la tronadura, con diferencias de tiempo entre cada detonación de fracciones de segundo. Lo que se obtiene es la roca mineralizada fragmentada, a una dimensión óptima que no debe superar un metro de diámetro, obteniendo una granulometría uniforme para su fácil carguío y transporte.

El material tronado es cargado en los cambiones de extracción “Caex”, mediante palas eléctricas o cargadores frontales en operación continuada, las palas tienen una capacidad de 70 a 100 toneladas de material por vez, por lo cual, sólo se necesitan tres movimientos para completar la carga de un camión; los cargadores frontales tienen menor capacidad y en Mina Sur sólo se utilizan para trabajos especiales, ya que, son equipos de apoyo.

Finalmente el material es transportado a sus diferentes destinos, ya sea, chancador primario en el caso de mineral con ley, y botaderos cuando es mineral estéril o de baja ley (Cuadra & Huerta, www.codelcoeduca.cl, 2012).

1.3.2. Chancado

El mineral con ley es transportado hasta la etapa de chancado, el cual pasa por los distintos tipos de chancadores (primario, secundario, terciario) con la finalidad de reducir y homogeneizar los fragmentos hasta obtener un tamaño uniforme de ½ pulgada, porque la granulometría de la roca que proviene de la mina es muy variada.

El proceso comienza por el chancador primario, en el cual, el mineral reduce su tamaño a un máximo de 8 pulgadas de diámetro (20 centímetros), una vez que el mineral sale de éste, es transportado por correas hasta la pila de inventario llamada “Stock pile”, que tiene una capacidad para almacenar 22.500 toneladas, las cuales son utilizadas durante el día.

Del stock pile, el mineral es transportado hasta el chancador secundario, también a través de sistema de correas, pasando por harneros y buzones de traspaso. En este segundo chancador el mineral es fragmentado hasta reducirlo a un tamaño máximo de 3 pulgadas (8 centímetros).

Para lograr un mineral de tamaño ½ pulgada debe pasar por el último chancador, este es el terciario, con esta medida el material mineralizado ya puede ser transportado hacia la etapa de aglomeración y lixiviación, ya que, para el proceso de hidrometalurgia no es necesario lograr un tamaño menor de las partículas (Cuadra, www.codelcoeduca.cl, 2012).

1.3.3. Aglomeración

Una vez que el material mineralizado pasó por los tres chancadores, es llevado hasta la etapa de lixiviación, pero debe ser preparado previamente en los tambores aglomeradores. En estos tambores, el mineral es sometido a una primera irrigación, el cual es mezclado con una solución de agua y ácido sulfúrico, esto es lo que se llama curado.

El objetivo de llevar a cabo el proceso de curado, es que, se comience la sulfatación del cobre contenido en el mineral antes de que llegue a las pilas de lixiviación. Éste al ser curado no solo se irriga con ácido, sino que también, se transforma en glómeros, las partículas finas de mineral se

adhieren a las gruesas, esto mejora las condiciones físicas del material mineralizado para las próximas etapas.

Finalmente, los glómeros son trasladados hasta las pilas para seguir con el proceso de lixiviación (Cuadra, www.codelcoeduca.cl, 2012).

1.3.4. Lixiviación

La lixiviación que se lleva a cabo en la división, es a través de pilas. Los glómeros son llevados en correas transportadoras hasta el equipo que se encarga de esparcirlos ordenadamente formando un terraplén uniforme de 6 a 8 metros de altura, llamado módulo, cada una de estos módulos contiene 50.000 toneladas de mineral.

Antes de formar las pilas, el terreno se prepara con la instalación de una membrada impermeable de polietileno de alta densidad y sobre ésta, un sistema de drenaje con tuberías ranuradas, que permiten recoger las soluciones.

Sobre la pila se instala el sistema de riego, el cual puede ser por sistema de goteo y/o aspersión, que cubren toda el área que será irrigada. Las pilas se riegan con una solución ácida compuesta por agua y ácido sulfúrico, en la superficie de éstas. La solución se infiltra a través de toda la pila, actuando en forma rápida disolviendo el cobre contenido en el mineral, formando una solución de sulfato de cobre.

El riego de las pilas, se realiza durante 45 a 60 días, después de este tiempo se supone que se ha agotado casi todo el cobre lixiviable en el mineral.

La solución de sulfato de cobre, denominada PLS tiene una concentración de hasta 9 gramos de cobre por litro, ésta es recogida por el sistema de drenaje y llevada a estanques donde se limpia, eliminándose las partículas sólidas que pudieran haber sido arrastradas, luego pasa a la piscina de inventario de PLS, para finalmente ser llevadas a la etapa de extracción por solventes.

Por otro lado, el material restante que es ripio con baja o nula cantidad de cobre, es retirado por roto pala y enviado a botadero por medio de correas transportadoras (Cuadra, www.codelcoeduca.cl, 2012).

1.3.5. Extracción por Solventes

En esta etapa, la solución rica en cobre proveniente de la lixiviación, PLS, pasa por dos grandes pasos, la limpieza y concentración, mediante una extracción iónica.

La solución acuosa PLS se mezcla con una fase orgánica, compuesta por parafina y resina. La resina de la solución orgánica captura los iones de cobre disueltos en el PLS, esto ocurre principalmente en el mezclador, formando una fase rica en cobre denominada “orgánico cargado” y otra pobre en cobre llamada “refino”. Como el extractante (orgánico) es selectivo sólo se enlaza con el cobre disuelto.

En el refino se quedan todas las impurezas disueltas del PLS y también se le transfiere el ácido libre que formaba parte de la estructura molecular del extractante, aumentando así la acidez del refino. Es por esto, que la solución acuosa, refino, es utilizada en la etapa de lixiviación para irrigar las pilas, una vez que sale de la extracción por solventes.

El orgánico cargado pasa por una segunda etapa, la re-extracción, donde es tratado con una solución de electrolito proveniente de la electro-obtención, llamada "Spend". El spend es rico en ácido, lo que provoca que el cobre que había sido transferido al extractante, sea descargado hacia el electrolito, formando una solución concentrada en cobre con 45 gramos por litro de éste, llamada "Avance". Esta solución luego pasa a la etapa de electro-obtención, para seguir con el proceso hidrometalúrgico.

Al mismo tiempo que ocurre la concentración de cobre formando el avance, el orgánico recupera el ácido que había perdido en la extracción, logrando la regeneración del extractante y formando una mezcla orgánica, "orgánico descargado". El orgánico descargado vuelve a la etapa de extracción, donde se vuelve a cargar de cobre de la solución PLS; éste cumple el mismo ciclo y no abandona el circuito de extracción por solventes, salvo en cantidades mínimas producto del arrastre (Cuadra, www.codelcoeduca.cl, 2012).

1.3.6. Electro-obtención

Esta es la etapa final del proceso hidrometalúrgico del cobre, la cual tiene por objetivo recuperar el cobre de la solución electrolito concentrado, avance, para producir cátodos de alta pureza de cobre (99,99%) los cuales son vendidos en el mercado internacional.

El avance pasa por una serie de intercambiadores de calor, los cuales ajustan la temperatura de esta solución a un rango adecuado de 40°C a 45°C, para que este pueda ingresar a las celdas de electro-obtención.

En las celdas se encuentran los ánodos que hacen el polo positivo y son fabricados de una aleación de plomo, estaño y calcio; y los cátodos, polo negativo, que pueden ser cátodos permanentes de acero inoxidable o láminas iniciales de cobre. Estas están situadas alternadamente y conectadas de manera de conformar un circuito por el que se aplica corriente eléctrica continua de baja intensidad, cual entra por los ánodos y sale por los cátodos.

El cobre contenido en el avance es atraído por el polo negativo, es decir, hacia los cátodos, pegándose partícula por partícula en la superficie de éste, en forma de metal. Este proceso dura de seis a siete días, hasta que se produce la cosecha de cátodos. Durante este tiempo se ha depositado cobre con pureza del 99,99% en las dos caras del cátodo, con un espesor de 3 a 4 centímetros por cara y un peso total por cátodo de 70 a 80 kilogramos.

Cada celda de electro-obtención contiene 60 cátodos, los cuales se van cosechando de 20 por maniobra, para luego ser lavados con agua caliente para remover las posibles impurezas que hayan quedado en la superficie. Éstos son enviados a la máquina despegadora, la cual en forma mecánica despega las hojas de ambas caras, dejando limpio el cátodo permanente, los cuales vuelven a la etapa de electro-obtención.

A algunos de los cátodos de cobre despegados se les realiza un muestreo sistemático, para determinar su contenido de cobre, que debe ser 99,99% de éste y menos del 0,01% de impurezas, luego son apilados y embalados mediante zunchos metálicos, para ser enviados al patio de embarque, donde serán transportados a través de camiones o ferrocarril hasta que lleguen a su destino final (Cuadra, www.codelcoeduca.cl, 2012).

2. Problema y Objetivos

2.1. Planteamiento y justificación del problema

La minería del cobre en Chile y principalmente Codelco, ha sido por décadas una riqueza clave para la economía del país, ya que, ésta se beneficia de los recursos que se obtienen gracias a la exportación hacia los distintos países del mundo, contribuyendo la corporación excedentes por más de 120.000 millones de dólares desde 1971 y en los últimos cinco años 21.760 millones de dólares. Sin embargo, la situación actual de la cuprífera es crítica, enfrentando desafíos por los que quizás nunca ha pasado una gran compañía de nivel global, esto debido principalmente a la caída en el precio del metal rojo en los mercados internacionales (Codelco, 2015).

Es por esto, que la compañía se está esforzando en atenuar este escenario, a través del aumento de la producción de cobre en las distintas divisiones y la rebaja de costos operacionales, para así, de esta forma seguir entregando excedentes a Chile y continuar siendo competitivos en el mercado mundial.

A todas las divisiones de Codelco les afecta directamente este factor, por lo cual, cada una de éstas se encuentra en un periodo de mejoras a nivel de producción, buscando mejores formas de gestión de sus procesos, mano de obra e insumos, para que estos cambios beneficien directamente la disminución de costos.

En el caso específico de la Gerencia de Extracción y Lixiviación, desde hace años se ha visto inmersa en un difícil escenario determinado por el pronto agotamiento de los minerales lixiviables y la disminución en la ley de cobre, esto junto a los bajos precios del metal a nivel mundial, generan una situación aún más crítica, determinando incluso la continuidad de la gerencia, ya que, los costos unitarios ($\$/\text{lb}$ de cobre) bordean el precio del metal tranzado en la bolsa de metales.

Al existir una disminución en la cantidad de cobre fino producido, en paralelo con un precio del mismo cada vez más bajo, los ingresos de la gerencia disminuyen y por ende, la brecha de rentabilidad también, poniendo en riesgo la continuidad de la gerencia para los próximos años. La forma de aumentar la rentabilidad, bajo estos parámetros, es a través de la reducción de los costos operacionales propios del proceso.

Es por esto, que este trabajo está enfocado en analizar y gestionar los costos operacionales para determinar oportunidades de mejora como opción de solidificar la continuidad de la Línea Óxidos, División Chuquicamata para el año 2016 y con miras al futuro, pues la única variable que se puede intervenir para modificar y disminuir, son los costos.

Para lograr disminuir los costos de operación, se hace necesario estudiar el proceso de la hidrometalurgia y las áreas que forman parte de éste, enfocándose principalmente en aquellas actividades que se le adjudica mayor parte del presupuesto anual y en las que además se puedan realizar cambios con una baja inversión y en el corto tiempo.

A continuación se muestran tendencias de la cómo ha ido evolucionando el precio nominal del cobre y la ley del cobre en la Gerencia de Extracción y Lixiviación:

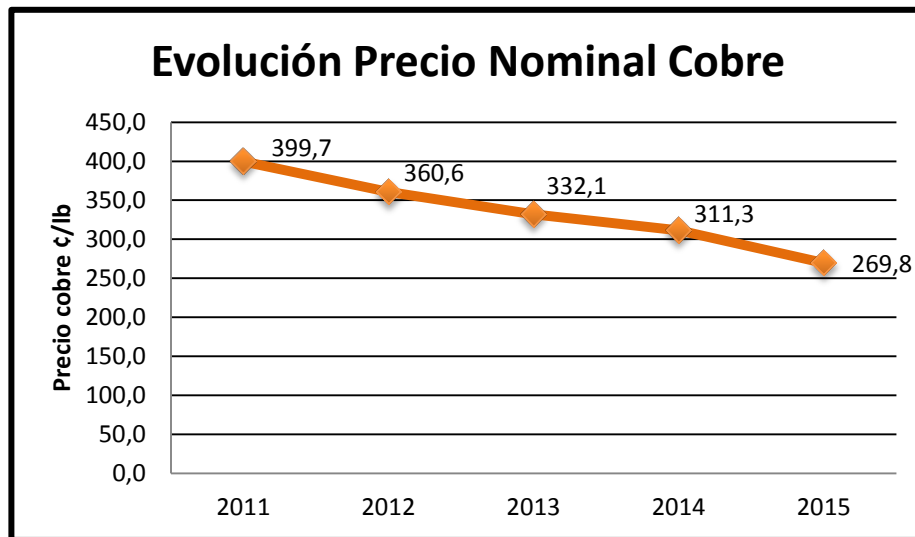


Ilustración 7: Evolución Precio Nominal del Cobre
Fuente: (Comisión Chilena del Cobre, 2015)

Como se puede observar en la Ilustración 7: Evolución Precio Nominal del Cobre, el precio del cobre en los últimos ha tenido una tendencia a la baja, incluso este año esta baja ha sido aún más drástica, llegando a niveles riesgosos para el rubro de la minería del cobre, con un precio de 225 [¢/lb]. Se espera que el precio del metal rojo siga disminuyendo, hasta llegar a valores de los 220 [¢/lb], sin embargo, la proyección para el próximo año es un poco más alentadora, con un precio promedio de 277 [¢/lb] según documento emitido por Cochilco (Comisión Chilena del Cobre, 2015, pág. 1).

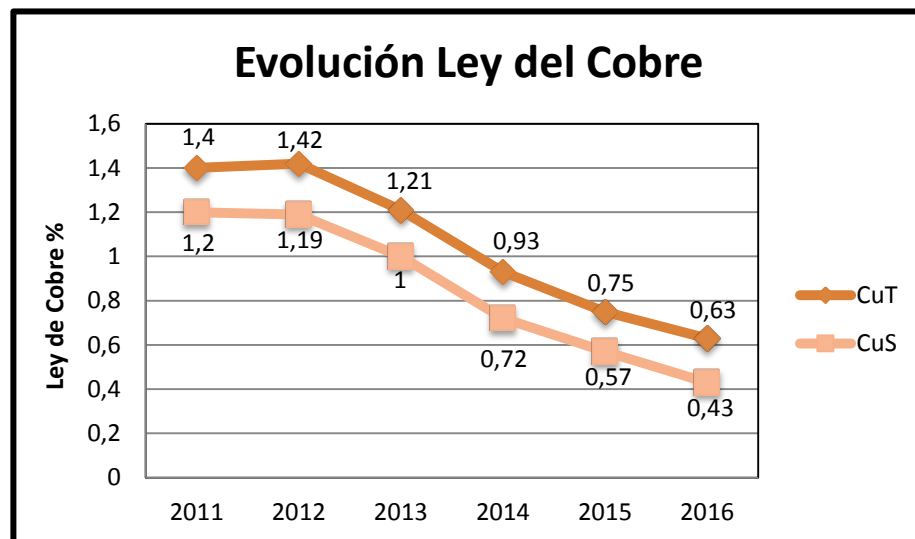


Ilustración 8: Evolución Ley del Cobre GEL
Fuente: (Informe Mensual de Gestión Operacional, 2014)

La Línea Óxidos cerraría en diciembre del año 2014 por la escasez de mineral y la baja ley de éste, pero se realizó un plan para sacar mineral del rajo hasta diciembre del 2015, además de tratar otros minerales provenientes desde División Ministro Hales y rípios que se encuentran en stock. Por esto, es que la producción de cobre estimada para el 2016 se ha visto disminuida en comparación a los años anteriores.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Analizar el proceso productivo de la Gerencia de Extracción y Lixiviación para generar propuestas de mejoras, que contribuyan a la disminución y estimación de costos operacionales para el escenario de baja ley del cobre.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la Gerencia de Extracción y Lixiviación, sus áreas, subprocesos y/o actividades, mediante el sistema de costeo ABC.
- Identificar aquellos costos operacionales que tienen un mayor impacto en el gasto total de la gerencia.
- Determinar los factores causales que generan relaciones de consumo de los costos operacionales seleccionados y su relación con el proceso productivo.
- Identificar las debilidades, falencias, etc. que presentan las relaciones de consumo actuales de los costos operacionales y estimación de los mismos.
- Desarrollar y evaluar propuestas de mejora que permitan optimizar los costos operacionales de la gerencia y su estimación para el escenario de baja ley del cobre.

3. Marco Teórico

3.1. Herramientas para análisis de problemas

3.1.1. Diagrama Ishikawa

Un Diagrama Ishikawa (diagrama causa-efecto, espina de pescado) es una representación de varios elementos de un sistema, llamados causas, que juntos pueden contribuir a un producir un resultado, problema, efecto.

Esta herramienta fue desarrollada por el Profesor Kaoru Ishikawa el año 1943, es efectiva para estudiar procesos, situaciones, problemas e identificar los posibles factores involucrados en el problema, a través de la recolección de datos (Nunes, 2012) .

Este tipo de diagrama no sirve para utilizarlo en el análisis de datos estadísticamente, ya que, es una herramienta cualitativa y las causas identificadas, pueden o no, ser las responsables de la generación del problema.

El diagrama causa-efecto está compuesto por dos ejes principales, uno es el efecto, o lo que está mal y se quiere analizar, por otro lado las causas del efecto en cuestión, las cuales deben estar agrupadas o categorizadas, ya sea, adoptando causas genéricas como las 4M (máquinas, métodos, materiales, mano de obra), 4P (personal, puestos, provisiones, procedimientos) u otra categoría de acuerdo al problema y situación analizada (Pabon & Miranda, 2010).

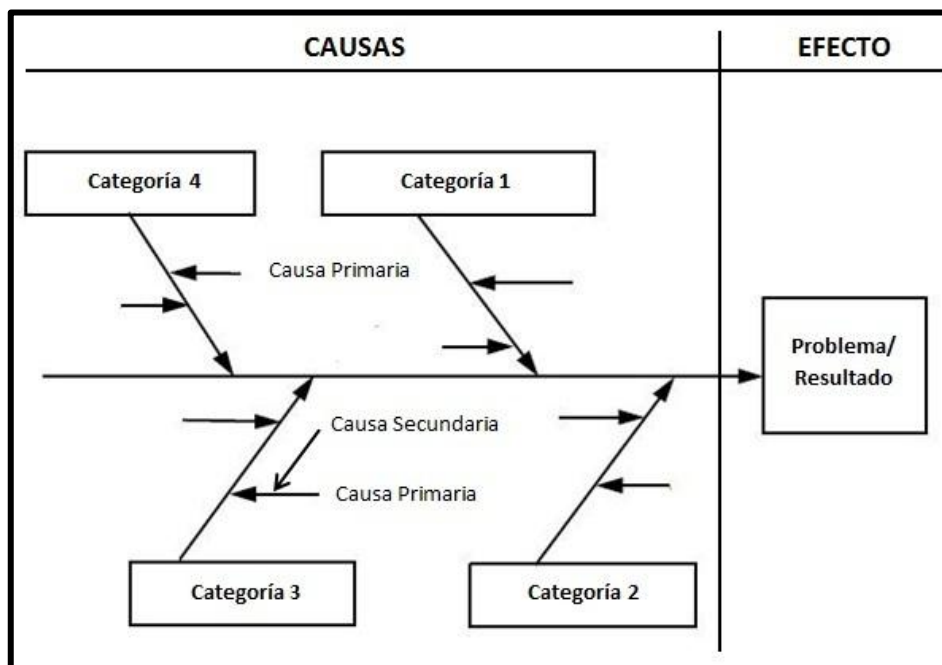


Ilustración 9: Diagrama Ishikawa
Fuente: Elaboración propia.

Los pasos a seguir para la realización de un diagrama Ishikawa son los siguientes:

1. Se define cuál será el efecto (problema, resultado, etc.) que se analizará y cuyas causas han de ser identificadas. El efecto se escribe en la cabeza de la espina de pescado, tal como se observa en la imagen anterior, en el cuadro de la parte derecha.
2. Determinar las principales categorías en las que se agruparán las causas identificadas y que se relacionan con el problema de estudio.
3. Identificar las causas principales y asignarlas a la categoría correspondiente del diagrama. Esto se puede realizar a través de lluvia de ideas en la que colaboren varias personas que conozcan del problema.
4. Una vez que se determinan las causas principales de cada categoría del diagrama, se puede continuar asignando causas secundarias, que corresponden a las causas de las causas principales, con el fin de analizar a fondo el problema en cuestión.
5. Con el diagrama ya realizado, se puede comenzar a analizar las causas más relevantes o que podrían impactar más en el problema. Esto se puede realizar utilizando otro tipo de herramienta, de acuerdo, a la recopilación de datos utilizados para confirmar las causas seleccionadas (Pabon & Miranda, 2010).

3.1.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto lleva este nombre en honor al economista Vilfredo Pareto, quien realizó un estudio respecto de la riqueza, descubriendo que la minoría de la población poseía gran parte de la riqueza y que la mayoría de esa población poseía la menor parte de la riqueza, por lo cual se estableció la llamada "Ley de Pareto". Sin embargo, esta ley, no solo se utilizó para analizar situaciones económicas de la sociedad, el doctor Joseph Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniendo lo que se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si un problema tiene muchas causas que lo originan, se puede decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y que el 80% de las causas solo resolverían el 20% del problema; de esta forma se separan las pocas causas vitales de las muchas triviales.

Por lo tanto, el Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversos datos por orden descendente, de izquierda a derecha, por medio de barras sencillas después de haber reunido las causas que originaban un problema específico, asignándoles un orden de prioridades.

Esta gráfica es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema, de manera que se sepa hacia dónde dirigir los esfuerzos y recursos, necesarios para llevar a cabo una acción correctiva. Es además muy útil para identificar oportunidades de mejora, estableciendo las prioridades de las soluciones, en la toma de decisiones dentro de la organización (Wikipedia, 2007).

El procedimiento para realizar Ishikawa se describe a continuación:

1. El primer paso para realizar un Diagrama de Pareto es tener preparados todos los datos, generalmente, las causas que provocan un determinado problema, o las variables que generan la situación que se desea cambiar.
2. Luego se calcula la frecuencia parcial y total con la que se repite el elemento, además del porcentaje que corresponde cada causa respecto del total y el porcentaje acumulado de las mismas. Esto se realiza en una tabla, la cual debe incluir todos los datos anteriores.
3. Una vez lista la tabla con los respectivos datos, se comienza a trazar y rotular los ejes. Primero se realiza un gráfico de barras que representa el efecto de cada uno de los elementos, causas

del problema. Cuando se tenga listo el gráfico de barras, se traza un gráfico lineal, en los que cada punto representa el porcentaje acumulado de la tabla realizada anteriormente.

4. Al tener listo el gráfico de Pareto, se sigue con la identificación de aquellos elementos, señalando cuáles son los pocos vitales y los muchos triviales.
5. Finalmente con los elementos vitales identificados se puede comenzar a analizar los posibles factores que influyen en dicho elemento, buscar formas de mejorar, desarrollar posibles soluciones, etc. (Fundibeq, 2015).

A continuación se muestra un ejemplo de cómo debe ser el resultado de una tabla de Pareto y el resultado de ésta, en el gráfico de Pareto

Tabla 3: Tabla de Pareto

CAUSAS PROBLEMA X	FRECUENCIA PARCIAL	FRECUENCIA ACUMULADA	% PARCIAL	% ACUMULADO
CAUSA 1	45	45	29,0%	29,0%
CAUSA 2	41	86	26,5%	55,5%
CAUSA 3	38	124	24,5%	80,0%
CAUSA 4	15	139	9,7%	89,7%
CAUSA 5	9	148	5,8%	95,5%
CAUSA 6	5	153	3,2%	98,7%
CAUSA 7	2	155	1,3%	100%
TOTAL	155	155	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

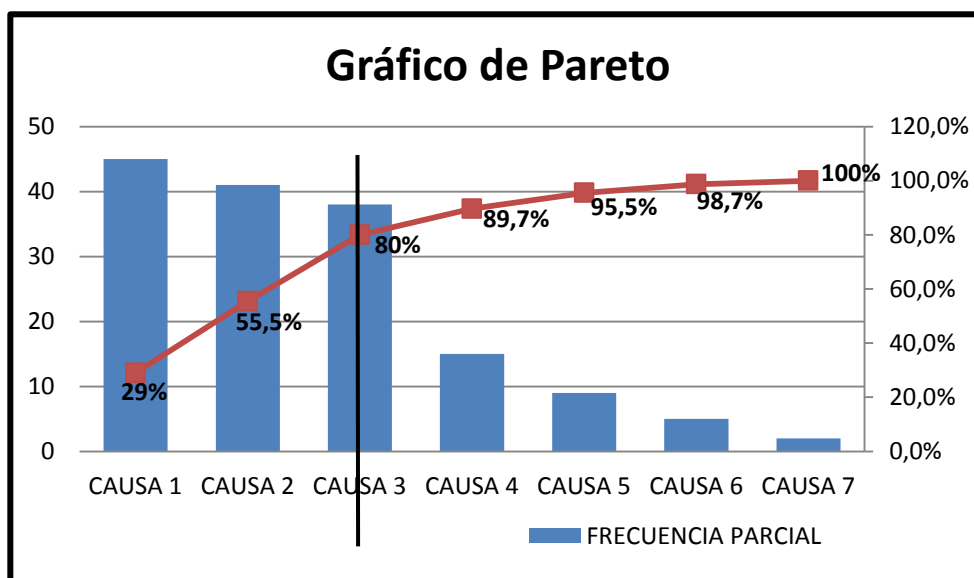


Ilustración 10: Ejemplo Gráfico de Pareto

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Diagrama de Pareto resultante de la tabla realizada, las causas que representan el 80% del problema son las tres primeras, esto quiere decir, que son elementos vitales del problema en estudio, por ende, deberían ser las que se analicen y hacia las que se dirijan los esfuerzos para mejorar.

3.2. Métodos para Análisis de Datos

3.2.1. Promedio Simple

Este método consiste en obtener la media aritmética de una cierta cantidad de datos históricos, de esta forma poder estimar el pronóstico para el siguiente periodo. La cantidad de datos históricos que se tomarán en cuenta para calcular el promedio, dependerá de las personas que realicen el estudio y de qué tan preciso desean los resultados (Ingenieriaindustrialonline, 2012).

Como se mencionó anteriormente, con este método se puede pronosticar datos para periodos siguientes y es el más sencillo de aplicar. Éste es útil de utilizar cuando se tienen datos que se encuentran nivelados, son aleatorios, no tienen tendencia y no dependen de ningún factor causal.

La forma en que se realiza el cálculo de la media aritmética o promedio es de la siguiente forma, se suman los datos que se tomarán en cuenta y ésta se divide por la cantidad de datos de la suma. Esto se puede apreciar en la siguiente fórmula:

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_{t-1}}{n}$$

Donde:

\hat{X}_t = media aritmética o promedio en el periodo t.

Σ = sumatoria de datos.

X_{t-1} = datos reales de los periodos anteriores a t.

n = número de datos (cantidad).

3.2.2. Promedio Móvil Simple

Este método es parecido al anterior con la diferencia que se da mayor importancia a conjuntos de datos más recientes. En este, cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales, irregulares, sean eliminados.

El promedio móvil simple es útil aplicarlo cuando existen datos aleatorios, nivelados y donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en periodos recientes. La fórmula que se utiliza para aplicar este método, es la misma del método anterior (Ingenieriaindustrialonline, 2012).

A continuación se muestra un ejemplo de cómo realizar promedio móvil simple, en el cual se calculará el promedio para los periodos siguientes, tomando en cuenta un conjunto de 3 meses, por lo tanto, los resultados obtenidos comenzarán desde abril.

Tabla 4: Ejemplo de Promedio Móvil Simple

Periodo	Datos Reales	Pronóstico 3 meses
Enero	30	
Febrero	40	
Marzo	35	
Abril	50	35
Mayo	40	42
Junio	55	42
Julio	45	48
Agosto	60	47
Septiembre	65	57
Octubre	55	60
Noviembre	45	55
Diciembre	30	43

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Promedio Móvil Ponderado

Este método es una variación del promedio móvil. En el promedio móvil simple se le asigna igual importancia a cada uno de los datos que componen dicho promedio, en este se puede asignar cualquier importancia (peso) a los datos del promedio, esto, siempre que la sumatoria de las ponderaciones sea total un 100% (IngenieriaIndustrialOnline, 2012).

El promedio móvil ponderado es utilizable cuando los se tienen datos aleatorios o nivelados donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos, esto mediante la aplicación de enfoque e importancia a los datos recientes, dicho enfoque es superior al del promedio móvil simple, ya que, se le asigna un porcentaje que varía entre datos.

La fórmula para realizar el promedio ponderado, es la siguiente:

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * X_{t-1}}{n}$$

Donde:

\hat{X}_t = media aritmética o promedio en el periodo t.

Σ = sumatoria de datos.

C_i = factor de ponderación.

X_{t-1} = datos reales de los periodos anteriores a t.

n= número de datos (cantidad).

3.2.4. Regresión Lineal

Este método a diferencia de los anteriores, determina la relación entre dos variables y un término aleatorio, es decir, una variable se comporta de acuerdo al cambio que presente la otra variable de la cual depende (Wikipedia, 2015).

Si se considera que una relación es de tipo lineal, la formalización es representada bajo la siguiente fórmula:

$$Y = AX + B$$

Como la aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando una variable presenta un comportamiento creciente o decreciente en relación a un factor causal u otra variable, se hace indispensable que previo a la elección de este método, exista un análisis de la regresión que determine la intensidad de las relaciones entre las variables que componen el modelo.

El pronóstico de regresión lineal simple es óptimo utilizarlo cuando se tienen datos con tendencia, ya sea, creciente o decreciente, es decir, datos que presentan una relación lineal causal.

El objetivo de un análisis de regresión es determinar la relación que existe entre una variable dependiente y una o más variables independientes y poder realizar esta relación, se debe postular una relación funcional entre las variables. Es por esto que es importante realizar un análisis de la regresión determinando la intensidad entre las variables, esto mediante el coeficiente de correlación.

El coeficiente de correlación (r o R), es simplemente, el grado de asociación entre las variables, cuyo valor varía entre -1 y 1 , cuando es -1 existe una correlación negativa y cuando el coeficiente es 1 la correlación entre las variables es positiva. Además el coeficiente de correlación al cuadrado (R^2) permite analizar el qué tan alto es el error de la relación entre las variables, mientras éste esté más cercano a 1 , la relación entre las variables es más perfecta y por ende se puede utilizar la regresión lineal para pronosticar obteniendo resultados más certeros, caso contrario, cuando el coeficiente de correlación al cuadrado es cercano a 0 .

Una gráfica de relación lineal se puede observar en la siguiente ilustración:

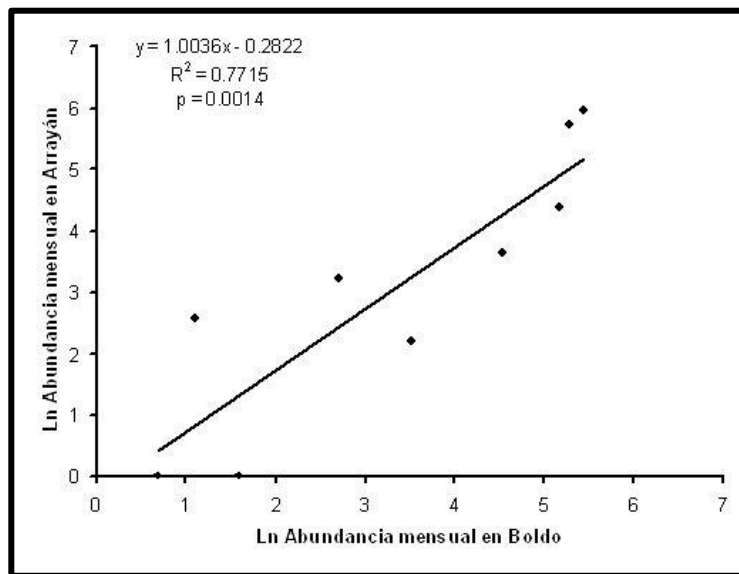


Ilustración 11: Ejemplo de Regresión Lineal
Fuente: (Aguilera, Casanueva, & Hernández, 2006)

3.3. Métodos de costeo

3.3.1. Tradicionales

3.3.1.1. Costeo absorbente

También denominado costeo total, fue el sistema de costeo más utilizado durante el siglo XX, ya que, antes el tratamiento contable solo se dedicaba a proteger los activos utilizados, controlándolos a través del estado de resultado.

Este método de costeo consiste en incluir en el costo de transformación o unitario la mayor cantidad de gastos que sea posible como los materiales directos, remuneraciones directas, además de los gastos indirectos fijos y variables de producción, etc. Es decir, toma en cuenta en el costo del producto todos los costos de producción independiente de si estos tienen un comportamiento fijo o variable, esto bajo el argumento de que para llevar a cabo cualquier actividad productiva se requiere de ambos, por lo mismo es uno de los métodos más utilizados para la toma de decisiones por las empresas latinoamericanas (Quiñónez , González, López, & Tabares, 2012, págs. 2-3).

En el costeo absorbente se cargan todos los costos a la producción menos aquellos que se aplican a ventas, costos generales y los correspondientes a administración. Además del costo de manufactura, incluye factores como depreciación, arriendos, seguros, etc. por otro lado, los costos fijos son distribuidos entre unidades producidas y de estos solo son llevados a resultado el costo fijo de aquellas unidades vendidas, mientras que el de aquellas no vendidas permanecen en inventario.

En la estructura de este sistema de costeo se puede visualizar cómo se distribuyen los distintos tipos de costos que absorbe, ya sea, en el estado costo de producción, estado de resultados y balance general.

Estado costo de producción: este está compuesto por los materiales directos, sueldos y salarios directos, gastos indirectos de producción fijos y variables.

Estado de resultados: el costeo absorbente también utiliza el tradicional estado de ingresos, el cual se enfoca en el valor de la utilidad bruta. La utilidad bruta corresponde a la diferencia entre las ventas y el costo de los productos vendidos. Aquí los costos fijos de manufactura se incluyen en el costo de venta.

El ingreso operativo se obtiene al restar en una primera instancia a las ventas todos los costos de manufactura (fijos y variables) para obtener así la utilidad bruta y luego a esta utilidad se le reducen los costos que no son de manufactura (se deducen).

Balance general: para evaluar los inventarios se consideran los gastos de producción fijos y variables, generando una repercusión en el balance general debido a que aumentan los activos al considerar también los gastos indirectos de producción fijos. Las utilidades pueden ser cambiadas de un periodo a otro con aumentos o disminuciones en los inventarios de dicho periodo, si se aumenta el inventario final entonces la utilidad incrementa y viceversa.

3.3.1.2. Costeo variable

Este sistema de costeo tuvo su inicio y desarrollo poco antes de la primera guerra mundial, sin embargo, se hizo conocido como Costeo Directo por el primer artículo publicado el 15 de enero de 1936 el cual hacía referencia a este tipo de costeo. Este método de costeo, divide los gastos en fijos y variables, de los cuales sólo se toman en cuenta para calcular el costo unitario, aquellos gastos que tienden a variar con el volumen de producción, es decir, gastos variables.

Los costos fijos permanecen constantes en un periodo, independiente del volumen que se produzca, por lo tanto no son modificables por el nivel al cual se opera; es por esto, que para costear bajo este método se incluyen solamente los costos variables y los costos fijos de producción deben ser llevados 100% al periodo del año en que se generan.

La aplicación de los costos variables afecta la valuación de los artículos terminados, en proceso y a los costos de producción, estado de resultados y al balance general; también utilizado en la fijación de precios, calificar la eficiencia y rendimiento de los trabajadores (Quiñónez , González, López, & Tabares, 2012, págs. 3-5).

Se puede ver reflejada la incorporación del costeo variable en los estados financieros de la siguiente forma:

Estado costo de producción: este está compuesto por materiales directos, salarios directos y también aquellos gastos variables sin considerar los gastos fijos porque provoca disminución del monto.

Estado de resultados: es la diferencia entre el ingreso neto y los costos variables de producción de lo vendido, al igual que el costo de producción tampoco incluye los gastos fijos, ni los costos de distribución y administración.

Balance general: este se ve modificado en la sección de inventarios por no incluir los gastos fijos, también afecta al capital de trabajo y el capital contable.

La utilización de costos variables modifica los sistemas de contabilidad, ya que, se utilizan los mismos registros evitando incluir los gastos fijos, por lo tanto para realizar el estado de cuentas de una empresa que utiliza el método de costeo variable es de igual forma que en una empresa que no utiliza este tipo de costeo, solo que en el estado de resultado se deben establecer en las cuentas los gastos fijos y los variables por separado para tenerlos claramente determinados a la hora de calcular el costo unitario.

3.3.2. Costeo basado en actividades

Este método de costeo también es conocido como ABC por sus siglas en inglés “Activity Based Costing”, tiene sus inicios en 1985 cuando sus autores Keith Williams y Nic Vintila enfrentaron los problemas presentados en la remodelada fábrica de tractores de John Deere ubicada en Waterloo, la cual fue organizada en tres grandes divisiones hidráulica, transmisores y equipos y productos especiales, en este último los directivos nombrados anteriormente, demostraron la ineficacia del sistema de costos estándar para la toma de decisiones.

El sistema de costeo ABC divide a la organización en actividades y asocia a cada una de éstas los costos correspondientes para llevarlas a cabo, luego se aplican los costos de las actividades a

cada uno de los productos, servicios u otros, mediante el uso apropiado de factores apropiados según el origen de cada costo (Quiñónez , González, López, & Tabares, 2012, pág. 5).

Las actividades representan todo lo que una empresa realiza, en un tiempo determinado para obtener un producto o servicio determinado, la función de cada actividad es convertir recursos en productos mediante la determinación de costos a cada actividad y los rendimientos correspondientes (Adame Welsh, 2000, pág. 7).

Los objetivos del costeo por actividades son:

- Conocer el costo de un producto o servicio en base a las actividades realizadas.
- Rastrear todo tipo de gasto en los que incurra la empresa, organización, etc.
- Repartir los gastos a los productos y/o servicios que los originan.
- Vigilar cada gasto de los productos y/o servicios en lugar de asignarlos a éstos de forma arbitraria.
- Identificación de áreas de mejora y reducción de costos, al conocer la relación entre las actividades, los gastos y los productos y/o servicios asociados.
- Proveer información de costos certera a la administración para la toma de decisiones.

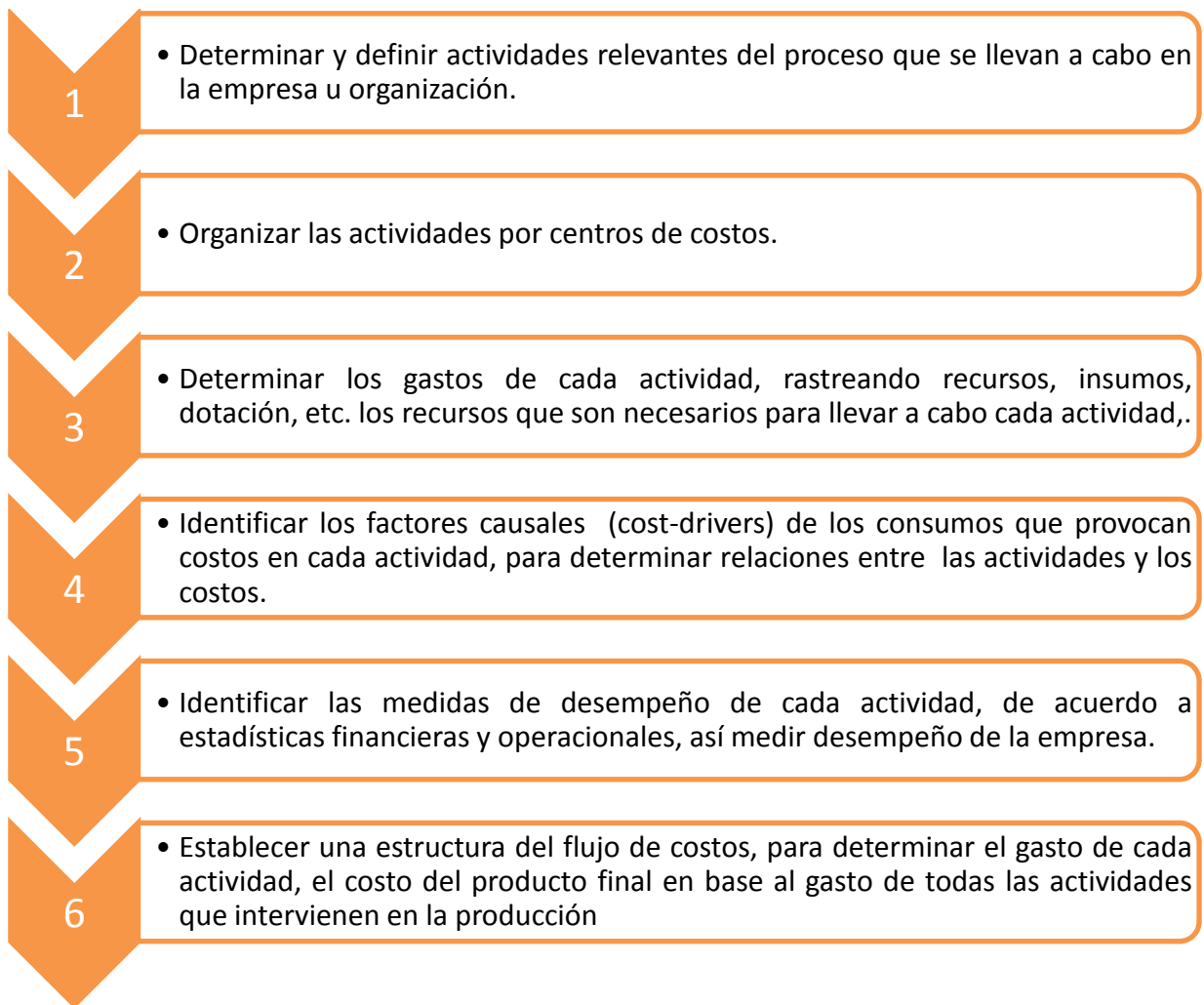
El costeo ABC se basa en dos principios:

1. No son los productos, sino las actividades las generadoras y consumidoras de costos.
2. Los productos generan y consumen las actividades.

Landolt, Schnake e Isakson mencionan que el costeo ABC permite entender el enlace entre cada proceso y los costos asociados a éstos, identificar los factores que determinan los costos de procesos y los modelos de costo del sistema de producción. Además la administración para poder realizar mejoras y/o cambios en sus actividades requiere entender las razones causales de los costos y su relación con el proceso de producción.

En el esquema de costeo ABC se deben asignar la totalidad de los costos a alguna de las actividades establecidas de la operación, no se debe dar lugar a que se ignore el origen de un costo. Para obtener un mayor nivel de detalle, las actividades se separan en funciones las cuales pueden ser representadas por equipos principales, flotas, etc. todo depende de la empresa en que se lleve a cabo la utilización de este sistema de costeo.

Los pasos que se deben seguir para realizar el costeo por actividades son los siguientes:



Es muy importante determinar los factores causales de los costos, ya que, encontrar las relaciones que determinan su valor permitirá realizar gestión y tomar decisiones, controlando los inductores de cada costo.

Todo esto permitirá tener una visión general del origen de los costos y su relación con la estructura administrativa, sabiendo qué se gasta, dónde se gasta y en qué se gasta, de esta forma permite entregar información mucho más certera a los responsables (superintendentes, gerentes, etc.) de dónde se puede mejorar para la toma de decisiones.

Conceptos utilizados en el costeo por actividades:

- **Actividad:** conjunto de personas, tecnologías, materias primas, métodos y medio ambiente que produce un bien o un servicio. Una actividad describe lo que la empresa realiza, cómo utiliza el tiempo, recursos y productos del proceso, para alcanzar sus fines. Las actividades son procesos que consumen recursos para producir un output específico en un tiempo determinado. Una empresa puede administrar sólo lo que hace, es decir, las actividades (Adame Welsh, 2000, pág. 13).

Existen muchos criterios con los que se clasifican las actividades, estos son los más comunes:

1. Según frecuencia de ejecución: actividades repetitivas y no repetitivas.

Actividades repetitivas: aquella actividad que se realiza de forma continua y sistemática en la empresa. Las actividades repetitivas tienen inputs, outputs y procesamientos que son consistentes.

Actividades no repetitivas: esta actividad es aquella que se realiza en la empresa en forma esporádica u ocasional.

2. Según capacidad para añadir valor al producto: actividades que agregan valor y las que no agregan valor.

Actividades que agregan valor: son las actividades que hacen que el producto final sea apreciado por el cliente.

Actividades que no agregan valor: todas aquellas actividades que no son esenciales para el cliente, aunque existen actividades que sin agregar valor, son indispensables para el funcionamiento de la empresa, por tanto, hay que diferenciar entre estas dos para eliminar aquellas actividades que representan desperdicio.

3. Según la función: son aquellas que apoyan una función en particular, pueden ser muy diversas como actividades de centro de compras, producción o ventas, etc.

4. Según objeto del coste: pueden ser actividades a nivel unitario, a nivel de lote, relacionadas con el mantenimiento del producto, de infraestructura o relacionadas con las instalaciones.

Actividades a nivel unitario: estas actividades son las que se realizan cada vez que se fabrica una unidad de producto, como tal, varían proporcionalmente con el volumen de producción, como por ejemplo costo de las materias primas, mano de obra, consumo energía eléctrica, etc.

Actividades a nivel de lote: son aquellas que se llevan a cabo cada vez que se procesa un nuevo pedido, es decir, son las que benefician a un lote de producto pero éstas son independientes del número de unidades del lote.

Actividades de mantenimiento del producto: son todas las actividades que se ejecutan para que funcione de buena forma cualquier línea del proceso productivo, por lo mismo están destinadas a la mejora continuada de los procesos de fabricación y comercialización.

Actividades de infraestructura: son aquellas actividades realizadas para lograr el sustento de toda la organización. Como estas actividades no son específicas para un producto o línea de producto, se deben considerar los costes asociados como costes comunes a todos los productos.

- **Función:** es la unidad mínima en el análisis, como los equipos o tareas específicas dentro de la operación. Una actividad la conforman un conjunto de funciones.
- **Proceso:** conjunto de actividades relacionadas e interdependientes, las cuales están enlazadas por los productos (outputs) que intercambian. Las actividades se relacionan porque un evento genera una primera actividad y esta a su vez genera actividades subsecuentes. Los límites entre las actividades está determinado por el intercambio de los outputs, enlazándolas en una relación causa-efecto

- **Costo:** es el valor monetario de los recursos, insumos, etc. que se utilizan para la realización de una actividad. Según Landolt existen dos componentes principales del costo, por un lado, los insumos que varían en proporción a los procesos y los recursos, los cuales son asignados de acuerdo a la estación que corresponda, estos no varían de acuerdo al proceso, permanecen fijos en función de la estructura administrativa que lo asignó.

Insumos: estos son los gastos que se generan por la necesidad directa del proceso productivo y sus etapas, esto quiere decir que son proceso-dependientes. Los insumos pueden ser modelados en función de distintas variables dependiendo del proceso. Los insumos son consumidos por la operación, algunos insumos son: explosivos, ácido, combustible, etc.

Recursos: son considerados costos fijos y por ende no se modifican en función del proceso. Los valores que se le asignan, es bajo el punto de vista de la experiencia y juicio de la jefatura y operadores a cada una de las actividades. Estos ayudan al proceso productivo en las actividades de producción o de apoyo. Los recursos se pueden clasificar en: recursos en sí, dotación y gastos corporativos.

Dotación: la dotación representa el gasto por personas que forman parte de la organización y participan del proceso productivo, ya sea, propios o colaboradores, supervisores y trabajadores, etc.

Gastos corporativos: son aquellos gastos que se asignan desde fuera del rango funcional del proceso, estos no son modificables por los administradores de la organización, por lo tanto no se puede realizar gestión sobre estos. Algunos gastos corporativos son: publicidad, impuestos, etc.

- **Inductor de costo:** también conocido como cost-drivers o generadores de costos, son la relación de causalidad entre el consumo de recursos, insumos y la producción obtenida (outputs). Es decir, son los motivos que causan cada uno de los costes de todas y cada una de las actividades del proceso productivo. Entre los cost-drivers se pueden encontrar: horas/máquina, kilómetros recorridos, toneladas cargadas, etc.
- **Medidas de desempeño:** son indicadores que definen qué tan bien se realiza cada trabajo y los resultados alcanzados por una actividad. Estas medidas del desempeño también ayudan a determinar si las actividades llenaron o no, las expectativas de los clientes.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se describen las diferencias más significativas entre el costeo tradicional y el por actividades o ABC:

Tabla 5: Costeo Tradicional vs Costeo ABC

Costeo Tradicional	Costeo ABC
Los productos consumen los costos.	Las actividades consumen los costos y los productos consumen las actividades.
Utiliza sólo medidas relacionadas con el volumen, como único elemento para asignar los costos a los productos.	Utiliza las actividades como base para realizar la asignación de los costos, además de cost drivers relacionados o no con el volumen.
Se basa en las unidades producidas para calcular la tasa de designación de gastos indirectos.	Utiliza distintas bases dependiendo de las actividades relacionadas con dichos costos.
Sólo utilizan los costos del producto.	Se concentra en los recursos utilizados por las actividades.
La asignación de gastos se lleva primero a una unidad organizacional (planta, departamento, etc.) y luego a los productos.	La asignación gastos se lleva a cabo primero en las actividades y luego a los productos.
Utiliza bases generales (unidades producidas, horas máquina, etc.) sin tener en cuenta la relación causa-efecto.	Usa como base unidades de los cost drivers a través
Valorización de tipo funcional.	Valorización de tipo transversal y mejoramiento de los procesos.

Fuente: Elaboración propia en base a (Quiñónez , González, López, & Tabares, 2012, pág. 8)

3.4. PHVA

El Ciclo PHVA establece el procedimiento para lograr la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, es decir, el modo sistemático para lograr el objetivo de mejorar el rendimiento de un proceso productivo y de todos los factores que en éste incurren. En el Lean Manufacturing, este ciclo debe guiar todo el proceso de mejora, tanto para aquellas mejoras radicales como en las pequeñas (Vinasco Isaza, 2015)

En la siguiente imagen se muestran los ítems que conforman la metodología PHVA

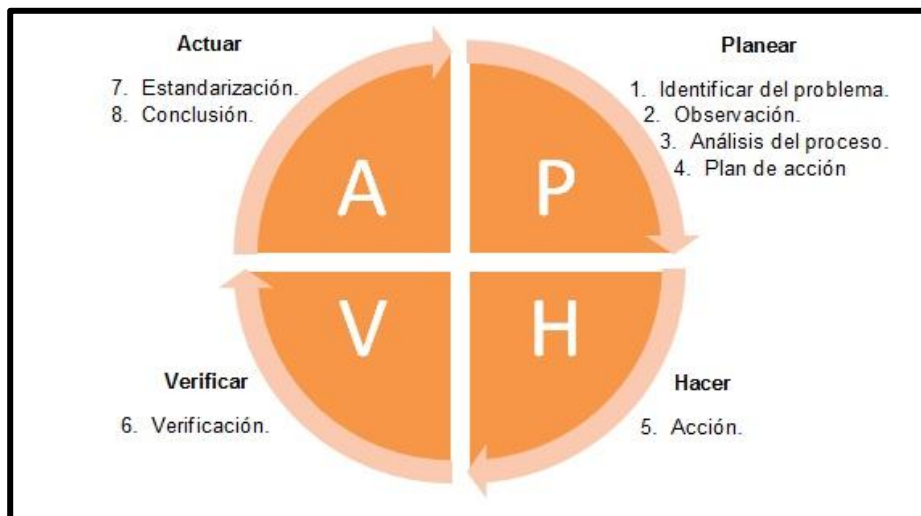


Ilustración 12: Etapas metodología PHVA
Fuente: Elaboración propia.

- Planear: como primera fase de esta metodología se debe seleccionar el proceso, área, actividad, etc. que se desea o que es necesario mejorar mediante la solución de los síntomas o efectos que provocan un problema determinado y definiendo. Analizar el proceso actual a fondo, con tal que se detecten y se evidencien las debilidades de éste. Esta fase está compuesta por cuatro etapas:
 1. Identificación del problema: esta etapa consiste en seleccionar, definir y caracterizar el problema al que se desea dar solución. Delimitarlo, estudiar los antecedentes, cuantificar su importancia, etc. Las herramientas que podrían complementar esta etapa son los diagramas de Pareto, gráficos de control, indicadores de productividad, VSM, entre otros.
 2. Observación: consiste en conocer paso a paso el/los proceso/s donde está/n situados los efectos indeseados, determinando características y variables de éstos, mediante la recopilación de datos, observaciones en terreno, etc. Para esta etapa se utilizan herramientas como diagrama de flujos del proceso en los que especifiquen las variables a controlar, cuellos de botella, puntos críticos de control y donde podrían alcanzarse oportunidades de mejora.
 3. Análisis del proceso: también llamado análisis de causas, lo que corresponde a buscar, investigar todas las posibles causas del problema detectado, discriminar entre éstas determinando cuál o cuáles son las más importantes o que influyen en mayor medida en el problema a solucionar. Las herramientas utilizadas son las brainstorming (tormenta de ideas), diagrama de Ishikawa, los 5 porqué, entre otras.
 4. Plan de acción: como el nombre lo indica, lo que se realiza en esta última etapa es elaborar un plan de medidas que se enfoque en remediar aquellas causas que se seleccionaron en la etapa anterior por tener una connotación de importantes. Para cada plan de acción se debe detallar en qué consiste, su objetivo, cómo implementarla, costos asociados, etc. Las herramientas que se pueden utilizar son muy variadas, ya que, dependerá de la causa que se pretenda eliminar y del plan de acción que se cree para cumplir dicho objetivo.

- Hacer: esta segunda fase, se llevan a cabo los planes de acción elaborados previamente. Poniendo en práctica todo lo que se estableció en el plan, observando y asegurándose que las tareas se ejecuten conforme a lo planeado.
5. Acción: antes de poner en práctica el plan de acción, es necesario divulgar el mismo a todos los integrantes de la organización para que tomen conciencia de éste y sepan claramente lo que se debe hacer, puede ir acompañado de entrenamiento a las personas, reuniones participativas, etc. después de que todos tengan conocimiento de los planes de acción se continúa con la ejecución de éstos.
- Verificar: la fase de verificación consiste en analizar los resultados obtenidos de la implementación de los planes de acción y compararlos con las metas reales que se habían establecido en éstos.
6. Verificación: lo que conforma la etapa de verificación es primero tener claros los resultados obtenidos y compararlos con el plan, luego detectar los efectos secundarios causados por la alteración al sistema al aplicar los planes de acción, los cuales pueden ser negativos y/o positivos. Con estos análisis claros, se procede a comprobar si el problema que se deseaba mitigar continúa o no, luego de haber aplicado el plan de acción correspondiente, en caso de que el problema siga, es necesario asegurarse de que las tareas del plan se siguieron al pie de la letra, si aun así siguen los efectos indeseados, quiere decir que la solución establecida no era la correcta. Para finalizar este paso es necesario preguntarse, con todos los antecedentes recolectados, si fue efectiva o no la solución al problema, si ésta fue inadecuada entonces es necesario corregir.
- Actuar: en esta etapa se establecen aquellas correcciones necesarias al plan de acción diseñado, para que se eliminen realmente las causas que originan el problema y que se observaron en la etapa de verificación. Estas correcciones se realizan con el fin de no volver a iniciar el ciclo nuevamente y solo enfocarse en mejorar aquellos aspectos que no resultaron beneficiosos para la mitigación del problema. De forma contraria, si los resultados son exitosos es necesario seguir los siguientes pasos:
7. Estandarización: generalizar aquellas acciones que dieron resultado, para que su aplicación sea repetida bajo los mismos parámetros establecidos en el plan junto a las modificaciones pertinentes, es decir, en forma estandarizada. Para evitar confusiones se hace necesario dar a conocer la fecha de comienzo de esta forma estandarizada de trabajar y las áreas en las que se aplicará, además de transmitir esta información a todas las personas involucradas, todo esto se puede comunicar mediante reuniones, conferencias, manuales, etc. Por otra parte, es necesario asegurar el cumplimiento del estándar establecido para evitar la reaparición del problema a causa de esto, para lograrlo se deben realizar capacitaciones y entrenamiento de cómo hacer el cada actividad en el trabajo, junto con un control y verificaciones periódicas disponiendo de un supervisor.
 8. Conclusión: como paso final lo que se busca es revisar aquellas dificultades que surjan esporádicamente, reflexionar sobre las actividades realizadas, qué es lo que se está haciendo mal, cómo se puede mejorar etc. buscar el mejoramiento continuo. es importante verificar que las dificultades no se deban a una mala solución del problema, sino, del no cumplimiento del plan estandarizado.

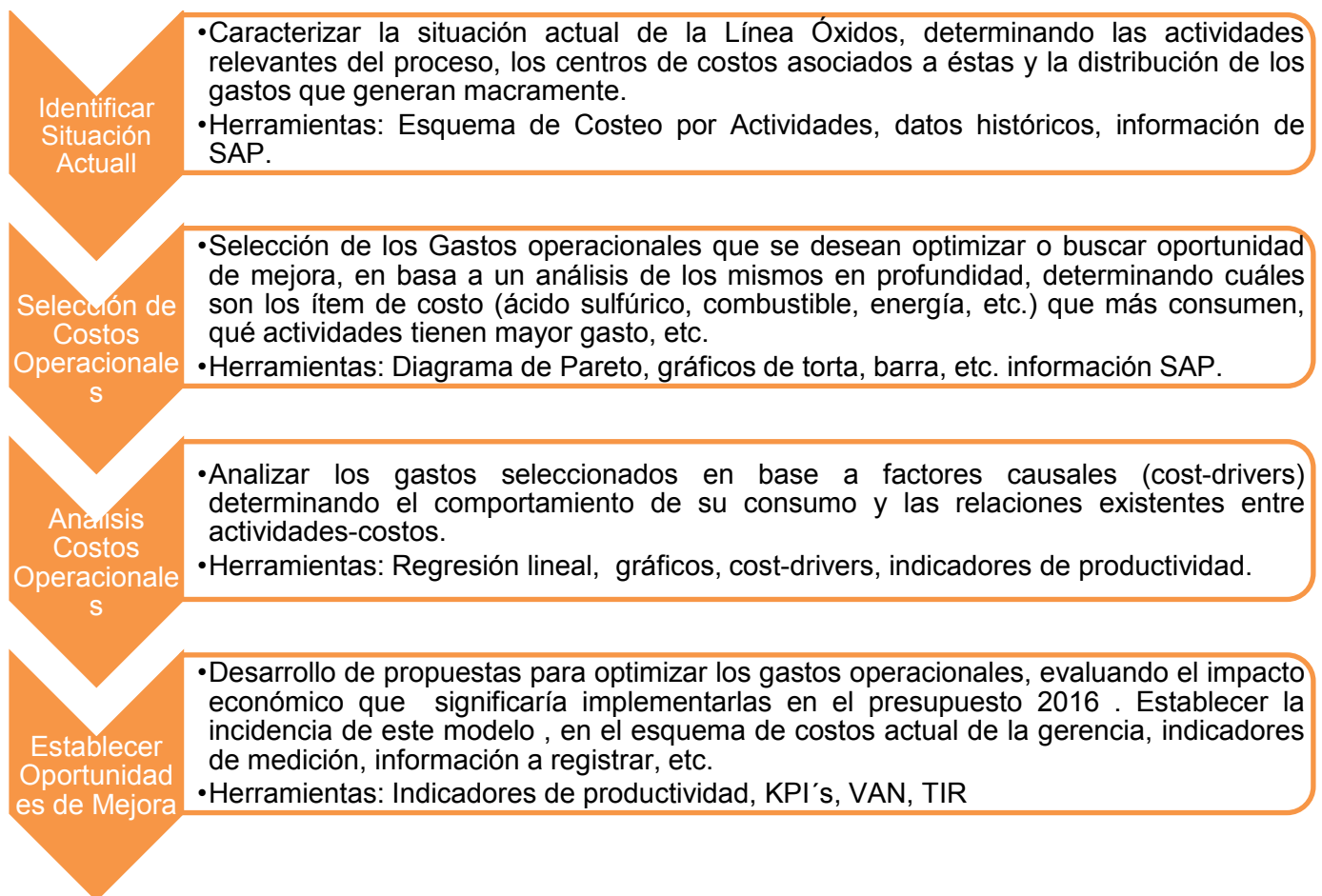
4. Metodología

Esta investigación se realizará bajo un enfoque cuantitativo, ya que, se tiene un problema determinado y preciso, y el análisis de éste será mediante procedimientos estadísticos, en base a datos numéricos, históricos, fenómenos, etc. Para cada uno de los análisis se utilizarán distintas variables, de acuerdo al proceso o subproceso a evaluar, ya que, los comportamientos de cada uno de estos dependen de variables específicas y propias a cada área.

Teniendo en cuenta lo anterior, para hallar oportunidades de mejora a los costos operacionales de la gerencia, la metodología que se seguirá para el desarrollo de esta memoria es en base al Ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) el cual es uno de los métodos para el análisis y resolución de problemas en combinación con los pasos para realizar gestión mediante Costeo por Actividades.

De acuerdo a los pasos que plantean el Ciclo PHVA y el Costeo ABC, se determinó una serie de etapas que servirán de guía para analizar la situación de la gerencia, los costos operacionales, las causas que los generan y establecer los planes de acción adecuados para gestionarlos.

En el siguiente esquema, se plantea la metodología que se seguirá para el desarrollo de este trabajo de título:



5. Aplicación de la metodología

5.1. Análisis de la situación actual

5.1.1. Estructura organizacional

Para comenzar a analizar la situación actual de la Gerencia de Extracción y Lixiviación es necesario esquematizar previamente cuáles son las áreas que la componen, entender cómo funcionan y cómo se organizan internamente. Así de esta forma, con las áreas ya determinadas, se pueden comenzar a analizar, establecer en cuál/es de éstas se enfocará el estudio y se pudiesen realizar mejoras, identificando los principales problemas, debilidades y desperdicios de éstas, de acuerdo a su incidencia en la estructura de costos de la gerencia.

Como se describió en la metodología a seguir, esta etapa de caracterización de la situación actual de la gerencia será en base al sistema de costeo por actividades o abc, ya que, una de las aristas más importantes del problema a resolver, es entregar propuestas de mejora pero que impacten principalmente en los costos operacionales, disminuyéndolos y/u optimizando el uso de los recursos e insumos.

A continuación, se muestra el esquema de la gerencia y las áreas que la componen:

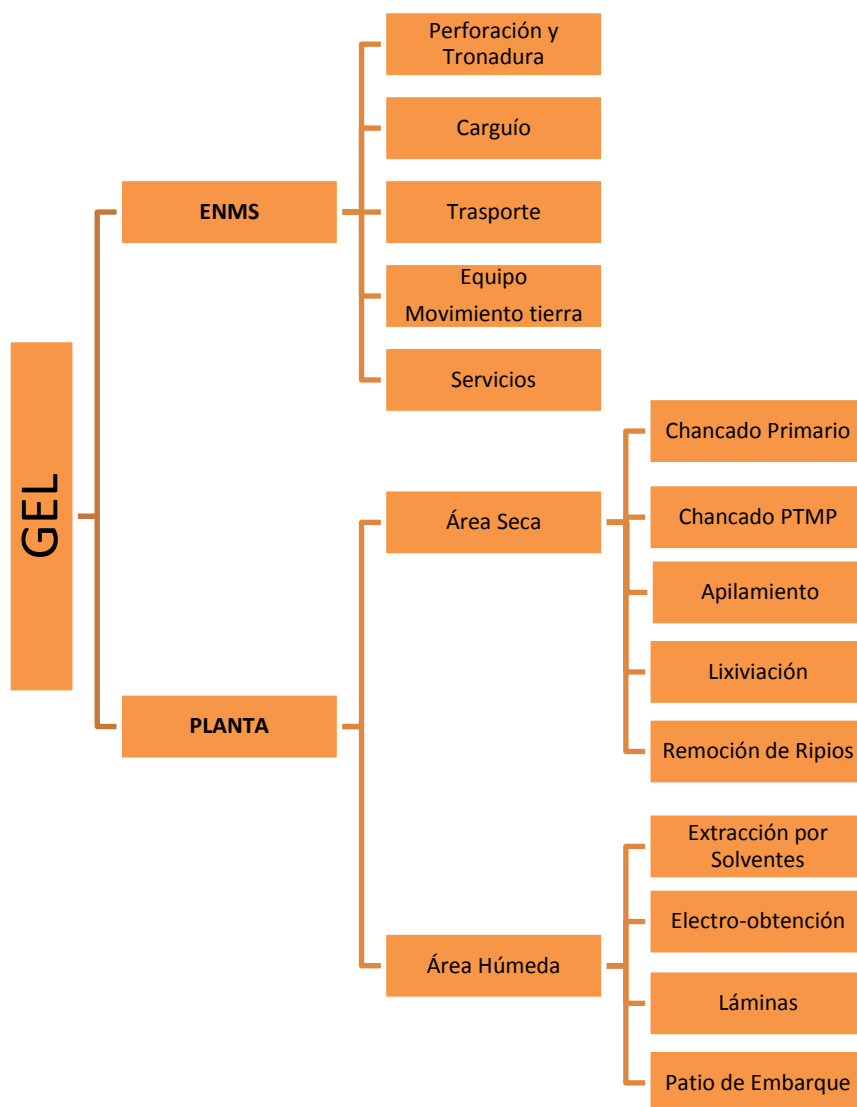


Ilustración 13: Esquema GEL por Área
Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 12, se puede ver que la gerencia se descompone en dos grandes áreas; por una parte se encuentra el área Extracción Norte Mina Sur (ENMS) en la cual se concentran todas las actividades asociadas a la extracción del mineral desde el rajo hasta descargarlo en el proceso de chancado primario del área seca y por otro lado el área de Planta en la cual se agrupan aquellas actividades relacionadas al procesamiento en sí del mineral hasta convertirlo en cátodos de cobre y embarcarlos para llevarlos a los destinos correspondientes.

Si bien la estructura administrativa de la gerencia, incluye la Superintendencia de Procesos y la Dirección de Proyectos, para efectos de análisis de costes, sólo se consideró aquellas áreas relacionadas directamente con el proceso productivo, ya que, además es para mejorar éste que se realizará dicho análisis y gestión de costos.

5.1.2. Recopilación de información

Toda la información contable, cifras de producción, parámetros operacionales, etc. necesaria para realizar el análisis de los costos por actividades, corresponde a información real y confiable entregada por la gerencia. La información necesaria para el análisis es del periodo de un año, por lo que incluye todos los gastos en los que incurre la gerencia para llevar a cabo cada uno de sus procesos hasta la obtención de cátodos de cobre.

Los costos asignados a cada área (mina, área seca, área húmeda) son tomados directamente desde el sistema SAP, el cual es un software que almacena la información de toda la división, de acuerdo al área o gerencia de la división es la información que se ingresa. En el sistema SAP se registra información como presupuestos anuales de cada gerencia, catálogos de productos, repuestos, insumos, entre otros, contratos propios y terceros, datos de producción, gastos presupuestados y reales a la fecha, etc.

Los alumnos en práctica y memoristas no tienen acceso al sistema SAP debido a que sólo los trabajadores pueden tener cuenta de usuario en éste, por ende, la información con la que se trabajará en este trabajo de título fue entregada en planillas por los mismos trabajadores que tienen acceso directo al SAP.

Por un tema legal y de privacidad, es importante dejar claro que los datos de costos y aquella información relacionada con éstos que se publicarán en este trabajo de título, no corresponden a los datos reales de operación. Para reservar la información de la organización se utilizó un factor para modificar la misma, sin embargo, la utilización de este factor no afecta en los datos, en la relación entre ellos, ni en el análisis que se desarrollará en este trabajo.

La estructura de la información contable que se encuentra en el sistema SAP, incluye los centros de costos, las clases de costes asignadas a cada uno de éstos, los gastos mensualizados reales y presupuestados, etc. esto para todas las actividades que se realizan por la gerencia.

En la siguiente ilustración (Ilustración 13) se puede observar cómo se descomponen los centros de costos en SAP, éste se conforma de varias clases de costes, estándares para cualquier actividad, aunque puede que una actividad tenga más o menos de éstas, en comparación con otra, dentro de las clase de costes se encuentran: remuneraciones, combustibles, materiales, servicios de terceros, etc. y finalmente dentro de las clases de costes se encuentra el detalle, cada uno de los ítems que se le asignan a éstas. Los ítems son variados entre una actividad y otra, debido a que los materiales, insumos, recursos utilizados dependen de las funciones que se realizan en las distintas áreas. Algunos ítems de clase de costes son: reactivos, ácido sulfúrico, petróleo diésel, gasolina, lubricantes, repuestos en general, neumáticos, sueldo base, etc. como se puede ver en la ilustración, todos los ítems tienen un código específico que lo diferencia de otro.

Todos los centros de costos junto a las clases de costes e ítems de éstas, se pueden ver en detalle en el Anexo 1: Clases de Costes.

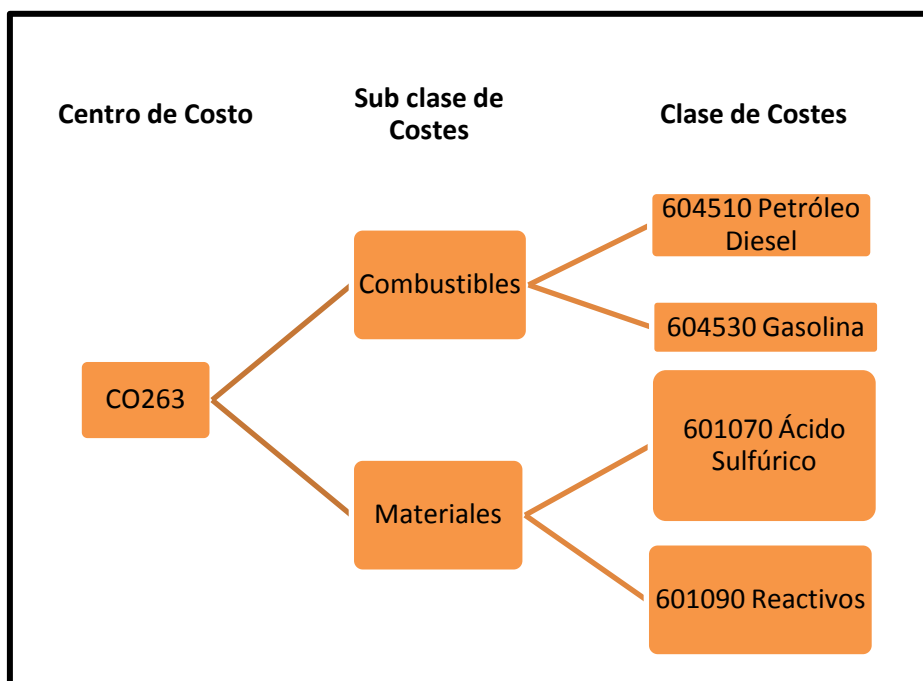


Ilustración 14: Estructura información contable SAP

Fuente: Elaboración propia.

Para la realización de este trabajo de título, es de suma importancia incorporar además todos aquellos datos referentes a la operación como: disponibilidad de equipos, horas de operación, tonelaje cargado, kilómetros equivalentes, etc. debido que para establecer las relaciones causales entre gasto y proceso es necesario contar con estos parámetros operacionales, de forma contraria las relaciones mencionadas no se podrían realizar.

Esta información se obtuvo de planillas y documentos generados en la gerencia por los diferentes encargados de cada área, los cuales son datos históricos organizados por mes y año al cual corresponden.

Toda esta información, contable y operacional, forman la base de datos con la que desarrolló el estudio en cuestión, información necesaria para realizar un análisis completo según el modelo de costeo por actividades y poder realizar gestión para determinar propuestas de mejora.

5.1.3. Actividades

Para comenzar con el esquema de costeo por actividades es necesario determinar las actividades identificadas en el proceso, en este caso en el Área Mina. Dentro de esta área se identificaron aquellas actividades que se llevan a cabo para el procesamiento directo del material, es decir, actividades de producción y también actividades de apoyo, las cuales prestan soporte a las primeras.

5.1.3.1. Extracción Norte Mina Sur (ENMS)

Las actividades de producción identificadas son:

- Perforación y Tronadura: la perforación se lleva a cabo diariamente en la mina, para esta operación se utiliza solo un equipo (perforadora), en cambio la tronadura se realiza sólo dos

veces por semana, para esto se utiliza material explosivo junto a un detonante de encendido eléctrico, el cual se detona mediante control remoto.

Ambas operaciones se realizan en forma continua durante todo el año, sin embargo, a causa de escasez del mineral en la mina, solo hasta diciembre del presente año se ejecutarán, por tanto, desde el 2016 en adelante la extracción de mineral rojo no se llevará a cabo por la gerencia.

La gerencia seguirá llevando a cabo sus operaciones correspondientes al área de planta: área seca y húmeda, tratando mineral que permanece en diversos stocks y también mineral proveniente de la División Ministro Hales (DMH).

- **Carguío:** esta actividad consiste en cargar el mineral que fue tronado, en los camiones caex. El carguío se realiza mediante la utilización de los equipos cargador frontal y pala hidráulica, los cuales tienen una capacidad de cargar 225 toneladas y están llevando a cabo esta acción diariamente.
- **Transporte:** una vez que el mineral ya fue cargado en los camiones caex, éstos trasladan la carga desde la mina o de los distintos stocks hasta el chancador primario, donde la depositan para que comience ser tratada. En el transporte del mineral sólo son utilizados los camiones caex.
- **Equipos movimiento tierra:** estos equipos como bien su nombre lo dice, son utilizados para apoyar el movimiento de tierra, es decir, no transportan el mineral pero ayudan a mantener aptos los caminos nivelándolos, mantener visible la huella del camino, hacer botaderos, limpiar el área para que la pala hidráulica pueda realizar su trabajo, etc. en resumen son todas aquellas maquinarias que ayudan a dar continuidad operacional del área mina, moviendo la tierra y/o acomodándola de acuerdo a lo que se requiera.

Si bien, a partir del año 2016 no se extraerá mineral proveniente del rajo Mina Sur, esto solo determina que las actividades de perforación y tronadura, las demás actividades (carguío, transporte, carguío y equipos movimiento tierra) continúan operando, ya que, sólo cambia la proveniencia del mineral a tratar como se dijo anteriormente, será desde otros stocks y de la división vecina Ministro Hales.

Cada una de estas actividades está bien identificada, ya que, tienen funciones en particular y diferentes una de otra, consumen distintos insumos y además utilizan distintos equipos para llevar a cabo sus operaciones.

5.1.3.2. Área Seca

- **Chancado primario:** esta es la actividad con la que se comienza a procesar el mineral, el cual llega a este proceso mediante los camiones de extracción, los cuales descargan este mineral directamente en el chancador. Para el chancado primario se utiliza un chancador giratorio de 54x75 pulgadas, el cual tiene una capacidad de diseño para chancar un poco más de 2.200 toneladas por hora. Esta actividad es administrada y operada por el área Extracción Norte Mina Sur, sin embargo, para efectos de proceso se toma en cuenta en el área seca.
- **Chanchado PTMP:** este chancado corresponde a la agrupación de chancado secundario y terciario, los cuales son administrados y operados por la planta de tratamiento de minerales en pila (PTMP), es por esto la razón de su nombre. El material que pasó por el chancado primario se va acumulando en el stock pile del mineral grueso y desde ahí se transporta

mediante correas primero al chancador secundario y de éste, al chancador terciario. Los equipos más importantes de esta actividad como se puede apreciar, son el chancador secundario el cual tiene una capacidad de 750 toneladas por hora y el chancador terciario el cual tiene una capacidad de chancar 575 toneladas por hora.

- Apilamiento: la actividad de apilamiento incluye la operación desde el tambor aglomerador hasta que los glómeros que salen de éste, son colocados ordenadamente en las pilas de lixiviación, son dos pilas con 54 módulos cada una y altura de 3 a 5 metros. La planta cuenta con tres tambores aglomeradores, sin embargo, muchas veces sólo se opera con dos de ellos, porque uno falla o está en mantención, la capacidad de cada uno de éstos es de 1.000 toneladas por hora. Los otros equipos más importantes de esta actividad es el apilador.
- Lixiviación: esta actividad consiste principalmente en la adición de una solución ácida (agua y ácido sulfúrico) a las pilas de lixiviación mediante un sistema de regadío, ya sea, por goteo o aspersión para disolver el cobre contenido en el mineral y formar una solución de sulfato de cobre. En esta actividad no se utilizan grandes equipos, sólo el sistema de riego como se mencionó anteriormente.
- Remoción de rípios: una vez que el mineral que se ha estado lixiviando cumple su tiempo y se ha extraído el cobre suficiente, se realiza la remoción de los rípios. El ripio es el material que queda en las pilas de lixiviación luego de extraerles el cobre que poseía, es decir, el material pobre en cobre. El retiro de los rípios lo realiza una máquina llamada rotopala, ésta tiene una capacidad para remover de 2.200 toneladas por hora.

5.1.3.3. Área Húmeda

- Extracción por solventes: En esta actividad se realiza la purificación y concentración de la solución rica en cobre obtenida de la lixiviación, PLS. Los equipos que se utilizan en esta fase son 12 filtros con una capacidad de 45 metros cúbicos, 5 coalescedores de 152 y 75 metros cúbicos y 7 mezcladores conectados a su respectivo decantador.
- Electro-obtención: esta es la última actividad del proceso productivo del cobre. En ésta, una vez que el avance pasa por intercambiadores de calor para ajustar su temperatura, ingresa a las celdas de electro-obtención. Aquí el cobre contenido en el avance es depositado en los cátodos formando el producto final que corresponde a cátodos de cobre, al 99,99% de pureza. Las máquinas – equipos que se utilizan en este proceso son: grúas puentes, que se encarga de la siembra, cosecha y traslado de cátodos, se cuenta con extractores de niebla ácida, sistemas de conducción eléctrica y además para el circuito permanente se cuenta con una máquina despegadora, la cual se encarga de separar el cátodo de cobre depositado del cátodo de acero.
- Patio: En el patio de embarque se realiza el manejo del producto obtenido que comprende la clasificación de cátodos que posteriormente son agrupados y dispuestos para ser embarcados, la máquina que se ocupa del traslado de los cátodos es la grúa horquilla
- Láminas: en esta actividad se reciben las láminas de la refinería, con dimensiones mayores a las requeridas, por lo que son dimensionadas en las máquinas dimensionadoras, que le dan el tamaño adecuado y las alinean, acá también se generan las asas en donde se sujeta la lámina para su traslado y la electro-obtención.

5.1.4. Análisis de Costos

Como ya se establecieron cuáles son las actividades de producción que se utilizarán para este trabajo, el cual es uno de los primeros pasos para realizar gestión por costos, se puede continuar con el análisis de costos, identificando los gastos en que incurre cada una de las actividades descritas anteriormente, es decir, determinar cuánto se gasta, en qué se gasta y dónde se gasta, ya sea en insumos, recursos, capital humano, etc.

Para realizar este análisis se procedió a ordenar todos los gastos por actividad (perforación, tronadura, carguío, chancado, lixiviación, etc.), clase de costes (remuneraciones, combustible, energía, entre otros.) y de acuerdo al área al cuál pertenecen. Importante es mencionar que las clases de costes que se utilizaron para este análisis, son las más significativas en cuanto al gasto que representan del acuerdo al total de éstos, estas clases de costes corresponden a los gastos primarios.

Luego de realizar esto, se determinarán aquellas áreas, actividades y clases de costes que se priorizarán para seguir con la gestión de costos y con las que se trabajará para establecer las propuestas de mejora.

5.1.4.1. Distribución de gastos

Para comenzar este análisis, es fundamental conocer la forma en que están distribuidos los gastos totales de operación, en cada una de las actividades de producción. Ésta es la forma más general y básica, para tener claro cuáles son los procesos que generan más gastos y luego continuar desglosándolos para saber qué es lo que contempla cada una.

Esta distribución se puede ver en el gráfico (Ilustración 14) a continuación:

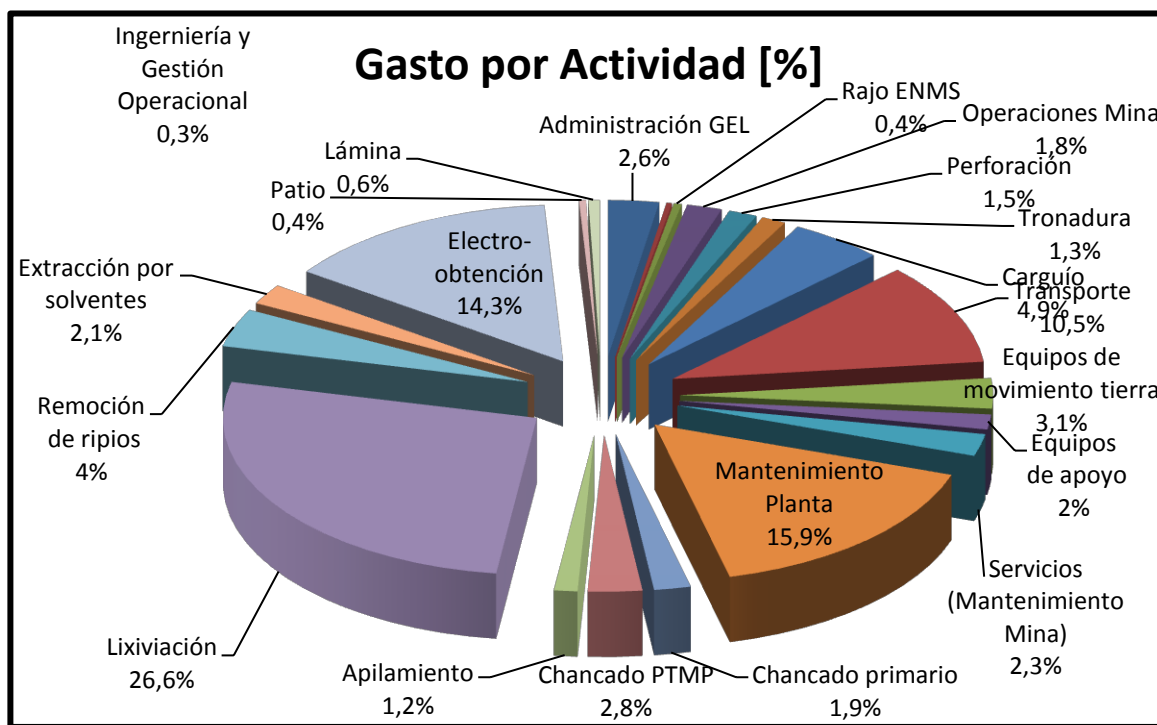


Ilustración 15: Porcentaje de Gastos por Actividad
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Como se puede observar en la ilustración anterior, están muy segmentadas aquellas actividades con un mayor porcentaje de los gastos operativos, de las que representan un bajo gasto para el proceso productivo.

Las actividades que incurren en más gastos son: transporte, lixiviación y electro-obtención, pero las razones de estos altos números son distintas para cada una de ellas; por un lado en transporte su gasto se asocia principalmente al combustible utilizado por los camiones caex, mientras que en lixiviación el responsable de este alto porcentaje es el consumo de ácido sulfúrico y en la electro-obtención su mayor gasto es netamente a la utilización de energía eléctrica, ya que, su actividad es en base a este insumo.

Sin embargo, no basta solo con saber cómo se distribuyen los gastos totales en las distintas actividades, también es necesario conocer en qué gastan más o menos individualmente, porque si bien algunas de las actividades no corresponden a un porcentaje significativo de los gastos totales, su gasto parcial se puede deber al consumo de un único insumo o recurso, por lo que éstas también podrían ser de interés para el análisis y generación de algún tipo de mejora.

Es por esto que se realizaron gráficos que muestran en qué gasta cada actividad del proceso productivo, esto se puede ver en el Anexo 2: Distribución de Gastos por Actividad. A modo de resumen se crea una tabla que expone los resultados de estos gráficos, en esta se muestra cada actividad junto a la distribución de gastos por clase de costes (en porcentaje) de forma que sea más representativo y fácil de analizar

Tabla 6: Distribución de Gastos de Actividades por Clase de Costes

Actividad	Remuneraciones	Materiales	Combustible	Energía E	SS.TT
Administración GEL	38,91%	2,25%	7,81%	0,04%	50,99%
Ingeniería y Gestión Operacional	67,15%	0,55%	0,43%	1,99%	29,89%
Rajo ENMS	82,79%	6,51%	0,26%	0,00%	10,44%
Operaciones Mina	22,84%	9,55%	0,32%	0,07%	67,23%
Perforación	29,53%	29,91%	3,88%	3,79%	32,90%
Tronadura	0,00%	79,23%	0,90%	0,00%	19,87%
Carguío	15,38%	30,53%	6,46%	9,84%	37,80%
Transporte	22,20%	28,69%	23,11%	0,00%	26,00%
Equipos Movimiento Tierra	29,43%	5,03%	9,41%	0,00%	56,14%
Equipos de apoyo	37,16%	18,63%	16,19%	0,00%	28,02%
Servicios (Mantenimiento Mina)	71,16%	7,86%	0,26%	0,00%	20,71%
Mantenimiento Planta	38,77%	29,92%	0,15%	0,00%	31,17%
Chancado primario	44,99%	6,35%	0,15%	13,32%	35,19%
Chancado PTMP	26,60%	0,94%	0,06%	30,93%	41,47%
Apilamiento	24,75%	0,36%	0,01%	8,20%	66,68%
Lixiviación	3,77%	34,11%	0,02%	6,24%	55,87%
Remoción de rípios	25,60%	0,41%	0,16%	16,98%	56,85%
Extracción por solventes	33,84%	52,91%	0,03%	4,59%	8,63%
Electro-obtención	15,50%	15,95%	0,03%	53,42%	15,10%
Patio	71,99%	21,82%	3,27%	0,00%	2,91%
Lámina	74,04%	11,49%	0,00%	10,58%	3,88%

Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

La tabla anterior muestra en detalle en qué clase de coste, las actividades, gastan más de acuerdo a las operaciones que estas realizan. Con esta información se puede visualizar de forma más clara dónde se originan los gastos más altos a nivel general y también de actividad, ya que, están separados sus gastos por clase de costes y de forma porcentual.

De esta información (Ilustración 14 y Tabla 5) se puede concluir que:

- En las clases de costes donde se encuentran los mayores porcentajes de costos es en servicios de terceros (SS.TT), materiales, seguido de remuneraciones.
- Una de las actividades con un mayor porcentaje de gastos corresponde al Mantenimiento de la Planta (16%), y si se adiciona el 2% por mantenimiento de la mina, es un alto costo el que se atribuye al mantenimiento de todas las áreas para asegurar la continuidad operacional. Dentro de este gasto, existe un desperdicio alto por el no cumplimiento del mantenimiento preventivo ni del plan de mantenimiento.
- Como se había rescatado de la Ilustración 16, una de las actividades con mayor porcentaje de los gastos totales es transporte, en la Tabla 5 podemos destacar además que esta cifra está compuesta por un 28,69% de gastos atribuidos a materiales, sin embargo, esta clase de coste incluye varios ítems, es decir que no es un material específico en el que se gaste ese dinero, sino, en muchos; por tanto, es mucho más relevante la segunda clase de coste con alto porcentaje, SS.TT y el tercero Combustible. El combustible es en su mayoría diésel y no deja de ser una suma menor el casi 23,11% de los gastos por transporte.
- El gasto más relevante a nivel general corresponde a la actividad de lixiviación (26,62%). Ésta actividad tiene su mayor gasto en la clase de coste SS.TT, el cual representa a más del 50% del gasto de Lixiviación, seguido de un 34,11% de gasto atribuido a materiales, esto debido al alto consumo de ácido sulfúrico y el alto precio de éste. Esta clase de coste sí es representativa para esta actividad, ya que, no hay muchos más materiales además del ácido que se utilicen para realizar la operación, mientras que en servicios de terceros son varios los contratos que se utilizan para llevar a cabo el proceso de lixiviación.
- Finalmente electro-obtención que su operación representa el 14,32% de los gastos totales, tiene a nivel de actividad un consumo importante en energía eléctrica. Más del 50% de sus gastos corresponden solamente a la clase de coste de energía eléctrica, esto se debe, a que todo su proceso se basa en una reacción electro química.

5.2. Selección de problemas

Si bien con la información de los gastos de cada actividad, se puede tener un indicio de cuáles pueden ser las actividades, y el área al cuál pertenecen, que se analizarán para determinar propuestas de mejora, no es suficiente respaldo para poder seleccionar una de otra.

Por tanto, para seguir con el desarrollo de este trabajo y la selección de problemas a los que se desea entregar una alternativa de mejora, se comenzará esta etapa con el análisis de Pareto. Con esta herramienta se podrán detectar las actividades que representan los “pocos vitales” en base al efecto que tienen éstas en los gastos.

Una vez realizado el análisis Pareto, se seleccionarán aquellos pares Actividad-Clase Coste que representan el 80% de los gastos del proceso, para determinar en qué ítems de costo se distribuye la mayor parte de sus gastos, es decir, detectar los gastos relevantes de cada actividad.

Estos gastos específicos determinar en detalle en qué es lo que más se gasta y por ende emprender el desarrollo de propuestas que mejoren y/u optimicen estas unidades de gastos, ya que, por tema de los límites que abarca este trabajo, solo se pueden establecer mejoras a aquellos gastos más relevantes.

Cada uno de los gastos más relevantes, de acuerdo a su actividad y clase de coste, serán los seleccionados y llamados “problemas”, los cuales no necesariamente son problemas en sí, pero corresponden a gastos que al disminuirlos impactan en mayor medida en los costos unitarios y por ende aumenta la rentabilidad.

5.2.1. Análisis de Pareto

Como se dijo anteriormente, se realizará el análisis de Pareto para detectar y diferenciar aquellos pares de Actividad-Clase de Coste, que representen los pocos vitales en base a los gastos, de los muchos triviales o aquellos elementos con menos relevancia en los gastos.

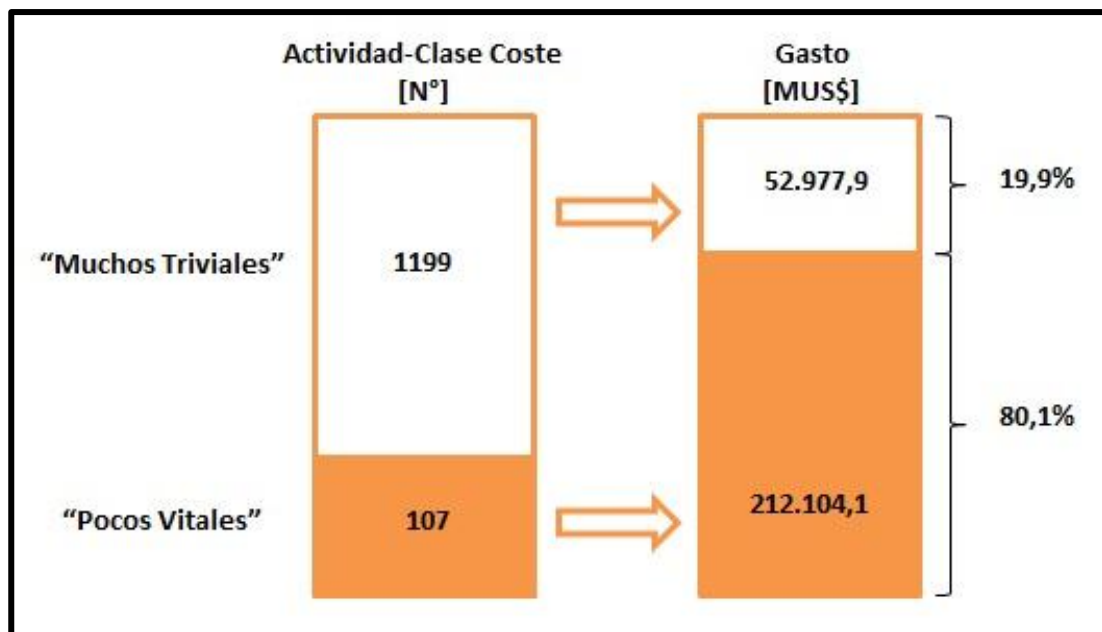


Ilustración 16: Análisis Pareto de Gasto por Actividad-Clase de Coste
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Como se observa en la Ilustración 16: Análisis Pareto de Gasto por Actividad-Clase de Coste, que del total de pares Actividad-Clase de Coste (1304 pares) sólo 107 pares corresponden a los elementos vitales, éstos son los costos operacionales más relevantes del proceso de producción. Los 107 elementos vitales agrupan el 80,1% de los gastos totales de la gerencia.

Por otro lado, se encuentran los pares que son considerados triviales, con un total de 1199 elementos que sólo consumen el 19,9% de los gastos totales y por tanto no son relevantes tomarlos en consideración para realizar los siguientes análisis ni establecer propuestas de mejora, ya que, no impactarían en la disminución de gastos operacionales en forma significativa.

El detalle de cada par Actividad-Clase de Coste, desde el que tiene mayor gasto hasta el menor, se encuentra en el gráfico de Pareto (Anexo 3: Gráfico Pareto Actividad-Ítem de Costo).

En este se muestra solo los pares que componen el 60,4% de los gastos, con el fin de que se puedan visualizar de forma clara los elementos vitales de dicho análisis.

5.2.2. Análisis Gastos Relevantes

En el análisis de Pareto realizado anteriormente se determinaron aquellos elementos que corresponden a los vitales, estos son los pares actividad-clase de coste, de los gastos más relevantes, es decir, abarcan el mayor porcentaje del gasto total de producción, de acuerdo al periodo de un año.

Estos gastos tienen una connotación de relevantes y/o vitales porque son los que tienen la capacidad impactar considerablemente en el presupuesto anual de los gastos de producción y por ende definirlo.

A continuación se muestra un gráfico circular el cual contiene la distribución de cada uno de los gastos relevantes, es decir los 107 pares, en base a la clase de coste a la cual pertenecen. Al agruparlos por clase de coste se tiene una visión general de en qué se gasta más, ya que, al ser muchos pares y distintos unos de otros, lo primero es tener una orientación de dónde enfocarse más y al mismo tiempo qué ítems se pueden dejar de lado porque no impactarían el gasto total de producción.

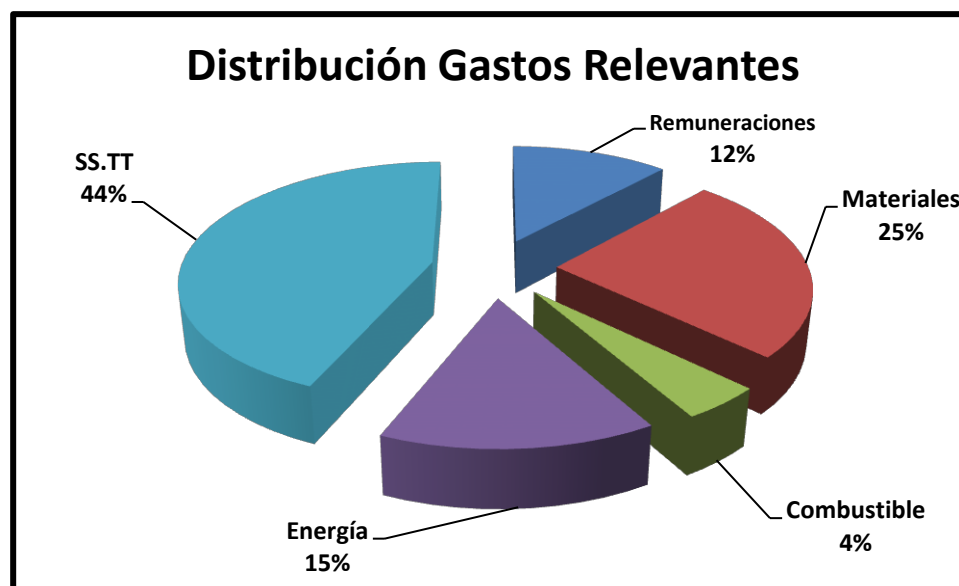


Ilustración 17: Distribución de Gastos Relevantes por Clase de Coste
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Como se puede apreciar en el gráfico, el gasto asociado a servicios de terceros agrupa el 44% de los gastos relevantes, siendo este el más alto. Los gastos que continúan de servicios de terceros son, materiales y energía, con un 25% y un 15% respectivamente. El gasto con menor porcentaje del total de relevantes, es que se asocia a combustible. Sin embargo, combustible solo está compuesto por un ítem de costo que es petróleo diésel, por tanto, no deja de ser un gasto menor, además éste es consumido en su mayoría por los camiones de extracción (casi un 70%) a diferencia de otros gastos los cuales son consumidos por varios ítems, actividades, etc.

El detalle de los ítems de costos que componen las clases de costes del gráfico anterior se muestra en los siguientes gráficos de barra. Se puede observar que solo hay gráficos para las

clases de coste remuneraciones, materiales y servicios de terceros, ya que, las otras dos (combustible y energía) solo están compuestos por petróleo diésel en el caso de combustible y de energía eléctrica para la clase de coste energía, por consecuencia, el porcentaje total de cada una de estas clases de coste se compone de solo esos ítems.

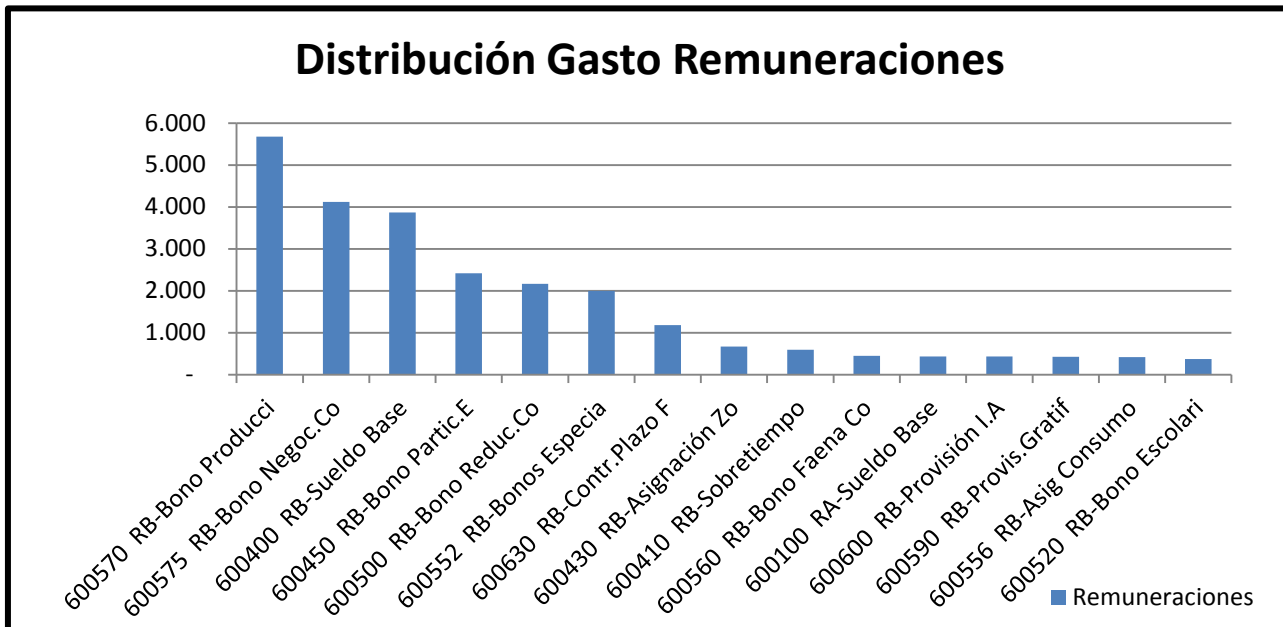


Ilustración 18: Distribución Gasto Remuneraciones por Ítem
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

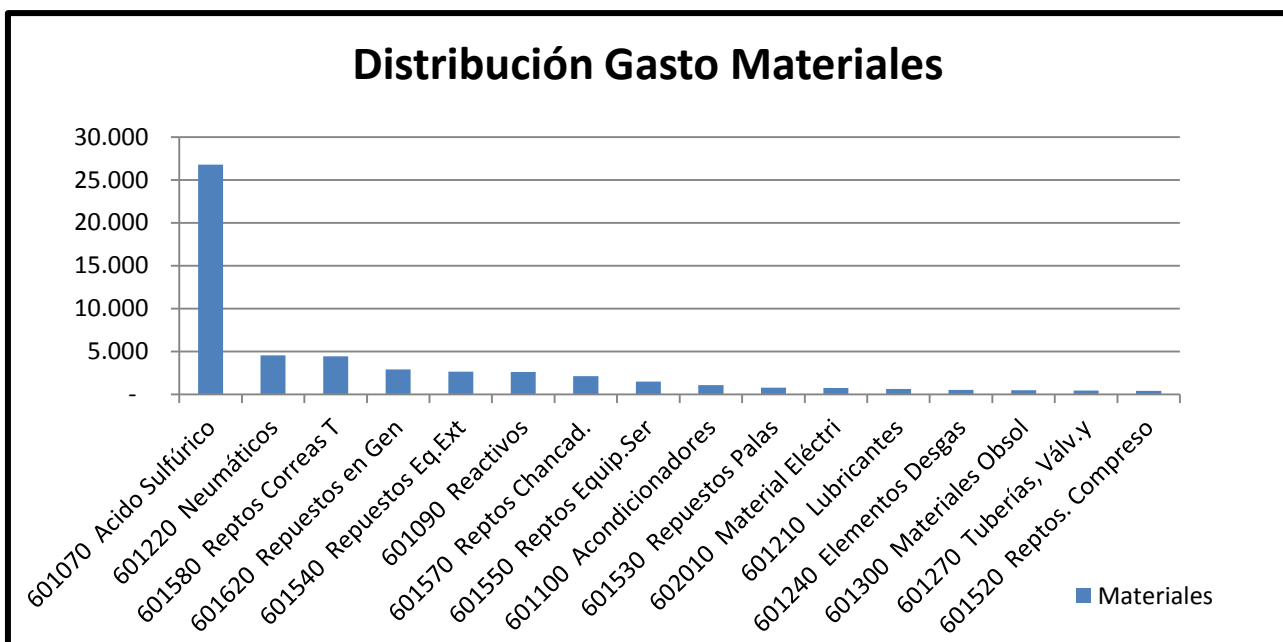


Ilustración 19: Distribución Gasto Materiales por Ítem
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

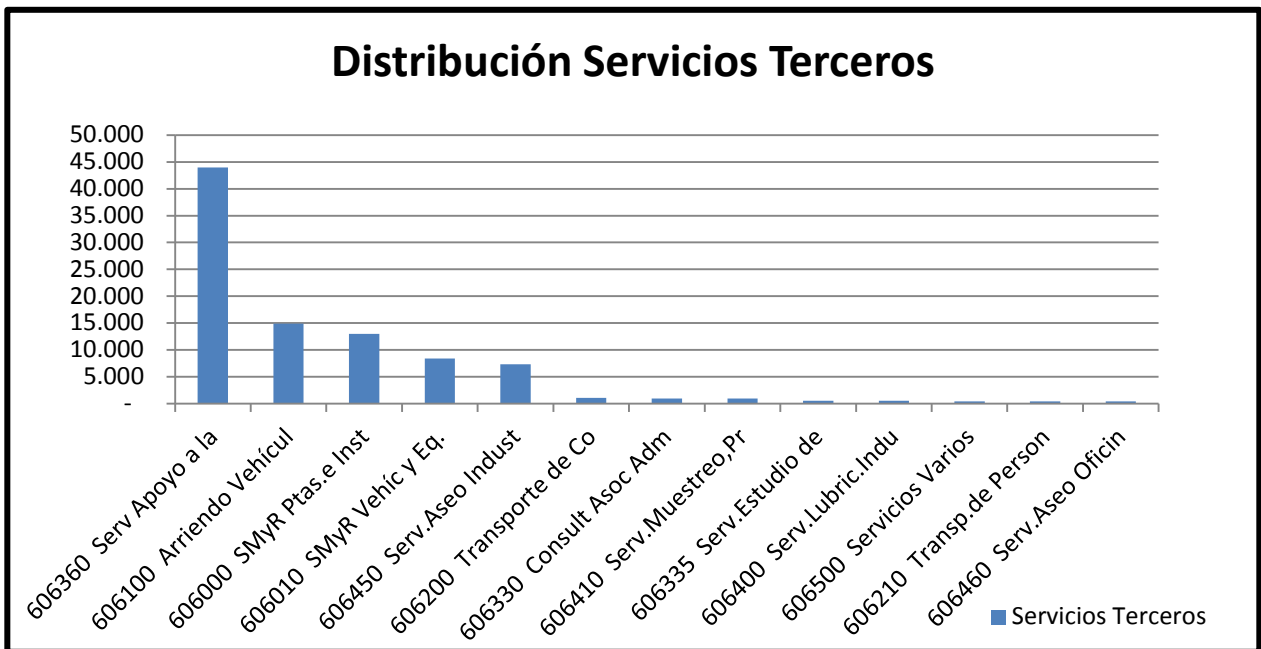


Ilustración 20: Distribución Gasto Servicios Terceros por Ítem
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Del gráfico de remuneraciones se puede rescatar que la conforman en su mayoría ítems correspondientes a costos por personal rol b y principalmente por concepto de bonificaciones de distinta índole. Estos ítems son difíciles de analizar y por ende de determinar algún tipo de optimización mediante propuestas de mejoras, ya que, involucra temas legales de contrato, escalas de remuneraciones que están estandarizadas, acuerdos entre empleador y trabajador, etc.

En el gráfico de materiales el ítem más significativo es el consumo que corresponde a ácido sulfúrico, el cual casi el 90% es utilizado en su mayoría en la actividad de lixiviación. Importante es mencionar que al agrupar los distintos ítems de repuestos (correas, chancado, equipos externos, etc.) suman un gasto considerable, y por lo cual se podrían analizar para determinar alguna medida de optimizarlos. En esta clase de coste también se encuentra el ítem neumáticos, entre aquellos con mayor gasto, el cual en su totalidad es un consumo de la actividad de transporte, al ser estos utilizados solamente por los camiones de extracción.

Finalmente en el gráfico de servicios de terceros el que tiene un mayor gasto es el ítem de servicio de apoyo a la producción, y este está compuesto en su mayoría por el apoyo a la actividad de lixiviación con casi un 90% de este gasto. Luego el segundo mayor gasto corresponde al arriendo de vehículos, este está conformado por el arriendo principalmente de camionetas.

A continuación, en la Tabla 7: Gastos Relevantes por Ítem de Costo se detallan cada uno de los ítems de costo y su monto asociado, estos se ordenaron en forma descendente, por lo tanto, aquellos que tienen un mayor gasto se encuentran en las primeras posiciones. Los montos se encuentran redondeados.

Tabla 7: Gastos Relevantes por Ítem de Costo

Ítem de Costo	Total [US\$]
606360 Serv Apoyo a la	43.982.000
601070 Acido Sulfúrico	26.808.000
605000 Energía Eléctric	15.963.000
605010 Potencia Eléctr	15.207.000
606100 Arriendo Vehícul	14.889.000
606000 SMyR Ptas.e Inst	12.983.000
604510 Petróleo Diesel	9.494.000
606010 SMyR Vehíc y Eq.	8.381.000
606450 Serv.Aseo Indust	7.289.000
600570 RB-Bono Producci	5.680.000
601220 Neumáticos	4.559.000
601580 Reptos Correas T	4.436.000
600575 RB-Bono Negoc.Co	4.124.000
600400 RB-Sueldo Base	3.874.000
601620 Repuestos en Gen	2.911.000
601540 Repuestos Eq.Ext	2.666.000
601090 Reactivos	2.608.000
600450 RB-Bono Partic.E	2.417.000
600500 RB-Bono Reduc.Co	2.172.000
601570 Reptos Chancad.	2.134.000
600552 RB-Bonos Especia	2.001.000
601550 Reptos Equip.Ser	1.498.000
600630 RB-Contr.Plazo F	1.180.000
606200 Transporte de Co	1.084.000
601100 Acondicionadores	1.067.000
606330 Consult Asoc Adm	922.000
606410 Serv.Muestreo,Pr	912.000
601530 Repuestos Palas	781.000
602010 Material Eléctri	743.000
600430 RB-Asignación Zo	670.000
601210 Lubricantes	643.000
600410 RB-Sobretiempo	599.000
606335 Serv.Estudio de	528.000
601240 Elementos Desgas	518.000
606400 Serv.Lubric.Indu	517.000
601300 Materiales Obsol	496.000
601270 Tuberías, Válv.y	455.000
600560 RB-Bono Faena Co	450.000
600100 RA-Sueldo Base	438.000
600600 RB-Provisión I.A	432.000
600590 RB-Provis.Gratif	428.000
606500 Servicios Varios	426.000
601520 Reptos. Compreso	420.000

600556 RB-Asig Consumo	417.000
606210 Transp.de Person	397.000
606460 Serv.Aseo Oficin	385.000
600520 RB-Bono Escolari	371.000

Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Como se aprecia en la tabla anterior, dentro de los gastos más importantes siguen siendo los ítems más relevantes de los “pocos vitales” del análisis Pareto realizado anteriormente y detallado en el Anexo 3: Gráfico Pareto Actividad-Ítem de Costo, por ejemplo, ítems de servicio apoyo a la producción, consumo de ácido sulfúrico, energía, petróleo y neumáticos, gastos en utilización de diversos servicios de terceros, etc.

5.2.3. Presupuesto 2015

Para lograr una posición competitiva dentro del mercado, es necesario determinar cómo se puede optimizar el presupuesto actual de la gerencia para estar al nivel del precio del cobre que se encuentra a la baja y se prevé siga así por varios meses más. Es fundamental encontrar oportunidades de mejora hoy, para ser rentable el 2016 y si es posible en adelante, esto es, trabajar a un costo unitario (¢/lb) más bajo que el precio del cobre fijado en la Bolsa de Metales de Londres.

Al analizar en detalle el presupuesto 2015, en qué se gasta y la justificación de esos gastos, junto a la distribución de los gastos relevantes del 2014 y los análisis realizados anteriormente, se estará en condiciones de elegir las actividades a los que se propondrá mejoras para optimizar sus gastos, ya sea, por ítems, grupo de ítems, o par actividad-clase de costo, dependiendo de la distribución de cada costo.

En la siguiente tabla se muestra en forma resumida el presupuesto 2015, es decir, con el que la gerencia está trabajando actualmente. Como el año 2015 aún no termina no se tiene un detalle de los gastos totales (sólo parciales) en los que se ha incurrido, por esta razón, se toma el presupuesto versión 1, que es la versión actualizada y por la cual se guía la gerencia para llevar a cabo sus actividades durante el presente año.

Tabla 8: Presupuesto 2015 GEL

ÍTEM	GASTO (US\$)
Remuneraciones	47.648.532
Materiales	70.532.055
Combustibles	8.760.263
Energía	35.290.084
Servicios de Terceros	89.978.200
Otros Servicios	2.306.803
Costos Transferidos	70.553.790
Gasto US\$	325.069.727
Producción (tCuf)	81.685
Costo Unitario (¢/lb) sin depreciación y amortización	180,56
Depreciación y Amortización	35.181.000
Costo Unitario (¢/lb) con depreciación y amortización	200,09

Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Al igual que en el año 2014, donde se concentra el mayor gasto es en Servicios de Terceros, esto por el ítem 606360 Servicios de apoyo, este gasto se podría optimizar determinado algún tipo de modificación de los contratos, teniendo en cuenta que la mayoría de éstos se encuentran en vigencia hasta el 31 de diciembre del presente año y por tanto se podría licitar bajo otras condiciones.

Por la parte de materiales, el ítem en el que se gastan poco más de 32 millones de dólares es el ácido sulfúrico, también uno de los ítem de “pocos vitales” dentro del análisis Pareto realizado anteriormente. Otros gastos relevantes de materiales son los asociados a neumáticos de los camiones de extracción, repuestos en general y los aditivos utilizados principalmente en las áreas de extracción por solventes y electrodeposición.

Se puede rescatar también, que en el gasto referente a energía y al igual que para el año 2014, el área que más consume este insumo es electrodeposición. Aquí también se prevé que podría existir alguna oportunidad de mejora, ya sea, por la disminución en la producción para el año 2016 y/o la utilización de nuevas tecnologías que están disponibles en el mercado para optimizar la actividad de obtención de cátodos de cobre.

Como ya se sabe por los gastos reales del 2014, en el centro de costos correspondiente a combustible, la mayoría y casi en su totalidad se debe al consumo de petróleo diésel y menos del 1% al ítem de gasolina, ocurriendo lo mismo en el presupuesto del presente año.

Los Costos Transferidos que aparecen en la Tabla 8: Presupuesto 2015 GEL corresponden a los gastos secundarios del presupuesto de la gerencia y éstos se desglosan en varios ítems; estos gastos no se consideraron para fines de buscar oportunidades de mejora, ya que, donde se concentra la mayor parte del presupuesto y aquellos gastos más relevantes, es en los primarios.

Como se ha dicho anteriormente, las optimizaciones deben estar enfocadas en disminuir los gastos de operación y así de forma indirecta reducir el costo unitario de producción, el cual el presente año se encuentra alrededor de los 200 centavos de dólar la libra de cobre. Estas optimizaciones se vuelven imprescindibles y más bien una necesidad no solo para la Gerencia de Extracción y Lixiviación, sino también, para todo el rubro de la minería del cobre, ya que el precio del metal rojo es cada vez más bajo y se estima su valor para el 2016, cercano a los 220 centavos de dólar la libra o incluso más bajo, por lo tanto, para seguir siendo rentables se tiene que ampliar la brecha entre el costo unitario de producción y el precio al cual se está tranzando este mineral.

5.2.4. Selección problemas a optimizar

Con la información obtenida de los gastos reales del 2014 y los análisis realizados sobre la distribución de éstos, además de la composición del presupuesto actual de la Gerencia de Extracción y Lixiviación, se está en condiciones de seleccionar aquellos gastos operacionales con los que se trabajará en la optimización, estudiándolos y determinando los factores causales que influyen en el comportamiento y variación de éstos. Los ítems que se seleccionaron para analizar y determinar cómo gestionarlos se muestran en la siguiente ilustración:

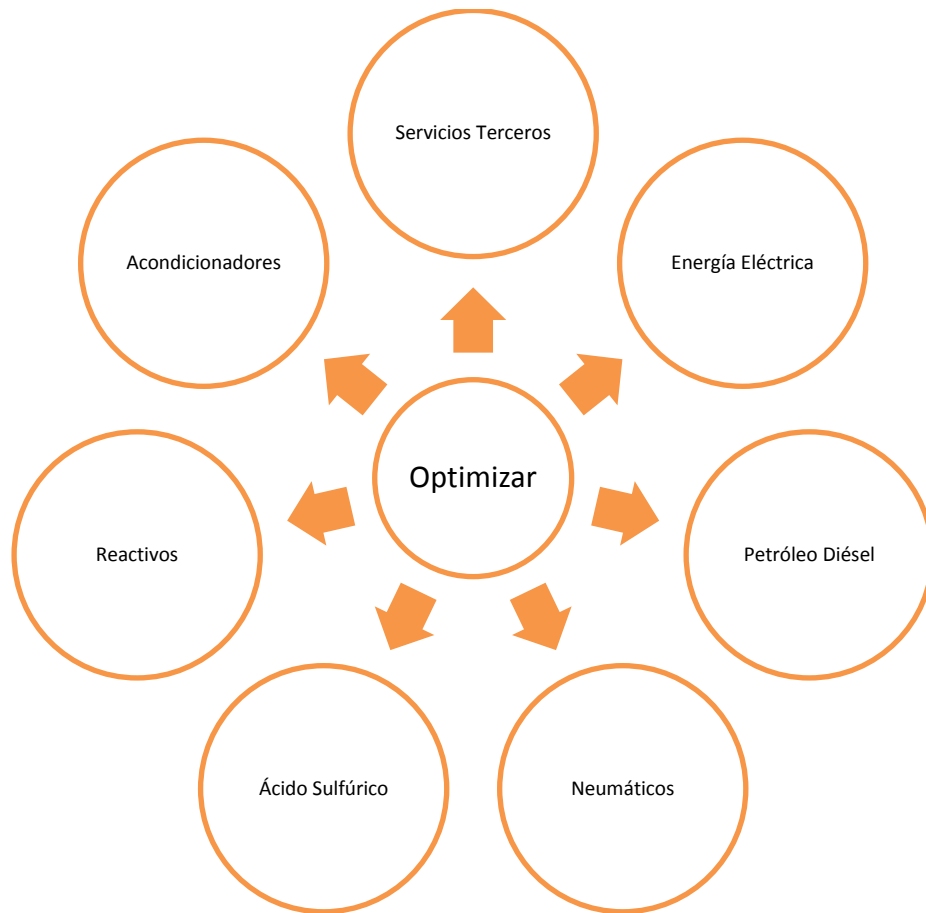


Ilustración 21: Ítems de costo a analizar
Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1. Ácido Sulfúrico

El ácido sulfúrico es uno de los insumos más importantes para el proceso de lixiviación del cobre, éste se adiciona al material en los tambores aglomeradores junto a una cantidad de agua y también en el riego de cada uno de los módulos que conforman las pilas de lixiviación. Sin embargo, el mayor consumo de este material de operación ocurre en el curado el cual se lleva a cabo en los tambores aglomeradores.

Una de las variables con más incidencia en el consumo de ácido sulfúrico, es la calidad del mineral que se lixiviará, es decir, el consumo de éste depende de la versatilidad de las características físicas y mineralógicas del mineral.

Para llevar un control del proceso de lixiviación, profesionales metalurgistas realizan registro de distintos datos relevantes de la actividad, entre estos se encuentran los tonelajes de material húmedo y seco que se trata, la ley total y soluble con la que ingresa al proceso, la recuperación de cobre que se proyecta y la real obtenida, la razón de ácido que se utilizó, la calidad física del material que se está tratando, entre otros. Con los datos históricos que se han registrado del proceso, se puede determinar el consumo de ácido de acuerdo a una de las variables que más influya en el gasto de este material, esto es, la calidad física del mineral.

La calidad física del mineral se divide en dos grandes grupos, grava y roca, pero dentro de estas dos características existe una serie de tipos de grava y roca con sus propias especificaciones físicas. De acuerdo a la distribución del tonelaje total entre roca y grava, se estima una razón de curado recomendada a utilizar como máximo, en kilogramos de ácido, por toneladas de material seco pero la real utilizada siempre se encuentra muy por debajo de la recomendada. Con el fin de que la relación entre la calidad física del mineral y la razón de ácido sea lo más real posible, se tomará como dato de entrada la razón de ácido real consumida por el material tratado.

Los datos seleccionados para realizar dicho análisis corresponden al último año, es decir, desde enero 2015 hasta agosto del mismo. La razón de tomar en cuenta sólo los datos del último año, es porque el mineral que se tratará el año 2016 tiene características similares a las que se está utilizando actualmente, en cambio el mineral de otros años es muy distinto en cuanto a características físicas, el cual consumía mayor cantidad de ácido, por tanto, afectaría la veracidad de los resultados obtenidos en las relaciones de consumo. El gráfico que representa el comportamiento del consumo de ácido en relación al porcentaje de roca del mineral, es el siguiente:

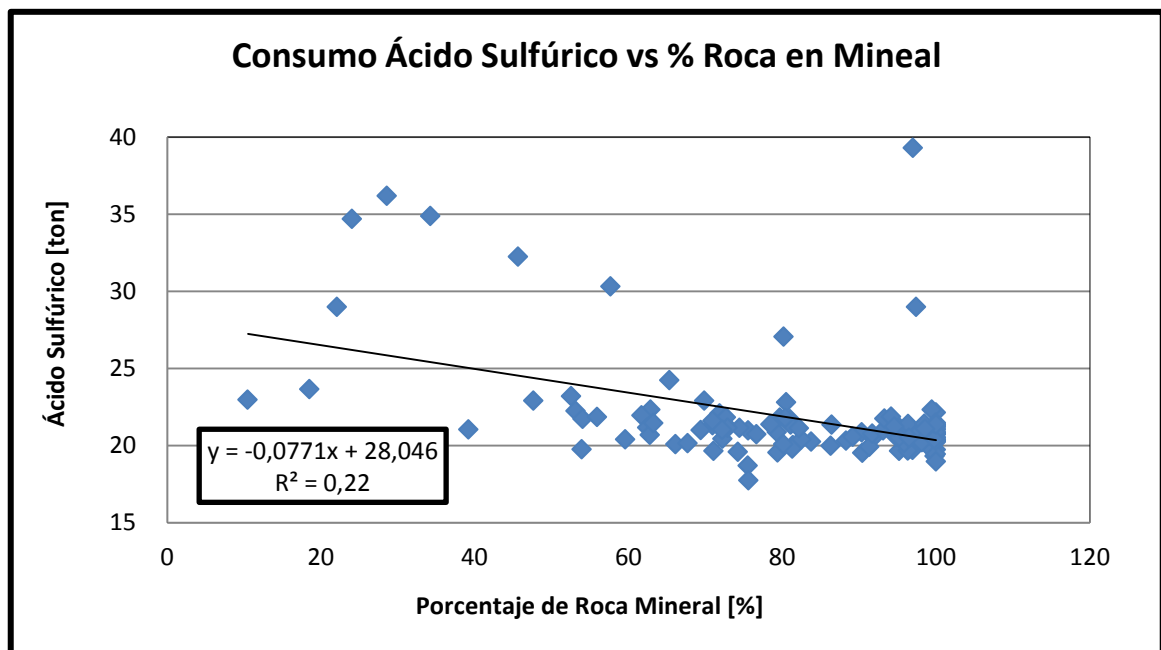


Ilustración 22: Relación Consumo de Ácido vs % Roca en mineral
Fuente: Elaboración propia.

De este gráfico se puede decir que, mientras más porcentaje de roca posea el material a tratar, la tasa de curado será menor, por ende, dentro del mineral a lixiviar siempre será mejor tener más roca que grava, mientras más porcentaje de grava posea el material la razón de ácido que se consumirá será mayor.

Para realizar una optimización en el consumo de ácido para el año 2016, es necesario contar con otros datos operacionales para realizar una estimación con más fundamento, para disminuir la razón (Kg/TMS) de este material tan fundamental para la actividad de lixiviación.

Lo primero que se debería realizar es actualizar la forma en que se realiza la estimación de la tasa de curado recomendada, ya que, la diferencia entre ésta y la realmente consumida es

considerable y como la estimación de gasto de este material se realiza en base a un indicador operacional (Toneladas ácido/Toneladas mineral seco), si éste no es el adecuado, entonces se incurrirá en realizar una estimación de gasto vana, teniendo como consecuencia un presupuesto por este material incongruente con la realidad, lo cual repercutiría en el presupuesto general de la gerencia y por ende en el costo unitario de producción.

En la Ilustración 23: Diferencia entre Razón de Curado Real y Recomendada, el cual es un gráfico con los datos históricos, de las razones de curado recomendada y las reales, se puede notar la diferencia entre ambas, siendo la recomendada una tasa mucho mayor que la real, que por lo contrario, debería haber una brecha muy pequeña entre una y otra, ya que, precisamente la tasa recomendada debería ser utilizada como guía para la adición correcta de ácido.

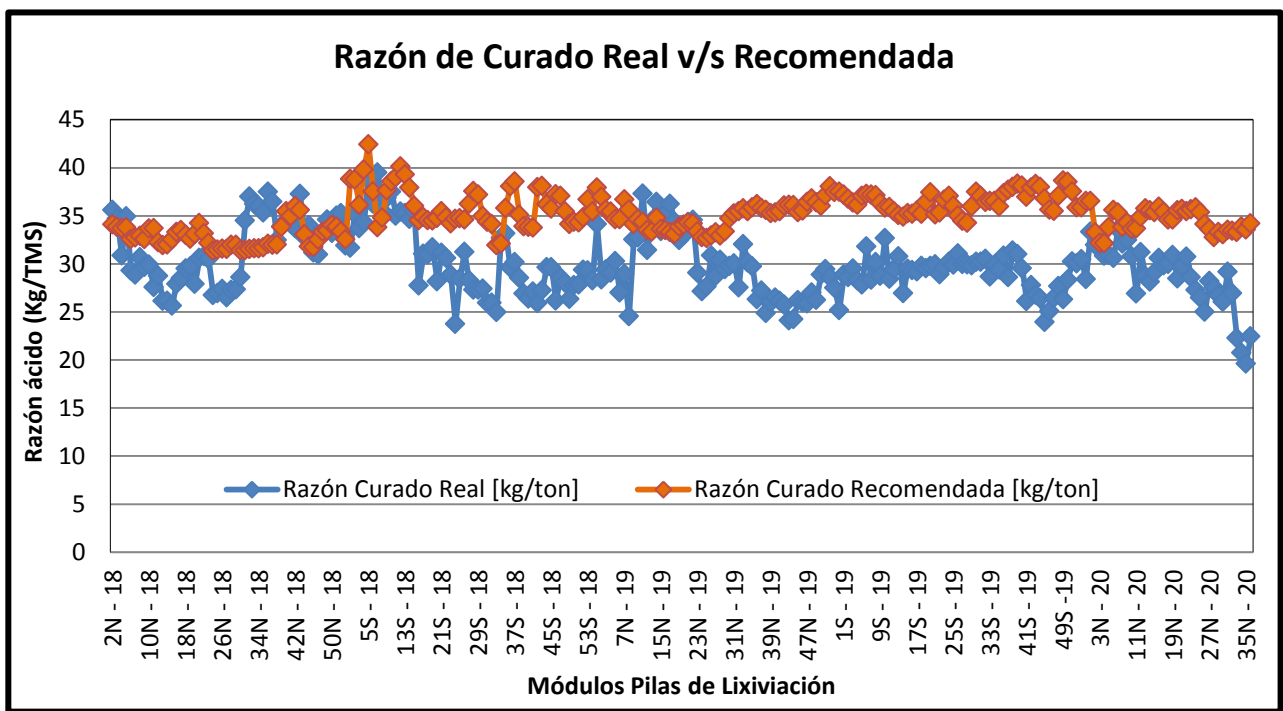


Ilustración 23: Diferencia entre Razón de Curado Real y Recomendada
Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por SIP.

La forma en que se determina actualmente la razón de curado que se debería adicionar al mineral, es decir la razón recomendada, es mediante análisis metalúrgicos a escala a los diferentes materiales que se lixiviarán, estas pruebas se van realizando a medida que se determinan los materiales con los cuales se trabajará y para fines de presupuestar lo que se consumirá de ácido sulfúrico al año siguiente, se estima una tasa de curado constante promedio para todos los meses, en base a lo que podrían consumir los materiales que se tratarán durante el mismo periodo.

Por lo mismo, otra información relevante para determinar la razón de curado a utilizar para el año 2016 es saber el mineral que se tratará en el año, las diferencias con el actual, la proporción que tendrá de grava y roca y así poder calcular los consumos promedios, mínimos y máximos de ácido que habrán durante el año.

Sin embargo, para determinar el consumo de ácido en el año, es necesario saber la relación con las toneladas de mineral seco, cuántas toneladas de ácido se necesitan aproximadamente

por cada tonelada de mineral seco que entra a la etapa de lixiviación. Este factor causal (toneladas de mineral seco) puede resultar mucho más útil para estimar el consumo de este insumo para el próximo año porque como se dijo anteriormente el indicador operacional se basa en esta variable.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la relación entre las toneladas de ácido y el factor causal, que en este caso son las toneladas de mineral seco:

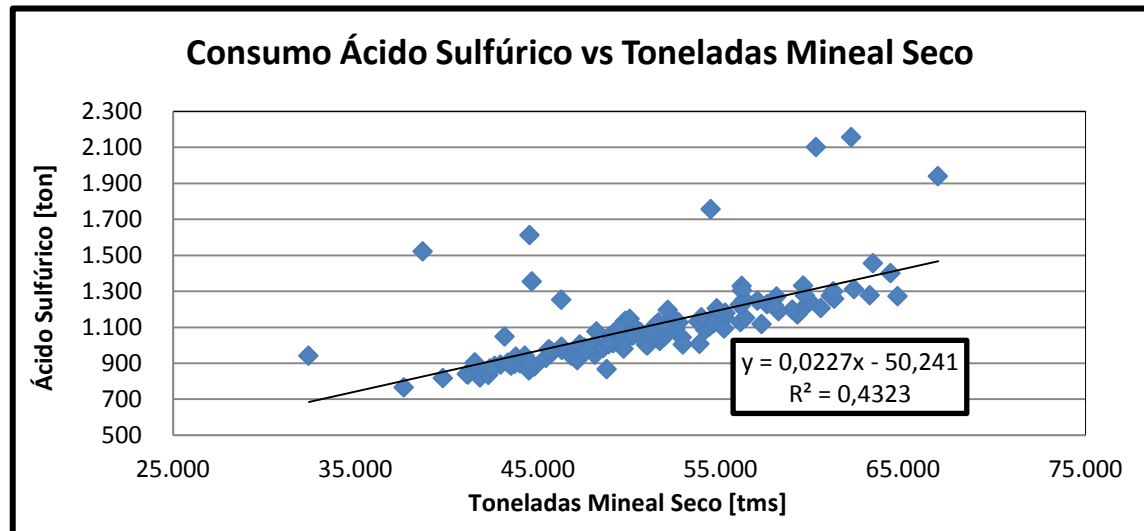


Ilustración 24: Consumo de Ácido vs Toneladas Mineral Seco
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior, se puede apreciar claramente la tendencia del consumo de ácido en relación a las toneladas de mineral seco, esta es, que a medida que las toneladas de mineral seco aumentan, aumenta también el consumo de ácido sulfúrico, esto sucede así porque mientras más toneladas de mineral pasen a la etapa de lixiviación, más cantidad de ácido se requerirán para el curado del mineral.

Si comparamos ambas relaciones, aquella que representa con mayor exactitud el consumo de ácido es la que utiliza como factor causal las toneladas de mineral seco, ésta tiene un error mucho y se puede apreciar también en los datos, en la primera, éstos están mucho más dispersos, por lo tanto para fines de estimación de gastos para el año 2016, ésta será la que se utilizará.

Además de la relación escogida para presupuestar el gasto en ácido sulfúrico, se tomará en cuenta las pruebas realizadas a los materiales a utilizar el próximo año, pero esto se verá en mayor detalle en el siguiente capítulo, para así, llegar a determinar de forma más precisa el consumo de este insumo tan fundamental para el proceso.

Las regresiones lineales obtenidas para cada una de las relaciones causales establecidas, se muestra en la Tabla 9: Relaciones Consumo de Ácido Sulfúrico.

Tabla 9: Relaciones Consumo de Ácido Sulfúrico

Ítem de Costo	Regresión Lineal $Y=AX+B$		Factor Causal
	A	B	
Ácido Sulfúrico	-0.0771	28,046	% Roca
Ácido Sulfúrico	0,0227	-50,241	TMS

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.2. Neumáticos

Otro de los insumos más relevantes en base al gasto que generan anualmente, son los neumáticos, ya que, cada unidad de éstos tiene un precio muy elevado de más de 40 mil dólares, es decir, más de 27 millones de pesos (año 2014).

Los neumáticos son utilizados por los camiones mineros de extracción y su gasto se adjudica principalmente a la actividad de transporte del mineral proveniente del rajo Extracción Norte Mina Sur hacia el chancador primario. Sin embargo, como se mencionó anteriormente la actividad de transporte seguirá durante el año 2016, aunque no seguirá el recorrido desde la Mina Sur, los camiones transportarán el mineral desde distintos stocks y desde la división vecina Ministro Hales hasta la actividad de Chancado primario.

En la gerencia, los neumáticos que se compran corresponden al modelo 40.00 R 57 E4 de la marca Michelin y al modelo Bridgestone 46/90R57 vels, la elección entre adquirir uno o el otro, depende netamente de la disponibilidad que exista en el mercado a la hora de hacer el pedido. La proporción de compra anual entre las dos marcas es un 60% de la marca Bridgestone y un 40% de la marca Michelin.

El desgaste y por ende el consumo de este insumo depende de muchas variables, desde la operación del camión mismo hasta el criterio con el que se evalúa el estado de los neumáticos. Para tener una visión más amplia de los múltiples factores que inciden en el desgaste del neumático se realizó un diagrama de Ishikawa, el cual se muestra a continuación:

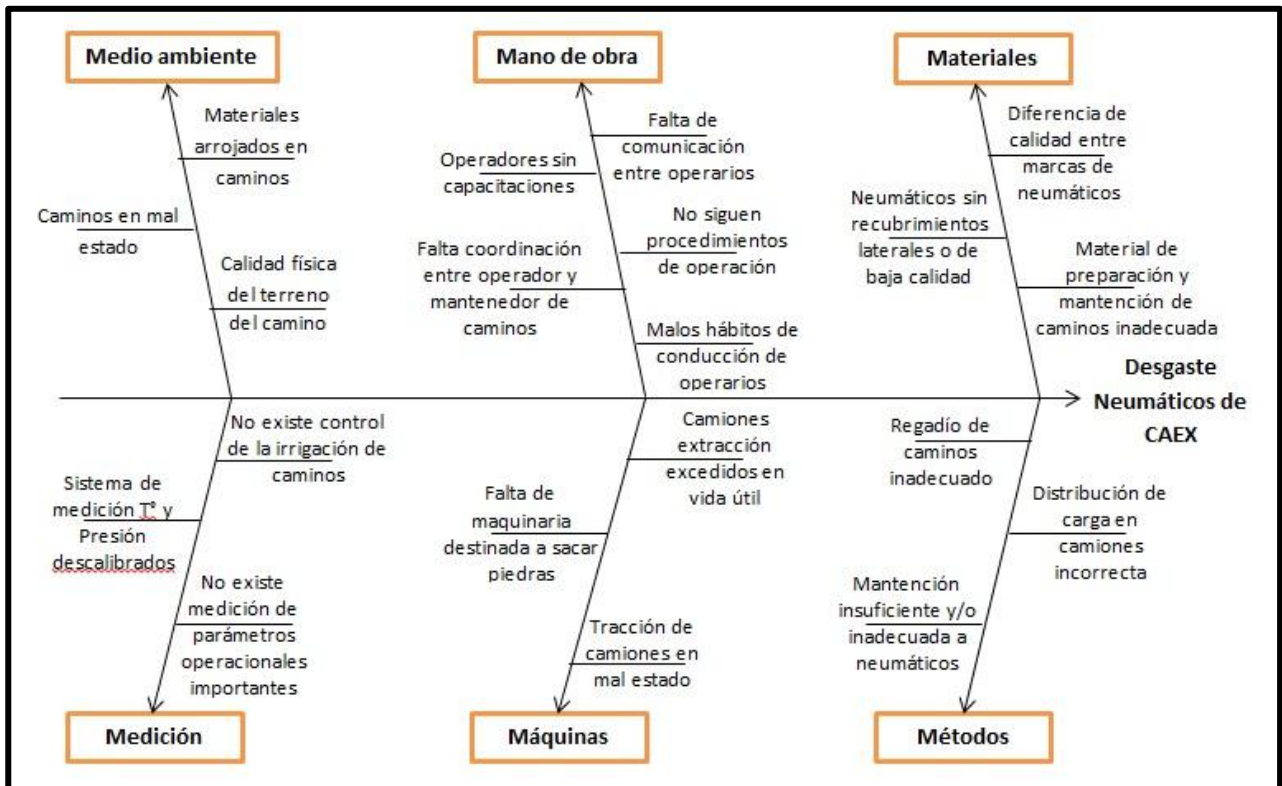


Ilustración 25: Diagrama Ishikawa Desgaste de Neumáticos
Fuente: Elaboración propia.

Como se dijo anteriormente y además se puede observar en la Ilustración 25: Diagrama Ishikawa Desgaste de Neumáticos, el desgaste de los neumáticos puede estar asociado a múltiples factores, sin embargo, lo que más influye en la condición de éstos, son todas las causas que impiden tener un camino apto y en buenas condiciones que no disminuyan la vida útil de los neumáticos y la forma de conducción de los operadores.

Tener un camino con ciertas características y especificaciones que aseguren que los neumáticos no sufrirán cortes constantemente y/o se sobre esfuerce, sin duda aumentarían las horas de rendimiento de este insumo al disminuir su desgaste por condiciones externas. La ventaja de que este factor (caminos) influya en el rendimiento de los neumáticos, es que la solución se encuentra al alcance de la gerencia, basta con determinar cómo se deben mantener los caminos y ocuparse de que siempre estén en esas condiciones, preocupándose de este solo factor se puede ahorrar al disminuir el desgaste de este insumo tan importante para la operación.

Por otro lado, no podemos olvidar los kilómetros que recorren a diario los camiones de extracción, mientras más kilómetros haya desde el rajo hasta chancador primario, mayor será el uso de los neumáticos, el desgaste de éstos y por ende disminuirán las horas operativas que rinden.

En el siguiente gráfico se muestran las horas operativas promedio que rindieron los neumáticos durante el año 2014.

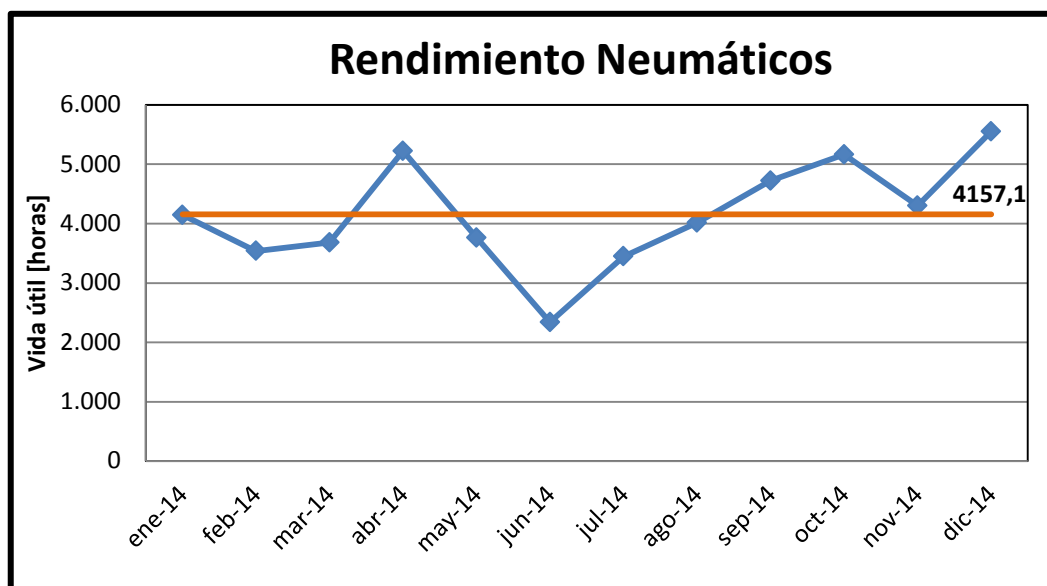


Ilustración 26: Horas Operativas de Neumáticos CAEX
 Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Superintendencia Mina.

Como muestra el gráfico el rendimiento en horas operativas de los neumáticos es muy variable entre un mes y otro, el promedio anual fue de 4.157 horas de rendimiento lo cual está lejos de ser una cifra aceptable, ya que, el rendimiento que determinan los fabricantes de neumáticos varía entre las 4.500 y 5.500 horas operativas.

Para determinar una relación causal más realista respecto al comportamiento del rendimiento de este insumo, es relevante tomar en cuenta las toneladas que transporta por kilómetro recorrido y la cantidad de neumáticos utilizados para esto, puesto que de esta forma se podría llegar a determinar si el rendimiento es más o menos eficiente.

En el siguiente gráfico, se toma como factor causal las toneladas-kilómetros anuales que cargaron y recorrieron los camiones mineros, desde el año 2012 al actual. Este análisis se realizó anualmente, porque los datos mensuales no representan la realidad, debido a que el número de neumáticos utilizados que se ingresan a la planilla en un mes determinado, no necesariamente se consumió en el mismo, parte de éstos se gastaron el mes anterior y se contabilizó solamente en el mes que se dejó de utilizar, el cual tiene datos que difieren del mes anterior (kilómetros recorridos, toneladas cargadas, horas efectivas, etc.).

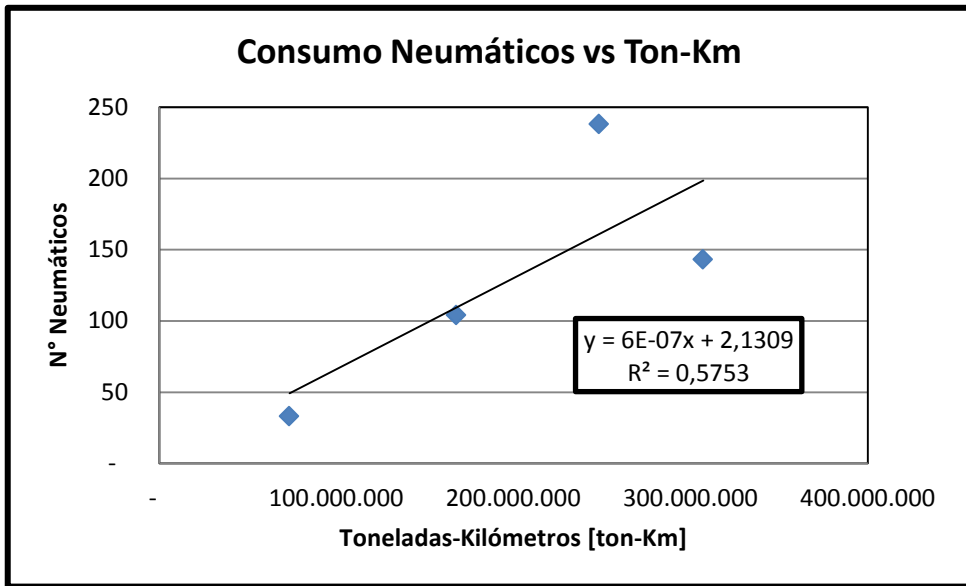


Ilustración 27: Consumo de Neumáticos Caex vs Toneladas-Kilómetros
Fuente: Elaboración propia.

El consumo de los neumáticos de los camiones de extracción, como se puede apreciar en el gráfico anterior, está relacionado con las toneladas-kilómetros; al aumentar este factor causal, sucede lo mismo con la cantidad de neumáticos que se utilizarán para llevar a cabo de actividad de transporte. Si bien este gráfico muestra la relación que se esperaba, no es del todo confiable, porque en el año 2013, se utilizaron neumáticos chinos, éstos tenían menor calidad y se veía reflejado en la duración y al mismo tiempo en la cantidad de neumáticos utilizados, además en la gerencia no había una preocupación por aumentar la vida útil de este material operacional, por lo que no se ocupaban en forma constante de mantener buenos caminos, establecer una velocidad óptima de conducción, etc. Esto se ve en el gráfico, al existir tanta diferencia entre un dato y otro, por lo que esta regresión no sería la más adecuada para estimar el consumo de neumáticos para el año 2016.

Basándonos en esta información, se realizó otro gráfico que mostrara esta relación, en el cual, no se tomaron los datos del año 2013. De esta forma se obtendría una relación entre los neumáticos utilizados y las toneladas-kilómetros, que reflejara este comportamiento de forma más acorde a la realidad.

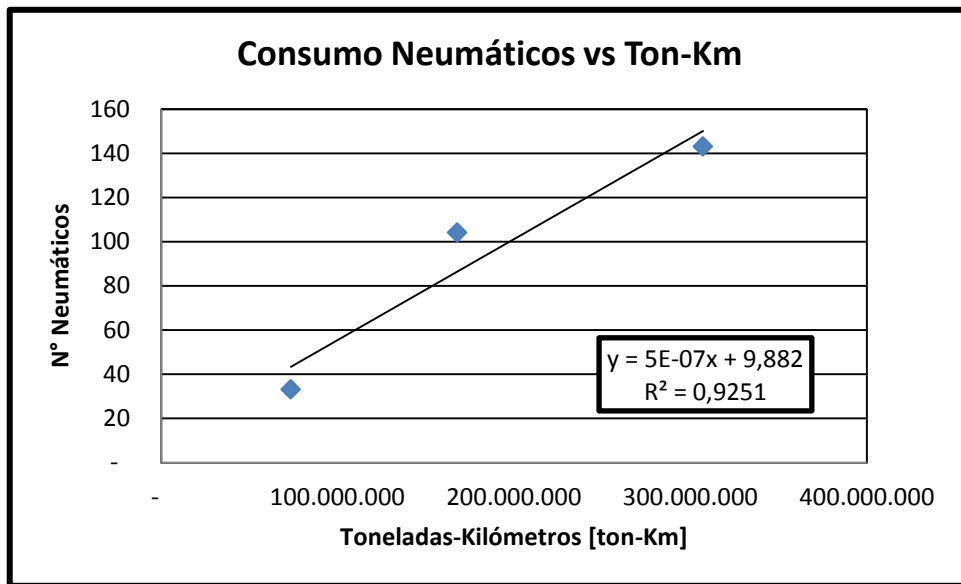


Ilustración 28: Consumo Neumáticos Caex vs Toneladas-Kilómetros
Fuente: Elaboración propia.

Al observar el gráfico anterior, se confirma lo dicho anteriormente, una regresión más realista sería aquella que no incluyera los datos del año 2013 porque un fue año diferente en el consumo de neumáticos, esto se puede apreciar al observar el error entre las regresiones, la primera tiene un error más alto, por el contrario la regresión sin el año 2013 tiene un error mucho menor (R^2 más cercano a 1).

Para gestionar el gasto para el 2016 de este insumo, se utilizará como base la relación obtenida en el gráfico que no consideró el año 2013, además se considerará en mayor medida, el consumo de los años 2014 y 2015, porque desde ese periodo se empezaron a preocupar como gerencia de la vida útil de esta insumo y establecieron algunas medidas para aumentar la vida útil, por lo que también disminuyó la cantidad de neumáticos utilizados al año.

La regresión que representa la relación entre las toneladas-kilómetros y la cantidad de neumáticos a utilizar es la siguiente:

Tabla 10: Relación Consumo Neumáticos Caex

Ítem de Costo	Regresión Lineal $Y=AX+B$		Factor Causal
	A	B	
Neumáticos	5×10^{-7}	9,882	Ton-Km

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.3. Petróleo

Dentro de la clase de costo combustible, aquel ítem que agrupaba casi la totalidad del gasto correspondía al petróleo diésel, del cual casi el 60% se debe al consumo por la actividad transporte que forma parte de la operación ENMS.

En la actividad de transporte el equipo que consume este insumo son los camiones mineros de extracción, éstos utilizan una gran cantidad de combustible para su operación, lo que se convierte en un gran gasto para el presupuesto tanto de la actividad en sí como de la gerencia.

Éstos consumen en promedio 125 litros/hora. Los camiones de extracción que utilizan corresponden al modelo 830E de la marca Komatsu.

De acuerdo al análisis Pareto realizado anteriormente, la segunda actividad que más consume este combustible es la de carguío, los equipos que se utilizan para llevar a cabo esta actividad son los cargadores frontales y las palas, sin embargo los únicos que equipos que requieren petróleo diésel para operar son los cargadores frontales, ya que, las palas que utilizan son electro hidráulicas y no funcionan con combustible, sino, con energía eléctrica. El consumo de cada cargador frontal para el presente año es de 135 m3 mensuales.

Dentro del 80/20 realizado para los pares Actividad-ítem de costo, también se encontraba el consumo de petróleo tanto de los equipos de movimiento tierra como de los equipos de apoyo, aunque su consumo es muy bajo respecto al de los camiones de extracción, es importante tomarlos en cuenta para buscar algún tipo de optimización y así disminuir el gasto por el ítem de petróleo. Cada uno de los equipos que forman parte de estas dos actividades, tienen diferentes consumos de petróleo.

El consumo entre equipos se mide de diferente forma, por una parte se tiene que los camiones de extracción están determinados por un indicador de productividad, los metros cúbicos que se utilizan por cada tonelada movida y kilómetro recorrido, mientras que para el resto de los equipos es un valor aproximado de metros cúbicos que consumen al mes, este valor se estima en base al consumo histórico de cada uno de los equipos, por lo que no se ha realizado ningún tipo de análisis más detallado para determinar su comportamiento en base a algún factor causal.

Dicho lo anterior, para determinar el consumo de petróleo diésel de los camiones Komatsu, hay que tener claro dos factores causales clave, por un lado los kilómetros que recorren los camiones y las toneladas que cargarán (Ver Anexo 5: Plan Minero 2016), con estos datos más los litros o metros cúbicos consumidos se podrá establecer una relación que sirva para estimar de forma más precisa el petróleo a utilizar el año 2016. Estos datos son presentados en el siguiente gráfico:

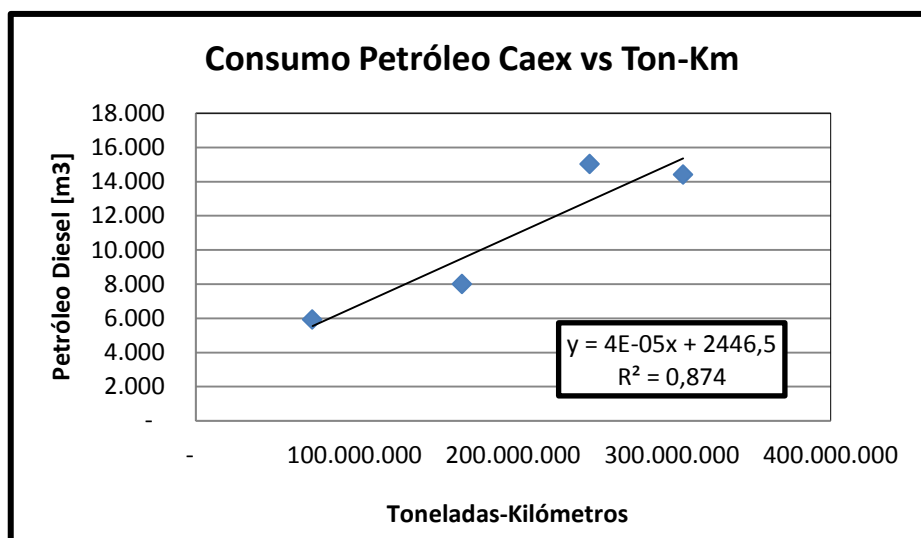


Ilustración 29: Consumo Petróleo vs Toneladas-Kilómetros Caex
Fuente: Elaboración propia.

Para los otros equipos será necesario buscar una forma más específica de calcular el consumo que solo una estimación. Como este consumo se encuentra en m3 al mes se podría saber el consumo por hora, al tener como dato las horas operacionales, es decir, el tiempo real en que los equipos están funcionando. Las horas operacionales por tanto, sería un factor causal más adecuado para determinar una función que represente el comportamiento del consumo de petróleo de cada uno de estos equipos.

Las relaciones obtenidas entre las horas operacionales y el consumo de petróleo diésel para los equipos de movimiento tierra y auxiliares se muestran en los siguientes gráficos:

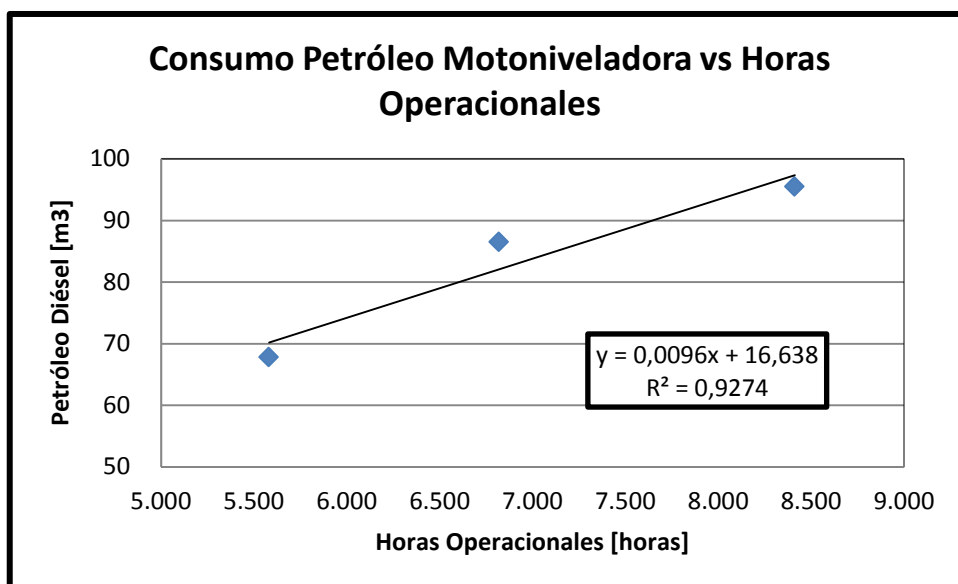


Ilustración 30: Consumo Petróleo Diésel Motoniveladora vs Horas Operacionales
Fuente: Elaboración propia.

Las relaciones para cada equipo se encuentran resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 11: Relaciones Consumo Petróleo

Ítem de Costo	Equipo	Regresión Lineal $Y=AX+B$		Factor Causal
		A	B	
Petróleo	Komatsu 830E	4×10^{-5}	2446,5	Ton-Km
Diésel	Motoniveladora	0,0096	16,638	Hrs. Operacionales

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.4. Reactivos

Los reactivos también son uno de los ítems que forman parte del análisis Pareto realizado anteriormente, en éstos se gasta aproximadamente US\$2.608.000 sólo sumando los de los pocos vitales, en total anualmente superan los US\$2.800.000.

Las actividades que más gasto tienen en este ítem son extracción por solventes en la cual utilizan acorga y electroobtención, siendo los principales reactivos que usan sulfato de cobalto, supresor de neblina ácida y zeolita. De éstos el que representa mayor gasto es la acorga, ya que, para el proceso se requiere mayor cantidad por toneladas de cobre fino y además su precio unitario es mucho más elevado que del resto de los reactivos.

Para el caso de los reactivos el consumo depende principalmente de las toneladas de cobre fino depositado, por ende éste es el factor causal más adecuado para determinar la cantidad de cada reactivo que se utilizará en el año, esta relación se puede determinar mediante los consumos históricos anuales de cada reactivo (2012-2015) en comparación a las toneladas de cobre fino del mismo periodo, obteniendo una función que represente este comportamiento y que pueda ser utilizada para estimar el gasto de estos insumos para el año 2016.

En las siguientes gráficas se muestran las relaciones para cada uno de los reactivos antes mencionados:

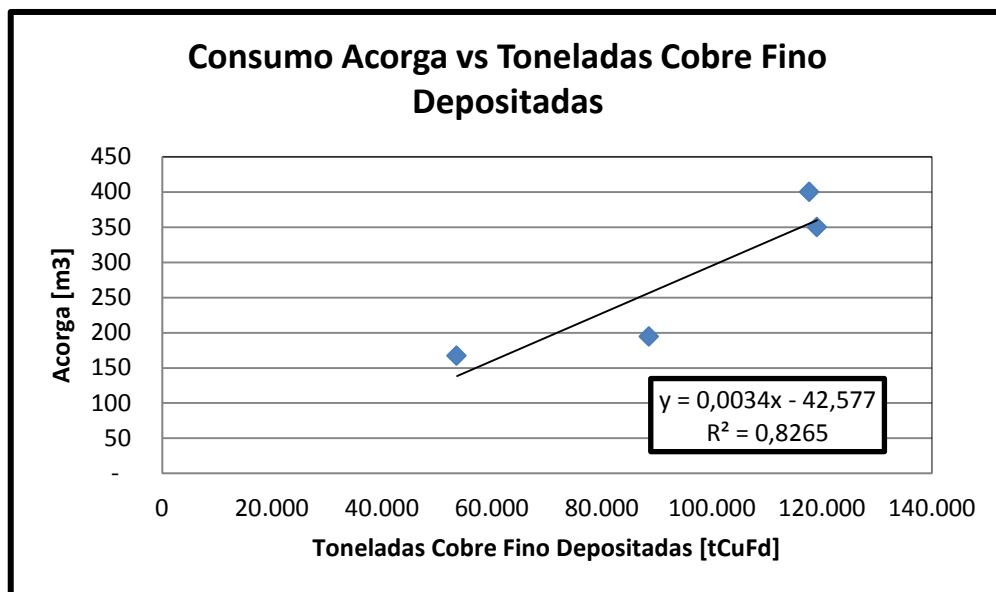


Ilustración 31: Consumo Acorga vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
 Fuente: Elaboración propia.

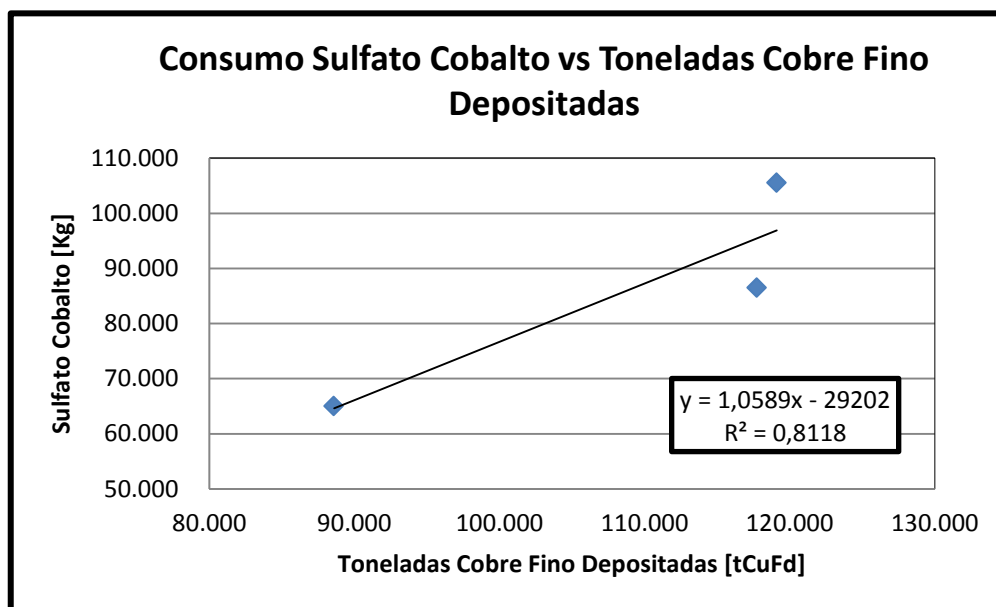


Ilustración 32: Consumo Sulfato de Cobalto vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
 Fuente: Elaboración propia.

Para la relación del consumo de sulfato de cobalto no se tomó en cuenta el presente año, ya que, no se encontraba ingresado el consumo de este reactivo a las planillas con las que se trabajó para realizar éstos análisis.

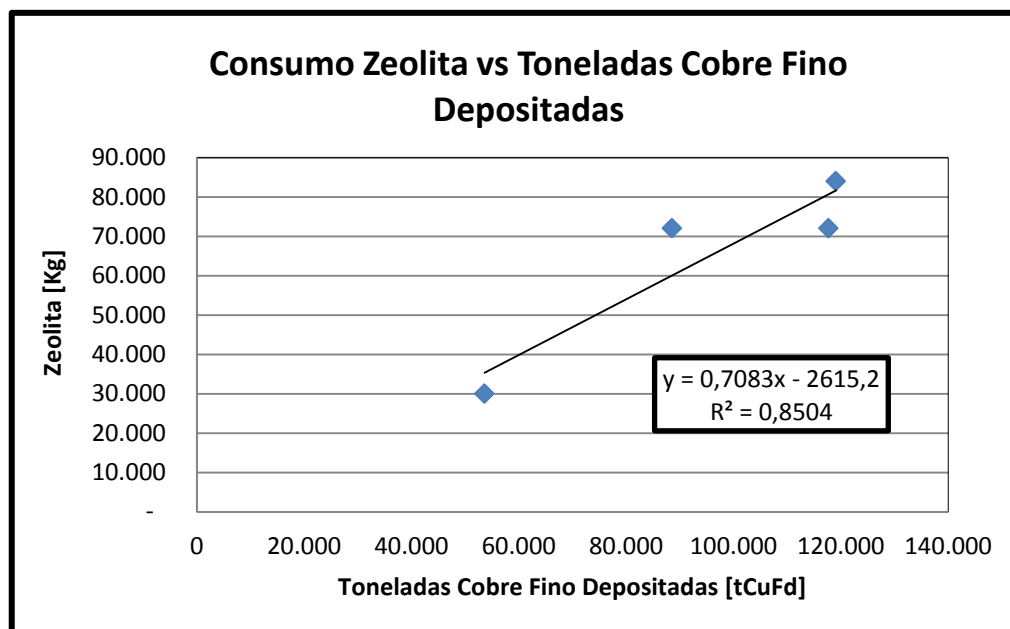


Ilustración 33: Consumo Zeolita vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
Fuente: Elaboración propia.

De las ilustraciones se puede determinar, que las relaciones realizadas en base al factor causal toneladas de cobre fino depositadas, son razonables para realizar estimación de gasto en reactivos, éstas tienen poco error y muestran un claro comportamiento de cada reactivo.

Las relaciones obtenidas para el consumo de cada reactivo se muestran resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 12: Relaciones Consumo Reactivos

Ítem de Costo	Reactivo	Regresión Lineal Y=AX+B		Factor Causal
		A	B	
Reactivos	Acorga	0,0034	-42,577	tCuFd
	Sulfato Cobalto	1,0589	-29.202	tCuFd
	Zeolita	0,7083	-2.615,2	tCuFd

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del supresor de neblina ácida, no se realizó una relación para su consumo porque desde el próximo año no se utilizará este reactivo, por lo tanto, se puede eliminar el gasto actual en este ítem, no es necesario buscar forma de optimizar.

5.2.4.5. Acondicionadores

Los acondicionadores también son un material fundamental para la operación, éstos al igual que los reactivos son utilizados en las actividades de extracción por solventes y

electroobtención. En la actividad de extracción por solvente se utiliza diluyente, mientras que en electroobtención el acondicionador utilizado es la quillaja.

De igual forma que se estableció para los reactivos, el factor causal del cual depende el consumo de este material son las toneladas de cobre fino depositado, los acondicionadores se utilizan en las soluciones de las cuales se obtendrá el cobre depositado, por lo tanto se requiere de una cantidad conforme a ese tonelaje de cobre y no al total, porque de lo contrario, podría incurrir en un consumo mucho mayor al realmente necesario y por tanto presupuestar un gasto más alto en este material.

En el análisis Pareto sólo se encuentra dentro de los pocos vitales el acondicionador que se utiliza en extracción por solventes, es decir, diluyente. Sin embargo, para realizar una optimización para ambas actividades y porque para ambas es un material relevante dentro de sus gastos, se considerará el ítem de costo completo.

Para el diluyente el comportamiento obtenido de los datos históricos es el siguiente:

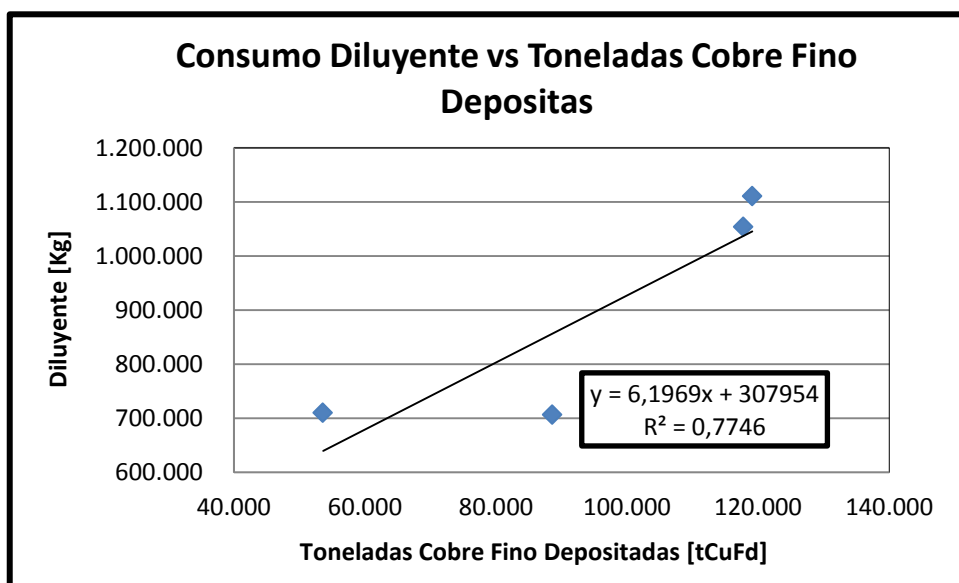


Ilustración 34: Consumo Diluyente vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
Fuente: Elaboración propia.

Y la relación entre la quillaja y las toneladas de cobre fino depositado se puede apreciar en el gráfico que se presenta a continuación:

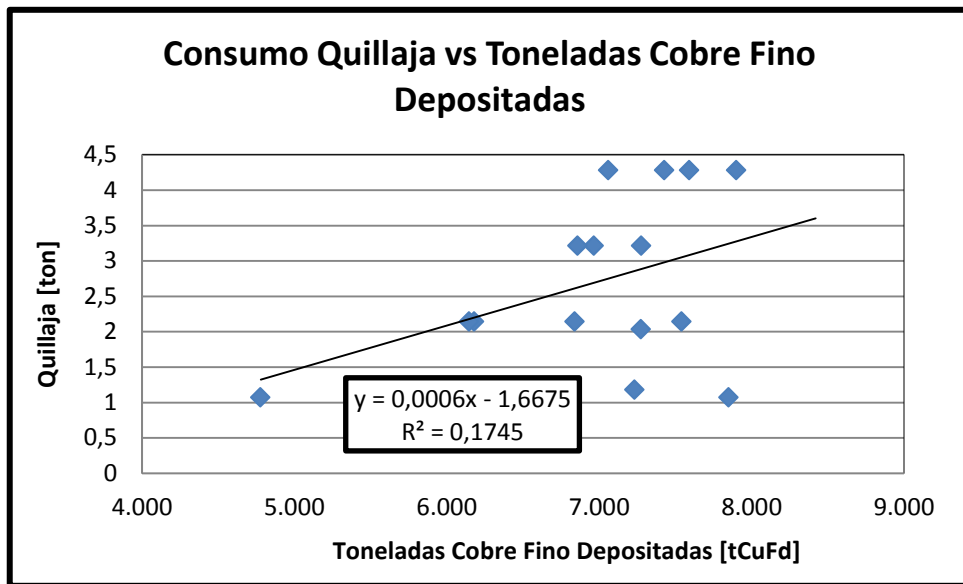


Ilustración 35: Consumo Quillaja mensual vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior se muestra la relación entre las toneladas de quillaja y de cobre fino depositadas desde enero del 2014 a agosto del 2015, pero la quillaja se comenzó a utilizar recién en junio del año pasado, por lo tanto, la regresión obtenida de la relación entre estas dos variables no representa la realidad del consumo mensualizado. Es por esto que se realizó otra relación, pero en base al consumo anual, la cual se ajusta más a las toneladas que se utilizan de este acondicionador. La relación que se utilizará para determinar el consumo de quillaja, se muestra en el siguiente gráfico:

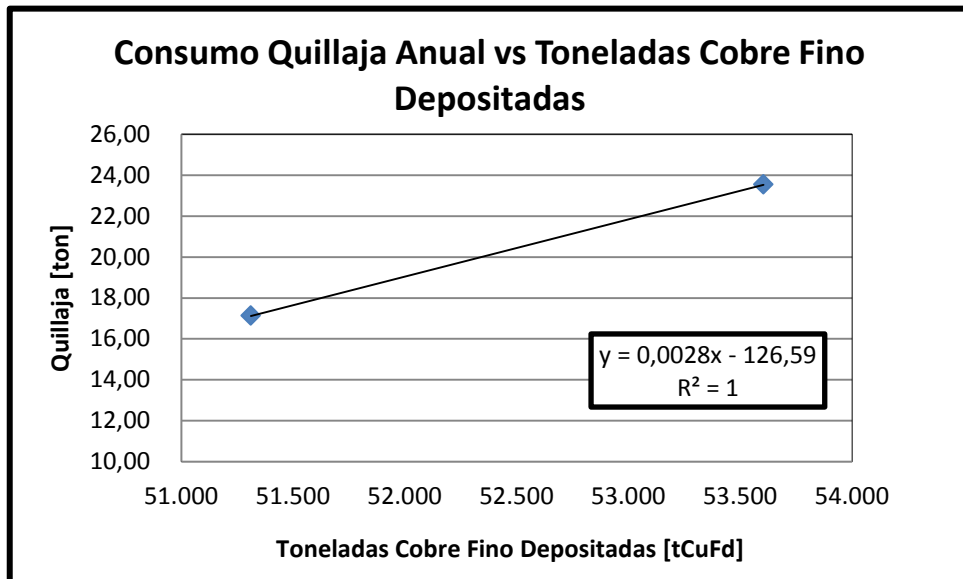


Ilustración 36: Consumo Quillaja vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
Fuente: Elaboración propia.

Las relaciones que se utilizarán para determinar el consumo de los dos acondicionadores, se puede apreciar en la Tabla 13: Relaciones Consumo Acondicionadores que se adjunta a continuación:

Tabla 13: Relaciones Consumo Acondicionadores

Ítem de Costo	Acondicionador	Regresión Lineal $Y=AX+B$		Factor Causal
		A	B	
Acondicionadores	Diluyente	6,1969	307.954	tCuFd
	Quillaja	0,0028	-126,59	tCuFd

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.6. Servicios Terceros

Servicios de terceros es la clase de costo donde se concentra la mayor parte del gasto total de la gerencia de extracción y lixiviación, a nivel del análisis Pareto realizado este representa el 44% de los gastos más relevantes. Los servicios de terceros son todo tipo de actividades operacionales y/o administrativas que se adjudican a empresas externas (colaboradoras), desde ya hace un par de años, que se externalizan cada vez más las distintas actividades, no solo a nivel de gerencia, sino también a nivel de corporación.

Los servicios de terceros se componen de diferentes tipos de contratos, los cuales son licitados a nivel de gerencia, lo contrario que ocurre con otros contratos que son transversales o de administración externa (utilizados por más de una gerencia). Los contratos que se analizarán para gestionarlos y así optimizarlos, son los contratos propios, aquellos más importantes y que tienen mayores montos anuales.

Los contratos propios que tiene actualmente la gerencia se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Contratos Propios GEL

N° Contrato	Servicio	Empresa	PPTO. 2015 USD
45011258741	Arriendo de Equipos Movimiento de Tierra.	TREPSA S.A	4.090.608
4501489206	Servicio mantenimiento del Sistema Monitoreo presión y temperatura Neumáticos.	BAILAC	133.560
4600011617	Servicio implementación Sistema anticolidión para equipos mineros.	GALLYAS TELECOM S.A	307.965
4600011379	Sistema control somnolencia operadores caex.	ARSTECNE	467.131
4600012176	Servicio reparación de neumáticos.	BAILAC	160.769
4600013999	Servicio de manejo de los sistemas de drenaje de agua y soluciones superficiales.	STEEL	115.529
4600012014	Servicio de aseo industrial	ANMAR	7.646.413
4600012499	Servicio de control en la gestión integral	BUREAU	484.216

	de riesgos profesionales.	VERITAS	
4501523125	Control de procesos de ingeniería de mantenimiento PTMP y gestión operacional plantas.	BUREAU VERITAS	585.703
4600007212	Servicios a la ingeniería procesos hidrometalúrgicos.	CIMM	738.894
4501538059	Servicio de instalación, mantención y reparación sistemas raspadores de correas transportadoras.	CONTITECH	469.848
4600012890	Servicio de mantenimiento y reparación de equipos y sistemas oleohidráulicos.	EXIMTEC	1.373.020
4600013574	Servicio de mantención, reparación de revestimientos y sistemas hidráulicos.	INVERSIONES IMPACTO	2.108.182
4600011994	Servicio metalmecánico	TRANYPEC	951.093
C460008480	Manejo y preparación de cátodos para embarque.	SOCOAL	3.096.657
4501520067	Servicio Integral de Movimiento de Tierra	STEEL	3.623.749
4600011917	Servicio de reparación tambores aglomeradores.	CONST. DOMINGO VILLANUEVA	477.439
TOTAL			26.830.777

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar gestión de los contratos de servicios de terceros es importante contar con información relevante, primero que todo la vigencia que tiene cada uno, porque si su adjudicación va más allá del año 2015, entonces éstos no se pueden modificar porque se tiene que cumplir con el monto del contrato actual.

Otra información necesaria para poder establecer cambios en los contratos, es contar con las evaluaciones económicas de cada uno de éstos, el detalle de lo que se paga y por cuáles servicios se paga, en conclusión cómo se desglosa la oferta económica de los contratos.

Para determinar propuestas de mejora en los servicios de terceros, no se realizará en base a factores causales, ya que, la optimización de éstos no depende directamente de algún cost-driver en particular, sino de los distintos requerimientos que se deben cubrir cada año para llevar a cabo todo el proceso productivo.

La estrategia para optimizar los contratos se detallará en el siguiente capítulo.

5.2.4.7. Energía y Potencia Eléctrica

El gasto en energía eléctrica (potencia y energía) es otro de los más relevantes y significativo dentro de los costos de la gerencia. El mayor consumo de energía proviene de la planta de electrodeposición, con más del 55% del gasto total, debido a que su proceso se basa principalmente en la electrólisis.

Si bien, la actividad de electrodeposición es la que más consume energía eléctrica, no es la única, desde la actividad de perforación hasta la electrodeposición, existen equipos que requieren de energía eléctrica para funcionar, pero las actividades que más consumen después de electroobtención (de acuerdo a análisis 80/20) son carguío, chancado primario, chancado PTMP, remoción de ripios y lixiviación.

Perforación, es una de las actividades que requería energía eléctrica en su proceso porque utilizaba perforadoras eléctricas para realizar este proceso, sin embargo, el análisis de consumo para esta actividad no se realizará, ya que, para el año 2016 no se llevará a cabo la perforación, por lo mismo, al no haber actividad tampoco existirá consumo, esto ya forma parte de una optimización para el presupuesto del próximo año.

Las actividades que consumen energía eléctrica son: carguío, chancado primario, chancado PTMP, apilamiento, lixiviación, remoción de ripios, extracción por solventes, electroobtención y láminas, para todas estas se establecerán las relaciones que describen el comportamiento de consumo que han tenido durante los últimos 5 años.

Para determinar los factores causales que inciden en el mayor o menor consumo de estos dos ítems será necesario analizar uno por uno los equipos y la forma en que trabajan, porque todos operan de diferente manera y por ende su consumo se verá afectado por las distintas actividades que realizan.

Comenzando con la pala electro-hidráulica, tanto la energía como la potencia eléctrica consumida por este equipo depende del tiempo que esté en funcionamiento y éste a su vez depende del movimiento de material, es decir, de las toneladas hora, mensuales o anuales que tenga que cargar, por lo tanto, el mejor factor causal para relacionar el consumo de ambos ítems, son las toneladas, para ser más específico, las toneladas mensuales porque así se tendría la relación entre el movimiento mensual de mineral que realizó la pala en relación a la energía ocupada para llevar a cabo dicho movimiento.

Sin embargo, esta relación no se podrá realizar en este trabajo, ya que, no se dispone de los datos del movimiento de mineral ni de las horas que operó, sólo se tiene registro del consumo anual en dólares cargados a este ítem de costo en el sistema SAP.

En la actividad de chancado primario el factor causal que determina el consumo de energía son las toneladas de mineral seco que procesa, para la potencia, no debería depender de ningún factor, ésta debería ser independiente de del tiempo que esté en funcionamiento el chancador, ya que, se cobra por potencia instalada, esto ocurre para todas las actividades, por lo que sólo se realizarán las relaciones para el consumo de potencia.

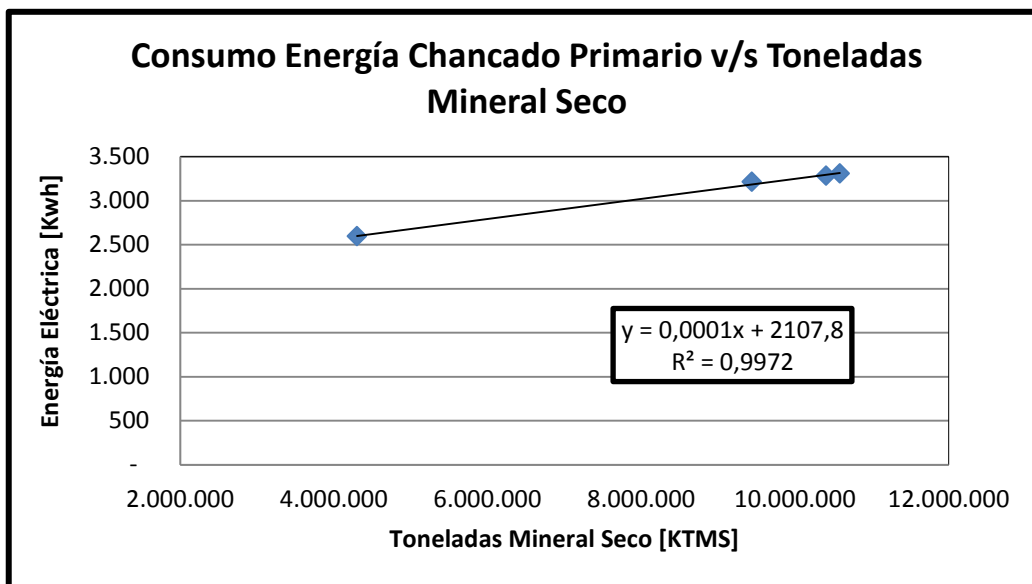


Ilustración 37: Consumo Energía Chancado Primario vs Toneladas Mineral Seco
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la relación anterior, ésta es muy precisa, representan casi sin error el comportamiento del consumo tanto de energía, lo cual es muy bueno, para poder estimar el gasto en este recurso para el presupuesto 2016.

Lo mismo se realizó para la actividad Chancado PTMP, la que corresponde a chancado secundario y terciario, el cost-driver son las toneladas de mineral seco que procesan, al igual que para el chancado primario el resultado obtenido de la relación entre este generador del costo y el consumo de energía fue muy óptimo, el cual se observa a continuación:

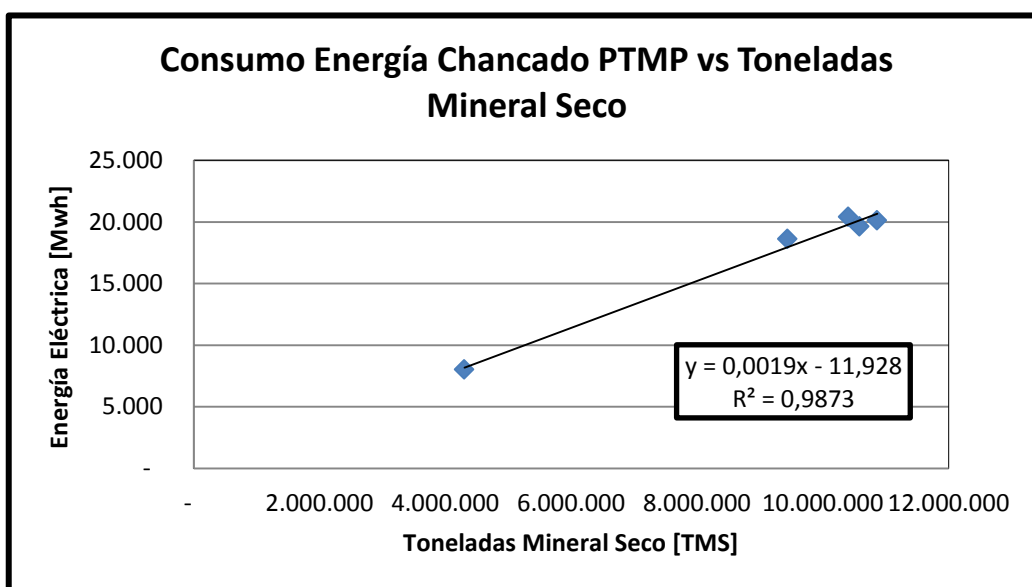


Ilustración 38: Consumo Energía Chancado PTMP vs Toneladas Mineral Seco
Fuente: Elaboración propia.

Para las actividades de Apilamiento, Lixiviación y Remoción de Ripios el generador de costo de energía que se determinó también fueron las toneladas de mineral seco, ya que, hasta esta actividad lo que se procesa son las rocas extraídas desde el rajo. Las relaciones obtenidas para cada una de estas actividades se muestran a continuación:

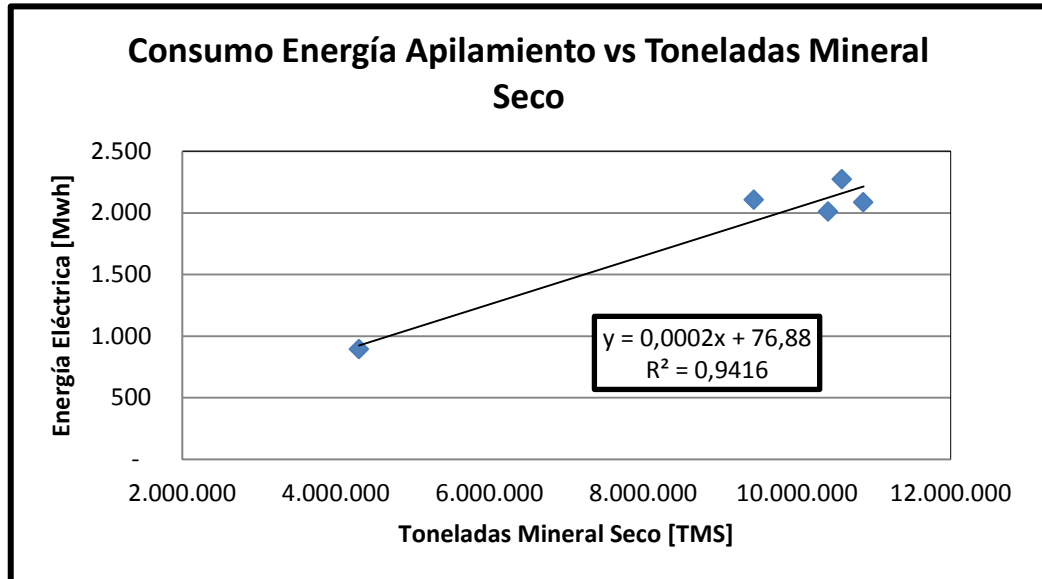


Ilustración 39: Consumo Energía Apilamiento vs Toneladas Mineral Seco
Fuente: Elaboración propia.

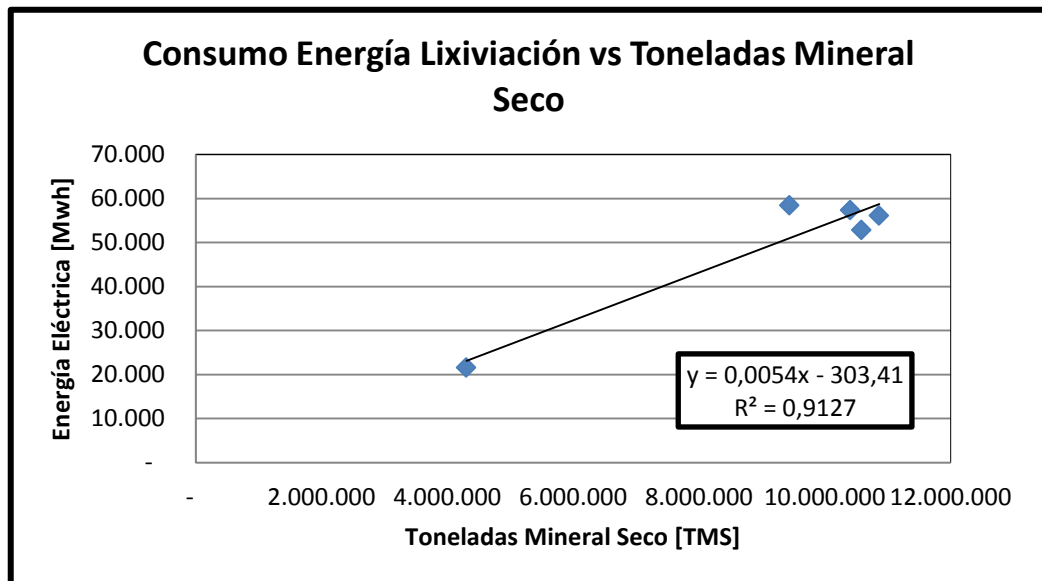


Ilustración 40: Consumo Energía Lixiviación vs Toneladas Mineral Seco
Fuente: Elaboración propia.

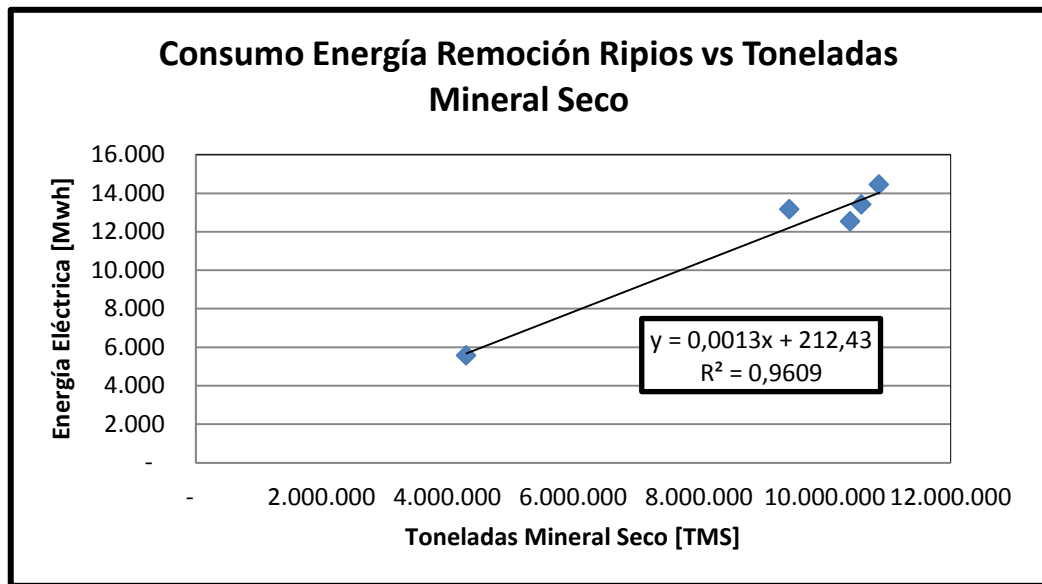


Ilustración 41: Consumo Energía Remoción de Ripios vs Toneladas Mineral Seco
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente para las actividades de Extracción por Solventes y Electroobtención el factor que afecta el consumo de energía y potencia eléctrica en ambos procesos, son las toneladas de cobre fino depositadas, de estas toneladas depende el tiempo en que se lleven a cabo estas actividades, es decir, del cobre que se espera recuperar y no de las toneladas totales porque el mineral no se procesa hasta sacar el 100% de cobre que posee.

Las relaciones para ambas actividades se pueden observar en los siguientes gráficos, los cuales dieron relaciones con muy poco error:

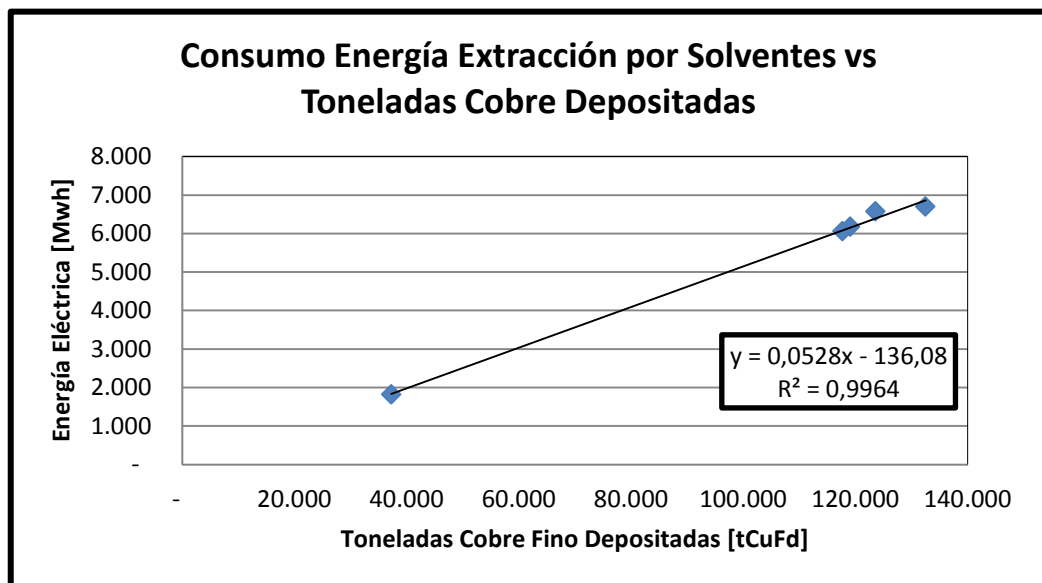


Ilustración 42: Consumo Energía Extracción por Solventes vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
Fuente: Elaboración propia.

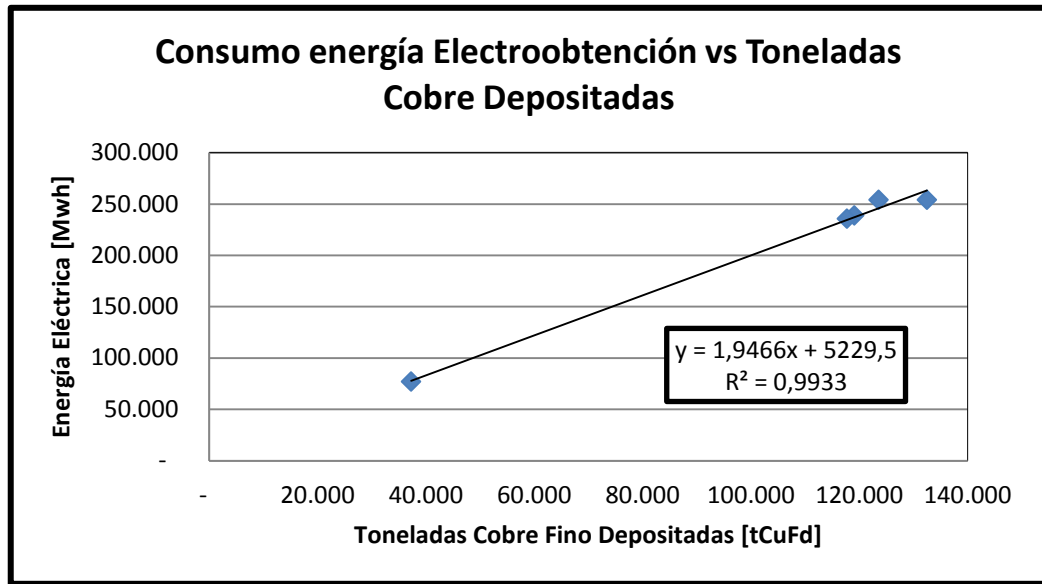


Ilustración 43: Consumo Energía Electroobtención vs Toneladas Cobre Fino Depositadas
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15: Relaciones Consumo Energía, se muestra el resumen de las relaciones obtenidas entre cada una de las actividades y el inductor de consumo de energía y potencia eléctrica.

Tabla 15: Relaciones Consumo Energía

Ítem de Costo	Actividad	Regresión Lineal $Y=AX+B$		Factor Causal
		A	B	
Energía Eléctrica	Chancado Primario	0,0001	2.107,8	TMS
	Chancado PTMP	0,0019	-11,928	TMS
	Apilamiento	0,0002	76,88	TMS
	Lixiviación	0,0054	-303,41	TMS
	Remoción Ripios	0,0013	212,43	TMS
	Extracción por Solventes	0,0528	-136,08	tCuFd
	Electroobtención	1,9466	5.229,5	tCuFd

Fuente: Elaboración propia.

6. Propuestas para Optimizar

La finalidad de este trabajo es buscar la manera en que se puede optimizar los recursos actuales que se utilizan en la línea óxidos de Codelco, es decir, indagar en los gastos operacionales de la gerencia y en cómo éstos son utilizados, para determinar dónde pudiesen existir oportunidades para mejorar, optimizarlos y así adecuarlos a la situación del año 2016.

Es por esto, que más que desarrollar soluciones a problemas, en este capítulo se realizarán propuestas para optimizar los gastos operacionales en base al análisis y diagnóstico de la gerencia realizado en el capítulo anterior, en el que se detectaron los gastos más relevantes y además el comportamiento de acuerdo a factores que causaban su consumo, de aquellos que se seleccionaron.

Además de establecer optimizaciones en base a las relaciones obtenidas para el comportamiento de los insumos seleccionados en el capítulo anterior, también se desarrollarán propuestas que ayuden a mejorar aún más la productividad, es decir, ideas que ayuden a minimizar el consumo de insumos para las mismas condiciones de producción, que éstos puedan llegar al máximo de rendimiento según sea cada caso a analizar.

Las propuestas que se plantearán seguirán el siguiente formato:

Tabla 16: Formato para desarrollo de Propuestas

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Nombre del insumo/recurso que se desea optimizar.	Propuesta de lo que se debería hacer para disminuir consumo.	Plan de acción, cómo llevar a cabo la propuesta.	Qué datos deberían registrarse para llevar registro del comportamiento del recurso o insumo.	Indicador involucrado para medir desempeño del recurso/insumo.

Fuente: Elaboración propia.

6.1. Propuestas para optimizar Rendimiento de Neumáticos

Del diagrama Ishikawa realizado para este ítem, se concluyó que las principales causas que aumentan el desgaste del neumático y por ende la cantidad de unidades utilizadas anualmente son la calidad y estado de los caminos y la forma de conducción de los operadores de los camiones.

La propuesta para optimizar este insumo se basará en el cálculo que se realiza para estimar la cantidad de neumáticos que se utilizarán anualmente, los parámetros operacionales de los neumáticos que deberían cumplirse siempre y además la forma de conducción de los operadores y su comunicación con los operadores de los equipos de movimiento tierra, lo cual, impacta directamente en el estado de los caminos.

Tabla 17: Propuestas para Optimizar N° Neumáticos

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Neumáticos	Cambiar forma de estimar n° de neumáticos.	Utilizar relación entre Ton-Km/N° neumáticos.	Toneladas cargadas. Kilómetros recorridos. N° neumáticos utilizados/mes. Horas efectivas.	Rendimiento neumático.
	Estandarizar parámetros operacionales.	Determinar los parámetros que se deberían seguir operar el 2016.	Presión y Temperatura. Toneladas cargadas/camión Km-hora/camión	Rendimiento neumático.
	Formación en conducción. comunicación y mantenimiento de los caminos.	Capacitar a operador cómo debe conducir y mantener comunicación con otros operadores.	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Elaboración propia.

6.1.1. Cambiar la forma de estimar N° Neumáticos

Para comenzar, la forma en que se calcula el número de neumáticos a utilizar en un año es en base a las horas de rendimiento de los neumáticos, las horas operativas estimadas para el año que se realizará el cálculo y el número de neumáticos por camión.

Los neumáticos que se compran para los camiones mineros son dos modelos y de marcas diferentes como se mencionó anteriormente; el modelo 40.00 R 57 E4 de la marca Michelin y el modelo Bridgestone 46/90R57 vels, sin embargo, las estimaciones se harán tomando en cuenta el precio del Bridgestone.

Tabla 18: Estimación N° Neumáticos

ESTIMACIÓN	FORMA	NEUMÁTICO ANUAL [N°]	GASTO ANUAL [USD]
Actual	$n = \frac{\text{hrs. efectivas flota}}{\text{hrs. duración neumáticos}} \times n^{\circ} \text{neumáticos} \times 10\%$	121	\$5.566.000
Propuesta	$n = 5 \times 10^{-7} \times \text{ton-km/año} + 9,882$	96	\$4.416.000
AHORRO		25	\$1.115.000

Fuente: Elaboración propia.

Con solamente cambiar la forma para calcular la cantidad de neumáticos, se puede realizar una optimización de este material tan importante para la operación. En el año 2014, el gasto en este ítem fue de US\$4.558.986 y las toneladas-kilómetros 167.831.966, por lo que el resultado obtenido para el año 2016 es confiable, ya que, las toneladas-kilómetros son menores para el próximo año (149.346.000).

6.1.2. Estandarizar Parámetros Operacionales.

Como se conoce los neumáticos que se utilizan para el transporte de mineral, se puede realizar una estandarización de los parámetros que se deberían cumplir para un buen uso de los neumáticos, en base a las recomendaciones del fabricante.

Las características de diseño más importantes de los dos modelos que se utilizan, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19: Características de Diseño Neumáticos

Modelo	Carga Máxima [kg]	Presión Máxima [psi]	Temperatura [°C]	Distancia Ciclo [km]
40.00R57 E4	60.000	105	80	14
46/90R57 vels	63.000	102	80	14

Fuente: (XTHRA, 2011)

En la gerencia, hace poco tiempo se comenzó a establecer parámetros para aumentar la vida útil de los neumáticos como disminuir la velocidad máxima de conducción, tratar de mantener los caminos sin material que aumente el desgaste de este insumo, etc., pero las decisiones tomadas no son suficientes.

Actualmente operan con parámetros que superan los recomendados, algunos de éstos son:

- Toneladas cargadas: los neumáticos como se puede observar en la tabla anterior, cada uno soporta una carga máxima de 60 y 63 toneladas, los neumáticos traseros (4 unidades) deben soportar la carga del camión y además las toneladas de mineral, la carga máxima que deberían soportar son 225 toneladas. Una sobrecarga, ocasionará al mismo tiempo un exceso de presión, apenas un 10% de sobrecarga, disminuye en un 15% la vida útil de los neumáticos (Fivi.cat).
- Presión del neumático: en las especificaciones de diseño de los neumáticos, la presión máxima está determinada para cada modelo, sin embargo, la presión a la que mantienen los neumáticos

es de 110 psi. Cuando existe una presión excesiva, los neumáticos se gastan más en la parte central, ya que, tiene más contacto con el suelo, que el resto del neumático.

- **Velocidad:** las velocidades a las que antes operaban los camiones era por sobre los 40 km/hora, ahora se estableció que la velocidad máxima a la que podían conducir es hasta los 35 km/hora, esta sigue siendo una velocidad que está por sobre el óptimo, lo cual no solo influye en el desgaste prematuro de los neumáticos, sino también, en el consumo extra de combustible. Al conducir a una velocidad muy alta, en las curvas y detenciones el neumático deberá soportar mayor esfuerzo y roce con el suelo.
- **Temperatura:** en el taller de neumáticos, donde están monitoreando constantemente las condiciones de presión y temperatura de éstos, la temperatura máxima a la que pueden llegar es a los 80°C, cuando se supera esta temperatura de inmediato se comunican con el operador del camión dando instrucciones de detenerse para bajar la temperatura.
- **Baja de neumáticos:** también existe un parámetro para dar de baja lo neumáticos en base al desgaste de la goma remanente, esto debería ocurrir cuando se llegue entre los 15 y 20 milímetros de grosor. El grosor de la goma remanente de un neumático nuevo es de 100 milímetros aproximadamente y muchas veces se dan de baja neumáticos 75 milímetros de espesor de esta goma, perdiendo entre 1000 a 1500 horas de vida útil extra.

De acuerdo a estos antecedentes, se propone seguir los siguientes parámetros de operación para los neumáticos:

Tabla 20: Recomendaciones operacionales para Neumáticos

Presión Máxima [psi]	Temperatura Máxima [°C]	Velocidad Máxima [km/hr]	Baja Neumáticos [mm]	Carga Máxima [ton]
100	75°	30	=<20	220

Fuente: Elaboración propia.

No se puede realizar una cuantificación específica de cuánto se ahorrará por ser constante en seguir las especificaciones dadas, pero lo mínimo que durarán son 4.500 horas, ya que, este es el valor mínimo que entrega el fabricante si se siguen sus recomendaciones de uso, en las que están basadas las realizadas en este trabajo; como actualmente el promedio de duración es de 4.100 horas, se estaría aumentando en 10% la vida útil de los neumáticos, esto al traducirlos a neumáticos (presupuesto 2016) son de 10 unidades menos, es decir, se podrían ahorrar cerca de \$500.000 dólares al año, sólo con seguir las especificaciones estipuladas anteriormente.

Tabla 21: Ahorro en Neumáticos por Recomendaciones operacionales

Duración Actual [hrs]	Duración Fabricante [hrs]	Neumáticos anual actual [un]	Neumáticos anual optimizado [un]	Ahorro [USD]
4.100	4.500-5.500	96	86	\$460.000

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3. Formación a operadores en conducción, comunicación y mantenimiento de caminos

La formación de los operadores de los camiones de extracción sobre el estilo de conducción que deben realizar, es una necesaria medida a tomar. Éstos tienen que ser capacitados sobre el impacto que tienen como conductores en la vida útil de los neumáticos, la condición de los caminos y al mismo tiempo, de la estrecha comunicación que deben tener con los operarios de los equipos de movimiento tierra, los cuales son utilizados para mantener en buen estado los caminos.

Una forma fácil de instruir a los conductores puede ser mediante una pequeña capacitación, ellos conocen a la perfección su equipo, por lo que sólo hace falta darles a conocer cómo ellos podrían ayudar a optimizar este recurso.

Esta formación debe incorporar los siguientes aspectos:

- Importancia de tener siempre una buena comunicación entre operadores de camiones de extracción y los de equipos auxiliares. Los operadores de los camiones de extracción deben mantener una comunicación directa y al instante con los operadores de los equipos auxiliares, los primeros tienen un rol importante en el cuidado y mantención de los caminos mineros en buen estado, ya que, son los que observan directamente la condición en que se encuentran los caminos, ven material que ha caído de los mismos camiones y que al tener contacto con los neumáticos les disminuyen la vida útil, etc. por lo tanto, cada vez que vean el camino en malas condiciones, falta de irrigación o con fragmentos de rocas, deberían informar directamente a los operadores de los equipos auxiliares, porque una de las funciones de tener estos equipos es tener los caminos aptos para que pasen los camiones de extracción. Así una vez avisados del problema del camino, éstos van directamente al punto exacto y retiran el material que haya sido divisado, irrigan el camino, etc. solucionan el problema lo antes posible.
- Estilo de conducción diferente. En este punto los operadores de los camiones de extracción tienen un rol fundamental, de éstos depende que se cumplan los parámetros operacionales referentes a la conducción, como por ejemplo la velocidad máxima a la que deben ir. Es importante que tengan claro que la forma en que ellos conducen los camiones impacta directamente en el rendimiento que tendrán los neumáticos, por lo tanto, deben tener una conducción preventiva que no sobrepase la velocidad máxima establecida para obtener la mayor duración de los neumáticos, no aumentar la velocidad cerca de las curvas para no incrementar el esfuerzo de los neumáticos al frenar, al girar, etc. Además de estar alerta a las piedras, ripio, etc. en el camino, vigilar la carga, presión y temperatura de los neumáticos, etc.

Plantear estos puntos en una charla, ayudará a dejar claro a los operadores de los camiones de extracción que son importantísimos en la reducción del gasto en neumáticos, ya que, gracias a su conducción responsable y su rápida gestión respecto del estado de los caminos podrán aumentar la vida útil que tienen los neumáticos actualmente, son los únicos, que pueden mantener controladas las variables que aumentan el desgaste de éstos.

Con estas tres propuestas se podría disminuir en \$1.610.000 dólares el gasto por neumáticos, es decir, que se podría presupuestar hasta \$3.956.000 de dólares por costo en este concepto, sin embargo, se dejará un monto de \$4.000.000 de dólares como propuesta para el presupuesto del próximo año. Se evaluará el gasto por neumáticos como propuesta por \$4.000.000 y no los \$3.726.000 de dólares, para dejar una brecha y cubrir el error que puedan tener los cálculos

realizados en las propuestas plasmados anteriormente, sobre todo, en aquella que se optimiza por el cumplimiento de los requerimientos operacionales porque esta se calculó magramente.

6.2. Propuestas para optimizar Consumo Ácido Sulfúrico

El ácido sulfúrico es una de los materiales más fundamentales de la operación y en el que se gasta la mayor cantidad de dólares luego de los servicios de terceros.

Si bien, no es un insumo que se pueda disminuir en proporción a la disminución de la producción, se puede realizar esta estimación si los materiales a tratar presentan características metalúrgicas similares, que es lo que ocurre entre el consumo de este año y el siguiente.

En la Tabla 22: Propuestas para optimizar Consumo Ácido Sulfúrico se muestran las propuestas de desarrollar para optimizar el consumo de ácido sulfúrico:

Tabla 22: Propuestas para optimizar Consumo Ácido Sulfúrico

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Ácido Sulfúrico	Actualizar I/P para determinar consumo de ácido sulfúrico.	Utilizar regresión que muestra la relación entre las toneladas de ácido y las toneladas de mineral seco.	Toneladas mineral húmedo. % humedad. Tasa de curado módulo. % roca y grava.	Consumo de ácido/TMS Consumo de agua/TMS
	Mejorar estado actual flautas tambores aglomeradores.	Cotizar y comprar nuevas flautas para los tambores	Flujo de ácido y agua en cada tambor. Densidad de los glómeros.	Recuperación CuT en pilas. Tiempo de lixiviación por módulo.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1. Actualizar Indicador de Productividad Ácido Sulfúrico

El presupuesto que se realiza para determinar los gastos que habrá el año siguiente de los insumos más importantes y por ende también la estimación del costo unitario de producción, es mediante los indicadores de productividad. Los indicadores de productividad muestran una proporción entre la cantidad de un insumo en particular de acuerdo a lo que se produce en dicha actividad, así teniendo esa proporción se pueda calcular el consumo de los materiales, combustible, etc.

Los indicadores de productividad, son entregados por los profesionales a cargo de cada área para que los encargados de realizar el presupuesto los utilicen para estimar el gasto mensual y anual, en el caso del ácido sulfúrico, este indicador se calculó hace varios años, de acuerdo a los consumos históricos de ese entonces, los cuales no necesariamente son los adecuados para realizar el presupuesto del 2016, ya que, los materiales que se están tratando desde el 2014 y

últimamente en el 2015, tienen diferentes características metalúrgicas a los de años anteriores y los consumos de los distintos insumos han variado.

En el caso del ácido sulfúrico se realizó una relación entre las toneladas de ácido que se consumen por las toneladas de mineral seco, de lo cual resultó una regresión lineal que muestra el comportamiento de estas dos variables y con la cual se puede calcular el consumo de ácido teniendo como dato de entrada las toneladas de mineral seco del próximo año, las cuales se obtuvieron del plan minero que se seguirá el 2016 (Anexo 5: Plan Minero 2016).

Los resultados obtenidos utilizando la regresión establecida para el consumo de este ítem fueron los siguientes:

Tabla 23: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Ácido Sulfúrico

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	ton ácido= 0,0227*tms-50,241
Toneladas de mineral seco 2016 [tms]	9.905.234
Toneladas de ácido [ton]	224.799
I/P [ton ácido/tms]	0,0226

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar el I/P utilizado hasta el año pasado, con el obtenido de la regresión realizada en el capítulo anterior se puede conseguir una optimización en consumo y por ende en gasto para el año 2016. La optimización que se puede adquirir con solo modificar el indicador de productividad se muestra en la Tabla 24: Comparación Consumo Ácido 2016.

Tabla 24: Comparación Consumo Ácido 2016

ESTIMACIÓN	I/P [ton ácido/tms]	Toneladas Mineral Seco [tms]	Consumo Ácido [ton]	Precio Ácido [US\$/ton]	Gasto Anual [US\$]
Actual	0,028	9.905.234	277.347	75	20.800.991
Regresión	0,0226	9.905.234	223.858	75	16.789.372
OPTIMIZACIÓN			53.489		4.011.620

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, este indicador no es el más adecuado, la razón, es que el 2016 se tratará una mezcla de mineral, que utiliza mineral con las características del utilizado este año pero también se tratará un mineral que necesita mayor cantidad de ácido para el curado, por lo tanto, hace aumentar el consumo de ácido por tonelada de mineral seco.

Como el próximo año se trabajará con mezcla de material, se determinó el I/P de propuesta, realizando una proporción entre lo que consume cada uno de los minerales y las cantidades que se tratará de cada uno, esta estimación se realizó en base a las pruebas metalúrgicas realizadas por profesionales de la superintendencia de procesos. El resultado de estos análisis y el indicador obtenido de la regresión realizada, darán como resultado un consumo de este material

operacional más adecuado a la situación del próximo año. Los resultados de las pruebas metalúrgicas, se encuentran detalladas en el Anexo 6: Resultados Pruebas Metalúrgicas.

De los resultados obtenidos de las pruebas metalúrgicas, se puede decir que, el promedio de consumo de ácido sulfúrico entre los distintos materiales es de 25,22 [kg ácido/tms], sin embargo, no todos los minerales a los que se les realizó pruebas se utilizarán el próximo año, algunos serán utilizados en otros año o simplemente descartados, además tampoco se utilizan en la misma cantidad. Por lo tanto, el consumo de ácido sulfúrico calculado para el próximo año es de 25,41 [kg ácido/tms], esto se estimó sacando el promedio ponderado en base al consumo de las pruebas de mezclas 50% Ex.+50% OBL, 50% PTMP+50% UMA 6 y 79%DMH+21%PTMP las cuales serán el 70% de las toneladas de mineral seco a tratar y el otro 30% con material mixto cuyo consumo es de 29,68 [kg ácido/tms].

Por lo tanto, el indicador de productividad que se podría utilizar es 25,41 [kg ácido/tms], sin embargo, para tener holgura se propone uno de 26 [kg ácido/tms], es decir, 0,026 [ton ácido/tms]. Al actualizar el I/P se podría obtener los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25: Propuesta Consumo Ácido

ESTIMACIÓN	I/P [ton ácido/tms]	Toneladas Mineral Seco [tms]	Consumo Ácido [ton]	Precio Ácido [US\$/ton]	Gasto Anual [US\$]
Actual	0,028	9.905.234	277.347	75	20.800.991
Propuesta	0,026	9.905.234	257.536	75	19.315.206
OPTIMIZACIÓN			19.818		1.485.785

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Mejorar la condición de las flautas de tambores aglomeradores

Las flautas son una parte fundamental de los tambores aglomeradores, de éstas sale la solución de ácido y agua para realizar el curado del mineral, luego al juntarse la solución ácida con el mineral se forman los glómeros, los cuales son llevados hasta el apilador para armar las pilas de lixiviación.

La calidad del glómero no se controla actualmente, pero se tiene conocimiento de que mientras más homogéneo el curado, el glómero también lo será porque su área fue humectada de forma pareja, lo que afecta positivamente la siguiente etapa (lixiviación) porque facilita la recuperación de PLS y esta recuperación es más constante.

Actualmente las flautas se encuentran en mal estado, sus aspersores están tapados o agrietados y además se encuentran cubiertas por restos de mineral, lo que ocasiona que la solución no salga en forma pareja a lo largo de la flauta ni por los aspersores diseñados para un correcto curado, irrigando imparcialmente el mineral. Además las flautas ya cumplieron su vida útil, ya que la estimación de uso sería hasta el año 2014. La condición de las flautas se puede apreciar en la siguiente fotografía, tomada desde el interior del tambor n°2.

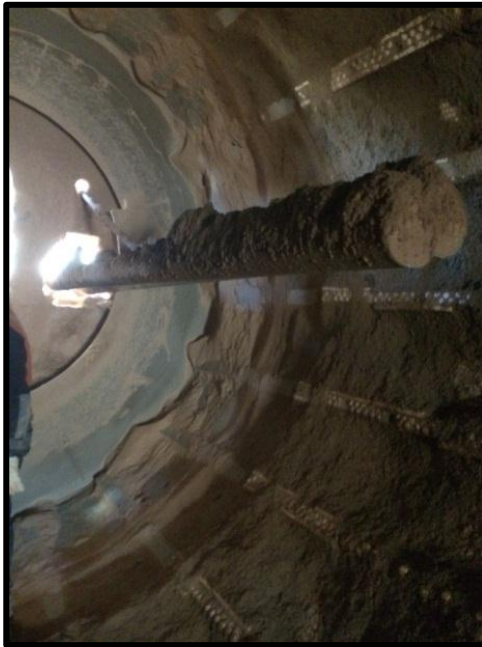


Ilustración 44: Flautas de Ácido y Agua Tambor Aglomerador N°2
Fuente: Planta PTMP.

Se propone mandar a fabricar flautas para los tres tambores aglomeradores con los que opera la planta, tanto para la adición de agua como de ácido y/o colocar un revestimiento interno y externo a éstas que cumpla la misma finalidad, mejorar la distribución de la adición de solución ácida para obtener un glómero más homogéneo.

La gerencia cuenta con un contrato con la empresa Steel, a la cual puede mandar a fabricar flautas para los tambores aglomeradores, esto no tendría un gasto adicional ni por la fabricación de éstas ni por la mano de obra de instalación, ya que, todo está dentro del alcance del contrato, sólo es necesario realizar una planificación para llevar a cabo la solicitud de fabricación y detención operacional programada para poder instalar las flautas.

Al realizar esta mejora en las flautas que suministran el ácido y agua necesarios para el curado en el tambor aglomerador, se pueden lograr las siguientes ventajas:

- Obtener un glómero más firmes, lo que beneficiaría el apilado formando módulos más resistentes.
- Asegurar y potenciar el efecto exotérmico, el cual es fundamental para acelerar la disolución del cobre que posee el mineral.
- Disminuir tiempos de recuperación en las pilas de lixiviación.

6.3. Propuestas para optimizar Consumo Petróleo Diésel

El consumo de combustible puede optimizarse de varias maneras, si bien los equipos siempre utilizarán una cierta cantidad de metros cúbicos para funcionar, existen variables que aumentan o disminuyen este consumo. Es por esto, que las oportunidades de mejora en este ítem se hicieron en base a acciones que permitan un consumo de combustible eficiente y también de acuerdo a las relaciones establecidas para cada equipo entre el consumo y el inductor de costo que afecta este consumo, las cuales se realizaron en el capítulo anterior.

Estas propuestas de mejora son las siguientes:

Tabla 26: Propuestas para optimizar Consumo Petróleo Diésel

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Petróleo Diésel	Actualizar I/P para determinar consumo de petróleo CAEX.	Utilizar regresión que muestra la relación entre los m ³ de petróleo y las toneladas-kilómetros.	Tonelaje cargado. Kilómetros equivalentes recorridos. Petróleo utilizado.	Tasa consumo petróleo. Rendimiento camiones.
	Actualizar I/P para determinar consumo de petróleo Cargador frontal.	Utilizar regresión que muestra la relación entre los m ³ de petróleo y las horas efectivas.	Horas efectivas. Petróleo utilizado N° equipos que operaron.	Tasa consumo petróleo. Utilización
	Actualizar I/P para determinar consumo de petróleo Equipos Movimiento tierra.	Utilizar regresión que muestra la relación entre los m ³ de petróleo y las horas efectivas.	Horas efectivas. Petróleo utilizado N° equipos que operaron.	Tasa consumo petróleo. Utilización
	Establecer guía de acción para ahorro de combustible	Determinar acciones que se deben seguir en la operación de cada uno de los equipos.	NO APLICA	NO APLICA

Fuente: Elaboración propia.

6.3.1. Actualizar Indicador de Productividad Petróleo CAEX

En el capítulo anterior se realizó un análisis del consumo de combustible según el factor causal toneladas-kilómetros para el caso de los camiones de extracción. Este cost-driver permite estimar cuántos metros cúbicos de combustible se utilizarán en un cierto periodo con un error bajo, lo cual representa el consumo de la realidad de los últimos 4 años.

De este análisis se obtuvo una regresión lineal que representa la relación antes descrita entre las toneladas-kilómetros que cargan y recorren los camiones, con lo que consumen en petróleo, los resultados de consumo de este combustible para el próximo año al utilizar esta regresión, son los siguientes:

Tabla 27: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Petróleo Caex

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	$m^3 \text{ petróleo} = 4 \times 10^{-5} \cdot \text{ton-km} + 2446,5$
Toneladas-Kilómetros [Ton-Km]	171.176.000
Petróleo Diésel [m3]	9.316,34
I/P [m3 petróleo/ton-km]	0,054

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Comparación Consumo Petróleo Caex 2016

ESTIMACIÓN	I/P [m3 petróleo/ton-km]	Toneladas- Kilómetros [ton-km]	Consumo Petróleo [m3]	Precio Petróleo [US\$/m3]	Gasto Anual [US\$]
Actual	0,06	171.176.000	10.305	781,51	8.053.252
Propuesta	0,054	171.176.000	9.316	781,51	7.247.927
OPTIMIZACIÓN			1.030		805.325

Fuente: Elaboración propia.

Al ajustar el indicador de productividad del petróleo diésel de los camiones mineros, se puede obtener una disminución de \$805.325 dólares al año, al realizar el presupuesto bajo este indicador se establece un gasto mucho más acorde a la realidad, disminuyendo el costo unitario de producción a proponer para el 2016.

Este I/P podría reducirse aún más porque el consumo desde el 2014 ha sido más eficiente, con un 0,048 m3/ton-km, esto se debe a que se empezaron a tomar medidas para disminuir el consumo de este combustible.

6.3.2. Actualizar Indicador de Productividad Petróleo Equipos Movimiento Tierra

Para determinar el gasto por concepto de petróleo de los equipos de movimiento tierra y auxiliares para tema de presupuesto, sólo dividen el gasto del periodo anterior por los meses del año, esto deja mucho espacio para presupuestar incorrectamente el ítem de petróleo, ya que, no toman en cuenta ninguna variable que influya en el consumo de petróleo y tener una idea de si la utilización de petróleo aumentará o disminuirá para el siguiente periodo.

Es por esta razón, que se buscó un factor causal que afectara el comportamiento de este insumo, un inductor del costo. El factor causal para el consumo de petróleo de los equipos de movimiento tierra seleccionado fueron las horas efectivas, es decir, aquellas que realmente estuvieron en funcionamiento estos equipos.

Los resultados obtenidos de las relaciones para la motoniveladora se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla 29: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Petróleo Motoniveladora

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	m3 petróleo=0,0096*horas
Horas totales [horas/año]	8688
Petróleo Diésel [m3]	96
I/P [m3 petróleo/hrs. efectivas]	0,011

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Comparación Consumo Petróleo Motoniveladoras

ESTIMACIÓN	I/P [m3 petróleo/hrs. efectivas]	Horas Efectivas [hrs]	Consumo Petróleo [m3]	Precio Petróleo [US\$/m3]	Gasto Anual [US\$]
Actual	0,017	8.688	148	781,51	115.426
Propuesta	0,011	8.688	96	781,51	74.687
OPTIMIZACIÓN			52		40.739

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de petróleo y por ende el gasto por el mismo concepto de los equipos movimiento tierra y auxiliares, es muy bajo en comparación a lo que se utiliza en la actividad de transporte, por lo mismo los ahorros que se obtienen al utilizar los modelos son bajos, sin embargo, para el escenario que se prevé para el 2016 de baja producción y bajo precio del cobre, toda optimización ayuda al negocio.

6.4. Propuestas para optimizar Reactivos

Las oportunidades para optimizar el consumo de reactivos son escasas, cada uno de los que se utilizan llevan años siendo utilizados y pruebas que se han hecho con otro tipo de reactivos no han tenido mejores resultados como los que tienen con los actuales.

Lo que se propone para realizar optimización en el presupuesto de los reactivos para el próximo año, es modificar los indicadores de productividad en base a las relaciones obtenidas entre el consumo de cada uno de estos reactivos y su cost-driver.

Para el caso de los tres reactivos el inductor de costo que se seleccionó para realizar la relación del consumo fueron las toneladas de cobre fino depositadas. Las propuestas para cada uno de estos reactivos se muestra en la tabla de a continuación:

Tabla 31: Propuestas para optimizar Consumo Reactivos

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Acorga	Actualizar I/P para determinar consumo de Acorga	Utilizar regresión que muestra la relación entre los m3 de acorga y las toneladas de cobre depositadas.	<ul style="list-style-type: none"> · M3 consumidos acorga. · Toneladas cobre depositadas. · Volumen PLS. 	- Kg acorga/tCuFd
Sulfato de Cobalto	Actualizar I/P para determinar consumo de Sulfato de Cobalto	Utilizar regresión que muestra la relación entre los kg de sulfato y las toneladas cobre depositadas.	<ul style="list-style-type: none"> · M3 consumidos sulfato. · Toneladas cobre depositadas. · Volumen electrolito. · Concentración cobre en electrolito. 	- Kg sulfato/tCuFd
Zeolita	Actualizar I/P para determinar consumo de Zeolita	Utilizar regresión que muestra la relación entre los kg zeolita y las toneladas de cobre depositadas.	<ul style="list-style-type: none"> · Toneladas cobre depositadas. · Volumen electrolito. · Concentración cobre en electrolito. 	- Kg zeolita/tCuFd

Fuente: Elaboración propia.

6.4.1. Actualizar Indicador de Productividad Reactivo Acorga

Como se ha mencionado anteriormente, la acorga se utiliza en la actividad de Extracción por Solventes, la acorga es un extractante que debe ser capaz de seleccionar aquellas partículas de interés de una solución acuosa, en este caso extraer el cobre contenido en el PLS, dependiendo de la concentración de este metal en la solución acuosa, es la cantidad de extractante que se debe utilizar.

El extractante debe tener ciertas características para cumplir con los requisitos operacionales que exige la extracción por solventes como que sea fácil de regenerar sus propiedades físico-químicas para lograr una recirculación de éste, idealmente en su totalidad, por la misma razón debe ser estable a las condiciones del circuito, así puede ser usado muchas veces, también debe extraer el cobre y luego descargarlo en la siguiente fase fácilmente, entre otras.

Operacionalmente, en la extracción por solventes se debe mantener un volumen entre extractante y diluyente para que la actividad se lleve en forma adecuada, este volumen en la planta de la gerencia debe estar siempre en los 2.300 [m3], sin embargo, por pérdida propias del proceso, se están perdiendo cerca de 100 [m3] mensuales, lo cual se debe reponer entre un

porcentaje de acorga y diluyente. Por lo tanto, en esta tasa de reposición se debe estimar el consumo de acorga y diluyente en el presupuesto de un año cualquiera.

Además de la tasa de reposición, también es necesario determinar la cantidad de extractante que será necesario para lograr una adecuada selectividad de las partículas de cobre contenidas en el PLS, es decir, cuánta acorga es necesaria para extraer los gramos de cobre/litros presentes en la solución; éstos serán los parámetros que se deberán cumplir para realizar una estimación en el gasto para la acorga y diluyente.

A continuación se muestran los resultados de la relación establecida entre el consumo de acorga y las toneladas de cobre fino depositadas.

Tabla 32: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Acorga

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	$m^3 \text{ acorga} = 0,0034 * t\text{CuFd} - 42,577$
Toneladas cobre fino depositadas [tCuFd]	53.160
Acorga [m3]	180
I/P [kg/tCuFd]	2,13

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar si con esa cantidad de acorga por toneladas de cobre, son las adecuadas para extraer la concentración de éste en el PLS del próximo año, se realizó una simulación en un programa en el que se ingresan datos de entrada y que entrega como resultados un gráfico del proceso de extracción por solventes y de los requisitos de extractante que se necesitarán, la eficiencia del proceso, las concentraciones de cobre que se obtendrán para la siguiente fase, etc.

En el 2016, la máxima concentración de cobre que tendrá el PLS, será de 4,6 [gramos/litro], sin embargo, para asegurar que se extraerá dicha concentración, se ingresó como dato de entrada que habría una concentración de 5,0 [gramos/litro] con un pH de 1,4, también se agregó la condición que debe mantenerse un 20% de reactivo como mínimo y a una temperatura ambiente de 25°C.

El resultado de esta simulación en cuanto a la cantidad de reactivo necesario para extraer el cobre concentrado en la solución, es que se necesita como mínimo 1,7 [kg acorga/tCuFd], entonces, el indicador de productividad obtenido de la regresión lineal realizada, cumple este parámetro operacional. El informe entregado por el programa de la simulación realizada se encuentra en el Anexo 9: Simulación Actividad Extracción por Solventes.

Para cumplir con el requerimiento de la tasa de reposición se realizó una tabla en la que para distintas cantidades de acorga y diluyente [kg/tCuFd], se agrega al proceso un volumen determinado para reponer las pérdidas, paralelamente se realizó otra tabla para los mismos indicadores de productividad pero con el beneficio que se obtiene entre ocupar los indicadores actuales de la gerencia y utilizar otro distinto, es decir, cuánto dinero se optimizaría al cambiar la cantidad de acorga y diluyente en la etapa de extracción por solventes. El detalle de ambas tablas, se encuentran en el Anexo 10: Tablas de Reposición Volumen y Beneficio Extracción por Solventes.

Como se puede observar en la tabla de volumen, al utilizar un I/P de 2,13 [kg acorga/tCuFd] que es el aproximado del obtenido de la regresión lineal, se debería utilizar un I/P de diluyente de 16 [kg/tCuFd] para cumplir con las pérdidas propias de la operación de 100 [m3].

Sin embargo, se propone utilizar un indicador de acorga de 2,4 [kg/tCuFd] que es el promedio entre el que utilizan actualmente de 3,0 [kg acorga/tCuFd] y el mínimo que puede utilizar para extraer el cobre de la solución. Con este indicador de acorga y para cubrir la reposición, se tiene que utilizar una cantidad de diluyente de 16 [kg/tCuFd].

La comparación para el consumo de Acorga en el presupuesto del año 2016 se puede ver en la Tabla 33: Comparación Consumo Acorga y el detalle de los flujos de este cálculo se encuentra en el Anexo 11: Flujos Consumo Reactivos.

Tabla 33: Comparación Consumo Acorga

ESTIMACIÓN	I/P [kg/tCuFd]	Toneladas cobre [tCuFd]	Consumo Acorga [m3]	Precio Acorga [US\$/m3]	Gasto Anual [US\$]
Actual	3,0	53.160	194	10.051	1.954.803
Propuesta	2,4	53.160	156	10.051	1.563.842
OPTIMIZACIÓN			38		390.961

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del Sulfato de Cobalto, la relación obtenida entre las toneladas de cobre depositadas y el consumo de este reactivo, dio como resultado un indicador operacional muy parecido al que se utiliza actualmente para presupuestar este insumo, esto se puede observar en las siguientes dos tablas.

Tabla 34: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Sulfato de Cobalto

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	kg sulfato=0,7372*tCuFd-308,44
Toneladas cobre fino depositadas [tCuFd]	53.160
Sulfato de Cobalto [kg]	38.807
I/P [kg/tCuFd]	0,73

Fuente: Elaboración propia.

Como se dijo anteriormente, existe muy poca diferencia entre el indicador obtenido con la regresión lineal de los datos históricos y el actual, por lo tanto, la optimización que se puede obtener para este reactivo es baja, como se aprecia en la Tabla 35: Comparación Consumo Sulfato de Cobalto.

Tabla 35: Comparación Consumo Sulfato de Cobalto

ESTIMACIÓN	I/P [kg/tCuFd]	Toneladas cobre [tCuFd]	Consumo Sulfato [kg]	Precio Sulfato [US\$/kg]	Gasto Anual [US\$]
Actual	0,8	53.160	42.528	8,94	380.201
Propuesta	0,73	53.160	38.807	8,94	346.934
OPTIMIZACIÓN					33.268

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el reactivo zeolita, los resultados obtenidos de la regresión lineal establecida para el consumo de éste son los siguientes:

Tabla 36: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Zeolita

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	$\text{kg zeolita} = 0,7083 * \text{tCuFd} - 2.615,2$
Toneladas cobre fino depositadas [tCuFd]	53.160
Zeolita [kg]	48.063
I/P [kg/tCuFd]	0,7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Comparación Consumo Zeolita

ESTIMACIÓN	I/P [kg/tCuFd]	Toneladas cobre [tCuFd]	Consumo Zeolita [kg]	Precio Zeolita [US\$/kg]	Gasto Anual [US\$]
Actual	2,18	53.160	115.889	1,28	148.338
Propuesta	0,7	53.160	78.677	1,28	37.212
OPTIMIZACIÓN			67.827		100.707

Fuente: Elaboración propia.

Al observar ambos indicadores, existe una brecha considerable entre el actual y el obtenido de la regresión lineal, lo cual debe ser corregido, porque el promedio de consumo de los últimos cuatro años es de 0,67 [kg zeolita/tCuFd], nunca ha llegado a valores de 2,18 [kg zeolita/tCuFd].

6.5. Propuestas para optimizar Acondicionadores

En los acondicionadores, las oportunidades para mejorar son limitadas al igual que en el caso de los reactivos, sin embargo, con las relaciones encontradas entre el consumo y las toneladas de cobre fino depositadas, se puede realizar una adecuación a los indicadores de productividad actuales que se manejan para realizar los presupuestos. Dicho esto, las propuestas que se plantearon para optimizar este material son:

Tabla 38: Propuestas para Optimizar Consumo Aditivos

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Diluyente	Actualizar I/P para determinar consumo de Diluyente.	Utilizar regresión que muestra la relación entre las toneladas de diluyente y las toneladas de cobre depositadas.	M3 consumidos acorga. Toneladas cobre depositadas. Volumen PLS.	Kg diluyente/tCuFd
Quillaja	Actualizar I/P para determinar consumo de Quillaja.	Utilizar regresión que muestra la relación entre las toneladas de quillaja y las toneladas cobre depositadas.	M3 consumidos sulfato. Toneladas cobre depositadas. Volumen electrolito. Concentración cobre en electrolito.	Kg quillaja/tCuFd

Fuente: Elaboración propia.

6.5.1. Actualizar Indicador de Productividad Diluyente

En el análisis realizado para establecer el consumo de acorga, se explicó las condiciones que se deben cumplir para llevar a cabo la actividad extracción por solventes, lo que incluye cubrir la tasa de reposición de 100 [m3] entre extractante y diluyente.

De acuerdo a las tablas realizadas para calcular la tasa de reposición para distintas cantidades de acorga y diluyente y el beneficio que se puede obtener (Ver Anexo 10: Tablas de Reposición Volumen y Beneficio Extracción por Solventes) se determinó como propuesta utilizar un I/P de acorga de 2,4 [kg/tCuFd], lo que condiciona a utilizar en diluyente 16 [kg/tCuFd] para agregar al proceso los 100 [m3] que se pierden mensualmente. Si no existiera esta condicionante se podría utilizar un indicador de diluyente menor, como el que se obtuvo producto de la regresión lineal:

Tabla 39: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Diluyente

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	$\text{Kg diluyente} = 6,1969 \cdot \text{tCuFd} + 307.954$
Toneladas cobre fino depositadas [tCuFd]	53.160
Diluyente [ton]	638
I/P [kg/tCuFd]	12

Fuente: Elaboración propia.

El I/P que se obtiene de la regresión lineal es de 12 [kg/tCuFd] pero con este valor solo se reponen 80,3 [m3] lo cual no cubre las pérdidas del proceso, es por esto que se propone el I/P de 16 [kg/tCuFd]. Los resultados obtenidos con el I/P actual y el propuesto son los siguientes:

Tabla 40: Comparación Consumo Diluyente

ESTIMACIÓN	I/P [kg/tCuFd]	Toneladas cobre [tCuFd]	Consumo Diluyente [kg]	Precio Diluyente [US\$/ton]	Gasto Anual [US\$]
Actual	15	53.160	797.402	1437,89	1.146.577
Propuesta	16	53.160	850.563	1437,89	1.223.015
Aumento			53.160		76.438

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la Quillaja como se puede verificar en la Tabla 41: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Quillaja y Tabla 42: Comparación Consumo Quillaja que el indicador actual y el obtenido de la regresión son muy parecidos, esto quiere decir que la relación establecida para el consumo de quillaja es confiable.

Tabla 41: Resultados obtenidos con Regresión Lineal Quillaja

ÍTEM	VALOR
Regresión utilizada	lb quillaja=0,0028*tCuFd-126,59
Toneladas cobre fino depositadas [tCuFd]	53.160
Quillaja [lb]	48.907
I/P [lb/tCuFd]	0,92

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos entre utilizar el actual indicador de consumo de quillaja y el propuesto se puede a ver a continuación:

Tabla 42: Comparación Consumo Quillaja

ESTIMACIÓN	I/P [lb/tCuFd]	Toneladas cobre [tCuFd]	Consumo Quillaja [lb]	Precio Quillaja [US\$/lb]	Gasto Anual [US\$]
Actual	1,1	53.160	58.476	10,8	631.543
Propuesta	0,92	53.160	48.907	10,8	528.199
OPTIMIZACIÓN			9.569		103.343

Fuente: Elaboración propia.

El detalle de los flujos del consumo para ambos acondicionadores se encuentra en el Anexo 12: Flujos Consumo Acondicionadores.

6.6. Propuestas para optimizar Energía

La energía es uno de los ítems de costo que más gasto representa dentro de la estructura de costos de la gerencia. Dentro de las actividades que consumen este recurso, aquella que tiene el mayor gasto es la electroobtención, con más del 55% del gasto total, pero como se vio en el capítulo

anterior en la mayoría de las actividades existe la utilización de energía para llevar a cabo sus operaciones.

Con la finalidad de realizar una estimación más certera del consumo de energía eléctrica para el próximo año, se desarrollarán propuestas en base a las relaciones obtenidas en el capítulo anterior para cada una de las actividades.

Además de adecuar los indicadores para una mejor estimación de gastos, se entregarán propuestas que ayudarían a disminuir el consumo eléctrico de la actividad electroobtención. Estas ideas adicionales se realizaron específicamente para la planta de electroobtención, porque es aquí donde se concentra la mayoría del gasto por concepto de energía y al disminuir el consumo impactaría en mayor medida en el gasto total de la gerencia y por ende en el costo unitario.

Dicho lo anterior, las oportunidades asociadas al consumo de energía eléctrica se encuentran resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 43: Propuestas para Optimizar Consumo Energía Eléctrica

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR		INDICADORES DE SEGUIMIENTO	INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?		
Energía Eléctrica	Adecuar I/P para determinar consumo de Energía en las actividades de Chancado primario, Chancado PTMP, Apilamiento, Lixiviación, Remoción ripios, Extracción por Solventes y Electrodeposición.	Utilizar regresión que muestra la relación entre el consumo de energía y las toneladas de cobre depositadas.	MWh consumidas por cada actividad. Toneladas de mineral seco. Toneladas de cobre depositado.	MWh/movimiento de la actividad Movimiento actividad: TMS, tCuFd.
Energía Eléctrica	Utilizar herramientas para detección de cortocircuitos.	Evaluar distintas herramientas que ayuden a detectar cortocircuitos en la planta electroobtención.	Cortocircuitos detectados. Cortocircuitos no detectados. TMS tCuFd	Cortocircuitos detectados/ Cortocircuitos totales.

Fuente: Elaboración propia.

6.6.1. Adecuar Indicadores de Productividad Energía Eléctrica

En general los resultados del consumo de energía eléctrica utilizando las regresiones lineales para las relaciones establecidas de cada actividad, fueron muy cercanos al utilizar los indicadores actuales con los que trabaja la gerencia.

Tabla 44: Comparación Indicadores Productividad Energía Eléctrica

Actividad	I/P Actual	I/P Propuesta	Diferencia Anual [US\$]
Chancado Primario	0,0004 [MWh/TMS]	0,00031 [MWh/TMS]	43.933
Chancado PTMP	0,00186 [MWh/TMS]	0,0018 [MWh/TMS]	30.984
Apilamiento	0,000207 [MWh/TMS]	0,000207 [MWh/TMS]	0
Lixiviación	144,7 [MWh/días-mes]	0,0053 [MWh/TMS]	-7.705
Remoción de Ripios	0,00129 [MWh/TMS]	0,0013 [MWh/TMS]	-3.864
Extracción por Solventes	0,0487 [MWh/tCuFd]	0,05 [MWh/tCuFd]	-3.403
Electroobtención	2,057 [MWh/tCuFd]	2,044 [MWh/tCuFd]	35.071
BENEFICIO			95.014

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se muestran los indicadores de productividad que se ocupan actualmente y los obtenidos, resultado de las regresiones lineales de las relaciones de consumo para cada una de las actividades. Luego, donde aparece la diferencia anual, los resultados positivos se deben a que al utilizar el indicador propuesto se obtiene un beneficio, sin embargo, en aquellos que es negativo es porque al utilizar el indicador propuesto se produciría un aumento en el gasto por energía eléctrica en dicha actividad.

Sin embargo, para ambos casos, en el que el indicador de productividad obtenido al utilizar la regresión fue mayor o menor que el actual, se propone utilizar los obtenidos de las relaciones, ya que, éstas fueron realizadas al analizar los datos históricos de consumo y las regresiones establecidas tuvieron un mínimo de error.

El detalle de los flujos para el consumo de energía por actividad, se encuentra en el Anexo 13: Flujos Consumo Energía.

6.6.2. Adecuar Indicadores de Productividad Potencia Eléctrica

Respecto a la potencia eléctrica, el gasto de ésta no debiese depender de los factores causales que se determinaron para el consumo de energía eléctrica, ya que, se trabaja por potencia

instalada. Potencia instalada quiere decir, que independiente de si aumentan o disminuyen las toneladas de mineral seco, el depósito de cobre, etc., el gasto por este ítem siempre será el mismo, es decir, es constante de acuerdo a lo que contrató.

Sin embargo, actualmente se presupuestó un consumo por ítem de potencia eléctrica en base a las toneladas de mineral o las toneladas de cobre depositado, según corresponda a cada actividad. Estimar en consumo en base a estos factores causales es incurrir en un error, el cual es estimar un consumo y por ende un gasto menor al que será en la realidad. Si bien, la producción será menor para el próximo año, se pagará la misma cantidad por concepto de potencia, por lo tanto, al presupuestar bajo concepto I/P existirá en déficit en el gasto del año.

6.6.3. Herramientas para Detección de Cortocircuitos

Como se ha mencionado anteriormente, la planta de Electroobtención es aquella que más consume energía eléctrica para llevar a cabo sus operaciones, parte de este consumo se debe a los cortocircuitos, que agrupan el 5% de los gastos asociados a este ítem de costo.

Los cortocircuitos se generan por el contacto entre ánodo y cátodo, lo que provoca que un exceso de corriente pase entre éstos y aumente su temperatura. Además de existir un consumo extra de energía eléctrica, también se produce un depósito heterogéneo afectando directamente la calidad de los cátodos producidos.

Al existir un exceso de corriente deriva en una densidad de corriente excesiva en ciertos electrodos, es decir, que sea dispareja entre éstos, razón por la cual se deposita más cobre en ciertas partes del cátodo, existiendo una dispersión de peso entre uno y otro, al mismo tiempo que una baja calidad.

Para reducir ese delta extra de energía eléctrica que se consume producto de los cortocircuitos y evitar que disminuya la calidad catódica, es que se propone utilizar herramientas que permitan la detección a tiempo de los cortocircuitos.

La forma en que se realiza la tarea de detección de cortocircuitos actualmente en la planta de electroobtención, es mediante la observación de los operadores. Una vez que se comienza con el proceso de electrodeposición, se espera 24 horas para realizar la inspección mediante el uso de grúa liviana, en la que el puente grúa levanta una lingada de cátodos, al mismo tiempo que se mantiene suspendida la lingada, un operador camina muy cerca de ésta identificando la existencia de cortocircuitos, si detecta alguno lo elimina manualmente, separando el contacto existente entre cátodo y ánodo. Esta inspección se hace sólo a las 24 horas de cosecha, siendo que la cosecha total dura alrededor de los 7 días, tiempo en el cual también se pueden generar cortocircuitos.

Al utilizar tecnologías que han ido saliendo al mercado especializadas en la detección de cortes, se podría aumentar la eficiencia de esta tarea, debido a que se detectarían en menor tiempo los cortocircuitos, además de ser detectados aquellos que no pueden ser percibidos por la visión del operador.

Existen distintas herramientas actualmente en el mercado que permiten facilitar esta actividad, entre ellas, el uso de cámaras termográficas las cuales detectan las altas temperaturas en los electrolitos. Existen cámaras termográficas fijas y portátiles, pero para este trabajo se evaluará solo el uso de cámaras portátiles, ya que, de esta manera el operador puede llevarla consigo para realizar la inspección de cortocircuito. Si se utilizaran cámaras fijas, se tendrían que instalar en las vigas de la nave, desde donde los datos son enviados a la sala de control, donde detectan el

cortocircuito y recién en ese minuto el operador se dirige a la celda donde está ocurriendo este problema y verifica con un termómetro láser la existencia o no del cortocircuito para eliminarlo, este procedimiento tarda más que revisar las lingadas de cátodos personalmente, además es compleja su implementación y mayor inversión que utilizar las cámaras móviles.

En el mercado existen distintos modelos de cámaras termográficas móviles, con diferentes características pero muy similares una de otra. Para seleccionar la cámara que se evaluará económicamente se tomó como referencia aquella que tenía menor costo según las cotizaciones realizadas y que al mismo tiempo cumplía con las características técnicas para llevar a cabo la detección de los cortocircuitos.

A continuación se muestra una imagen de una cámara termográfica portátil



Ilustración 45: Cámara Termográfica portátil
Fuente: (Nivelatermografía, 2012)

Para realizar la estimación del beneficio que significaría utilizar estas cámaras en la planta de electrodeposición, es necesario determinar el gasto de inversión, el cual incluye el valor de la cámara, el software que se requiere para utilizarla y el curso que realiza la empresa que vende las cámaras a los operadores de la planta, además de la puesta en marcha de esta herramienta. Las cotizaciones realizadas en dos empresas y para dos modelos de cámaras, se encuentran en el Anexo 14: Cotización Cámaras Termográficas Móviles.

De acuerdo a las cotizaciones realizadas, se decidió optar por la cámara marca Keysight modelo U5856A, que distribuye la empresa Avantec S.A, porque representa menor inversión y las características son similares a las cámaras cotizadas en la empresa Colvin y Cia. Ltda., y para el escenario complejo que se está presentando en la gerencia, mientras menos inversión se requiera para optimizar los gastos operacionales es mejor.

En la Tabla 45: Flujo de caja Cámaras Termográficas, se muestra el detalle del flujo de caja para llevar a cabo esta propuesta.

Tabla 45: Flujo de caja Cámaras Termográficas

ÍTEM	0	1
Inversión	9.420	
Ingresos		161.628
Mantenición		471
Utilidad operacional [US\$]		161.157
Depreciación		4.710
Utilidad antes impuestos [USD]		156.447
Impuestos		32.854
Utilidad después impuestos [USD]		123.593
Depreciación		4.710
Flujo Neto [US\$]	-9.420	128.303
Flujo Caja Acumulado [US\$]	-9.420	118.883

Fuente: Elaboración propia.

La inversión total corresponde al costo de dos cámaras termográficas, así en caso que falle una se tiene de respaldo otra unidad para asegurar continuidad operacional. Con respecto al valor por mantención, este se estimó como el 5% de la inversión, debido a que las cámaras no necesitan mayor mantención, sólo calibración en caso que se desconfiguren según indicaciones del encargado de ventas de la empresa. La evaluación se realizó para el periodo de un año porque hasta el momento no existe certeza de continuidad operacional por un periodo mayor. En cuanto al ingreso, este se calculó en base al 3% que se podría ahorrar en consumo eléctrico, en base al gasto que significa.

Con los flujos de caja desarrollados, se procedió a calcular los principales indicadores económicos; los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla 46: Indicadores Económicos Cámaras Termográficas

Indicador	Valor
VAN	93.201 [US\$]
TIR	1162%
IVAN	9,89
PAYBACK	0,08 [año]

Fuente: Elaboración propia.

Con la evaluación económica realizada, se puede justificar esta propuesta y por ende llevarse a cabo el desarrollo la aplicación de ésta en la gerencia. Si bien el beneficio económico al ahorrar energía no es tan significativo, es necesario incluir en esta valorización el ingreso extra por aumentar la calidad de los cátodos producidos y de la disminución del riesgo del operador al estar expuesto un menor tiempo a la neblina ácida que emana de las celdas de electrodeposición.

6.7. Propuestas para optimizar Servicios de Terceros

Como se dijo en el capítulo anterior, para establecer optimizaciones en los servicios de terceros, no se puede realizar mediante el uso de factores causales como en el caso de los materiales e insumos desarrollados anteriormente. Es necesario buscar una forma de llevar a cabo todas las actividades necesarias para dar continuidad operacional pero disminuyendo el gasto que involucra tener externalizados los servicios.

Dicho lo anterior, se modelaron las siguientes propuestas para disminuir el gasto en contratos de empresas colaboradoras.

Tabla 47: Propuestas para optimizar Servicios de Terceros

RECURSO O INSUMO A OPTIMIZAR	PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR	
	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?
Servicios Terceros	Eliminar contratos de servicios innecesarios	Determinar aquellas actividades, tareas, etc. que no se realizarán el próximo año y terminar con los contratos correspondientes.
	Internalizar servicios	Cambiar algunos servicios realizados por terceros para que trabajadores propios los lleven a cabo.
	Optimización por disminución de producción.	Determinar aquellos servicios que dependen directamente de la producción, para negociarlos en base a escenario 2016.
	Controlar servicios realizados por empresas colaboradoras.	Buscar las herramientas que permitan controlar que los trabajos realizados por terceros se ejecuten.

Fuente: Elaboración propia.

6.7.1. Eliminar contratos de servicios innecesarios

El proceso de producción del cobre que se ha llevado a cabo hasta el día del hoy, sufrirá modificaciones desde el próximo año, debido a que no se ejecutarán las actividades de perforación y tronadura. Esto implica que los servicios realizados por empresas colaboradoras ligados a estas actividades, dejarán de ser imprescindibles, por lo tanto, se deberían finalizar dichos servicios a partir del 2016.

La estrategia de eliminar los contratos innecesarios es más bien una obligación, no se puede seguir pagando por servicios que no se llevarán a cabo y dentro de los contratos se encuentra el de "Suministro, montaje y control de elementos de perforación".

Este contrato actual fue adjudicado a la empresa WLS Drilling products S.A desde el 2010 y vence a finales del presente año, entonces es posible eliminar el contrato al no renovarlo por un nuevo periodo. El monto que se está desembolsando para ejecutar este servicio es de US\$547.635 anuales, los cuales se eliminarían del presupuesto para el próximo año.

En cuanto a la actividad de tronadura, existe un contrato el cual abastece de los explosivos necesarios para realizar esta operación, el cual tiene adjudicado actualmente la empresa Enaex Servicios S.A. Este contrato tiene un monto de US\$228.012 al año. Como la actividad tronadura tampoco se seguirá realizando desde el próximo año, se puede discontinuar este contrato. Si bien, este tiene como fecha de término Abril del 2016, cuenta con una cláusula que se puede dar término anticipado al contrato si no hay continuidad de la actividad, en este caso la tronadura, por lo tanto, no debería existir problema en dejarlo sólo hasta diciembre del presente año.

Otro servicio que debería optimizarse es el correspondiente al tratamiento de los polvos de fundición, el cual está a cargo de la empresa Ecometales Limited. La GEL ha estado tratando los polvos de la gerencia de fundición y obteniendo un beneficio en producción al tratarlos, sin embargo, llevar a cabo este proceso ha significado un alto gasto en servicios de terceros, pero como estrategia para el próximo año, se podría traspasar el contrato a la gerencia de fundición y que el beneficio en cobre quedase para esa gerencia. Es decir, que la GEL tratara los polvos, sin embargo, que la Gerencia Fundición pague por dicho servicio y que la misma se quede con el beneficio obtenido del tratamiento de estos polvos.

Si esto se hiciera, de los US\$30.175.262 que se pagan actualmente por el contrato, solo se pagarían US\$16.749.116, esta sería una buena optimización en servicios de terceros. Sin embargo, para que se concrete esta propuesta, se debe determinar si al reducir el gasto en el contrato y quedar sin el cobre que se puede obtener del tratamiento, es más lucrativo que quedarse con el contrato completo y con el cobre.

Con estas propuestas se podrían optimizar US\$14.201.793 para el año 2016.

6.7.2. Internalizar servicios

Con el escenario que se está presentando a nivel nacional en el mercado de la minería del cobre, es fundamental aumentar la productividad mediante el uso eficiente de los recursos, en este caso el recurso humano con el que se cuenta.

Por ende, una de las propuestas que se cree podría disminuir el gasto en servicios de terceros y optimizar el presupuesto para el próximo año, es internalizar servicios, esto quiere decir que algunas tareas realizadas actualmente por terceros sean ejecutadas por la dotación propia, de esta forma se podría eliminar el contrato que involucran dichas actividades.

Si bien, esta opción resulta sencilla de decir, no lo es en la práctica porque no se puede llegar y traspasar las tareas a los trabajadores propios, ya que, quizás éstos no tienen la expertiz suficiente para realizarlas y/o porque ya realizan una gran cantidad de tareas y al darles más tareas, tendrían una gran carga laboral.

Dentro de los contratos se detectaron dos servicios que podrían internalizarse sin tener los problemas mencionados en el párrafo anterior, por una parte, el servicio de “Gestión Integral de Riesgos profesionales y Salud ocupacional” de la empresa Bureau Veritas y el servicio de “Recuperación y tratamiento de la fase orgánica”, el cual lo tiene adjudicado la empresa Tec-Ionic Services.

Respecto al servicio que entrega la empresa Bureau Veritas, éste podría eliminarse por ser un contrato innecesario para el próximo año tomando en cuenta el escenario que se está presentando pero también por la parte de que las tareas que realizan los profesionales (prevencionistas de riesgos) del contrato pueden ser realizadas por los prevencionistas propios. Es por esto, que se decide dejar este servicio como parte de la propuesta de internalizar servicios.

El contrato de “Gestión Integral de Riesgos profesionales y Salud ocupacional” tiene un monto anual de US\$484.216.

El segundo contrato correspondiente al servicio de “Recuperación y tratamiento de la fase orgánica” tiene un costo de US\$672.000, este se podría internalizar puesto que los trabajadores propios del área extracción por solventes (área donde se ejecuta el servicio) ya realizan estas

labores, lo que realizan los profesionales del contrato de la empresa colaboradora, es apoyar las funciones, sin embargo, se puede realizar solo con los trabajadores propios y eliminar el contrato.

Entre ambos contratos se puede disminuir el gasto por servicios de terceros en más de US\$1.000.000.

6.7.3. Optimización por disminución de producción

Muchos de los servicios se licitaron en años anteriores cuando la producción era incluso el doble de lo que se tiene proyectado para el año 2016, por lo que los montos que fijaron las empresas que concursaron son muy altos para los trabajos que tienen que realizar actualmente. Sin embargo, no todos los servicios dependen de la variación en la producción, algunos llevan a cabo las mismas labores con una mayor o menor producción, pero existen otros, que sí deberían utilizar menos recursos para llevar a cabo el servicio, ya que, la producción va en disminución.

Contratos que si deberían optimizarse en base a la variable producción son el servicio de “Aseo industrial tecnificado” de la empresa Anmar S.A, “Manejo y preparación de cátodos para embarque” que su ejecución está a cargo de la empresa Socoal Ltda. y los servicios de movimiento de tierra, tanto de la mina como de la planta que realizan actualmente las empresas Trepsa S.A y Emelec respectivamente.

La producción para el 2016 en comparación al 2015, disminuirá en un 30% aproximadamente, por ende se propone negociar los servicios de aseo industrial y el de manejo y preparación de cátodos para embarque por un monto menor en ese porcentaje. Esto se justifica en que, se deberá limpiar menos, habrá menos basura, habrá menos cátodos que preparar para embarque, por lo tanto, se puede realizar con menor cantidad de personas las labores, con menor utilización de equipos lo que al mismo tiempo disminuye el consumo de combustible para esos equipos, etc.

El contrato actual de Anmar es por un monto no menor de US\$7.920.000 y el Socoal por US\$3.144.00, ambos contratos tienen una vigencia hasta Diciembre del 2015, por lo que se puede negociar por una continuidad para que las mismas empresas realicen los servicios pero con 30% de gasto menos, o en caso, de que no se llegue a acuerdo enviar los servicios a licitación para que postulen otras empresas.

La optimización de estos servicios no se puede realizar en directa proporción con la reducción de la producción, ya que, sus labores no sólo dependen de esta variable. En el caso de estos servicios, éstos deberán utilizar menos equipos, porque habrá menos mineral que mover, que llevar a stocks, etc., si bien, al movimiento de tierra disminuye para el 2016, éste no disminuye tanto como la producción, solo habrá un 10% menos de movimiento tierra. Entonces como propuesta para estos servicios que dependen del movimiento tierra habría que disminuir en un 10% cada uno de los contratos.

Los montos actuales de los contratos son US\$4.090.068 en el que corresponde a la mina y de US\$3.900.000 en el de la planta. Si ambos se redujeran en un 10%, se podría reducir el gasto de estos servicios en US\$800.000, lo cual no deja de ser considerable.

6.7.4. Control a Servicios de Terceros

Es de suma importancia que los servicios que se adjudicaron a empresas colaboradoras realmente se ejecuten, de cada uno de ellos depende que todas las actividades se lleven a cabo de la mejor manera para que haya continuidad operacional.

Sin embargo, actualmente existe muy poco control a los trabajos realizados por terceros, prácticamente se confía en que los trabajos fueron realizados. La única forma que se regula en cierta medida el cumplimiento de los servicios de terceros es en el momento que se realizan los estados de pago (mensual) que se piden los informes correspondientes con las notas por KPI, los indicadores de seguridad y en algunos casos si se ha cumplido con la disponibilidad de equipos, sin embargo, esos informes son realizados por el los administradores de cada contrato sin tener la certeza de que los trabajos se realizaron.

Algunos contratos se encuentran ligados a la nota por KPI y en caso que no se cumplan los rangos establecidos se puede descontar una cierta cantidad de dinero en los estados de pagos mensuales. Si se tuviese un mayor control de las labores que deben ejecutar las distintas empresas colaboradoras, se podría optar por descontar mensualmente por aquello que no se realizó o tener registro de que no se ejecutó una tarea y en caso contrario tener registro de que los servicios si se llevaron a cabo.

Tener registro de cualquier tarea, servicio, etc. es trascendental a la hora de que exista algún inconveniente, accidente, problema en el proceso, porque se tendrán pruebas de qué no se hizo, por qué y quiénes son los responsables.

Por estas razones es que se propone, más que como una opción para disminuir los gastos operacionales como una alternativa que asegure el cumplimiento de los servicios y que se pague por lo que realmente se estipuló en los contratos.

Para llevar a cabo este control se propone lo siguiente:

- Establecer una persona por actividad que se encargue de controlar que los servicios que se deberían ejecutar en el área.
- Cada persona a cargo, debe fotografiar aquellas tareas que se realizan y de aquellas que no se están cumpliendo.
- Llevar registro mensual de los servicios realizados o que no se ejecutaron.
- Entregar los registros mensuales para realizar los estados de pago en relación a los servicios ejecutados.
- Tomar medidas para remediar trabajos no realizados.

Si bien, éstas parecen ser medidas básicas y sin mayor incidencia, son medidas claves para que los trabajadores de empresas colaboradoras ejecuten cada una de las labores contratadas, sin embargo, al estar controlados tendrán una presión extra para que realicen su trabajo, en el caso que no las estén cumpliendo.

7. Comparación de Resultados Obtenidos

Para visualizar de forma más clara cómo impactan las propuestas establecidas, es que se aplicaron en el modelo de negocios actual de la gerencia las optimizaciones que se podrían aplicar para realizar el presupuesto del próximo año, esto se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 48: Presupuesto 2016 sin propuestas

	2015	2016
Remuneraciones (MUS\$)	47,65	49,10
Materiales (MUS\$)	70,53	66,82
Ácido Sulfúrico	32,03	27,36
Neumáticos	5,14	5,77
Acorga	2,28	1,95
Sulfato Cobalto	0,43	0,38
Zeolita	0,17	0,15
Diluyente	0,74	1,15
Quillaja	0,41	0,63
Otros	29,33	29,44
Combustible (MUS\$)	8,76	11,24
Petróleo Diésel	8,73	11,21
Gasolina	0,03	0,03
Energía (MUS\$)	35,29	29,86
Energía Eléctrica	17,03	14,42
Potencia Eléctrica	17,99	15,44
Energía Renovable	0,27	-
Servicios Terceros (MUS\$)	90,07	77,17
Otros Servicios (MUS\$)	2,31	2,26
Costos Transferidos (MUS\$)	70,55	63,78
Gasto (MUS\$)	325,16	300,23
Producción Anual (tCuf)	81.685	68.070
<i>Costo Unitario (¢/lb) Sin depreciación y amortización</i>	180,56	200,06
<i>Depreciación y Amortización</i>	35,18	49,61
Costo Unitario (¢/lb) Con depreciación y amortización	200,09	233,12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Presupuesto 2016 con propuestas

	2015	2016
Remuneraciones (MUS\$)	47,65	49,10
Materiales (MUS\$)	70,53	63,21
Ácido Sulfúrico	32,03	25,87
Neumáticos	5,14	4,20
Acorga	2,28	1,56
Sulfato Cobalto	0,43	0,35
Zeolita	0,17	0,05
Diluyente	0,74	1,22
Quillaja	0,41	0,52
Otros	29,33	29,44
Combustible (MUS\$)	8,76	10,54
Petróleo Diésel	8,73	10,51
Gasolina	0,03	0,03
Energía (MUS\$)	35,29	29,76
Energía Eléctrica	17,03	14,32
Potencia Eléctrica	17,99	15,44
Energía Renovable	0,27	
Servicios Terceros (MUS\$)	90,07	73,91
Otros Servicios (MUS\$)	2,31	2,26
Costos Transferidos (MUS\$)	70,55	63,78
Gasto (MUS\$)	325,16	292,56
Producción Anual (tCuf)	81.685	68.070
<i>Costo Unitario (¢/lb) Sin depreciación y amortización</i>	180,56	194,95
<i>Depreciación y Amortización</i>	35,18	49,61
Costo Unitario (¢/lb) Con depreciación y amortización	200,09	228,01

Fuente: Elaboración propia.

La primera tabla muestra el presupuesto 2016 sin aplicar las propuestas desarrolladas en este trabajo, mientras que en la segunda tabla cómo quedaría el presupuesto para el mismo periodo si se tomaran en consideración las optimizaciones para cada uno de los ítems analizados en los capítulos anteriores. Como se puede ver el costo unitario (con propuestas) es más bajo en más de 5 centavos de dólar por libra de cobre, lo cual puede pensarse que es una disminución insignificante, pero si esos 5 centavos se multiplican por la producción total significaría mucho dinero, además cada centavo cuenta para estar por debajo del precio del cobre al que se ha estado tranzando durante los últimos meses.

A modo de comparación, se realizó la siguiente tabla que muestra el presupuesto 2016 sin propuestas y con propuestas, mostrando el porcentaje de optimización logrado para clase de costo.

Tabla 50: Comparación Presupuesto 2016

	2016 Sin Propuestas	2016 Con Propuestas	Porcentaje Optimización
Remuneraciones (MUS\$)	49,1	49,10	-
Materiales (MUS\$)	66,82	63,21	5,40%
Ácido Sulfúrico	27,36	25,87	5,45%
Neumáticos	5,77	4,20	27,21%
Acorga	1,95	1,56	20,00%
Sulfato Cobalto	0,38	0,35	7,89%
Zeolita	0,15	0,05	66,67%
Diluyente	1,15	1,22	6,09%
Quillaja	0,63	0,52	17,46%
Otros	29,44	29,44	-
Combustible (MUS\$)	11,24	10,54	6,23%
Petróleo Diésel	11,21	10,51	0,06
Gasolina	0,03	0,03	-
Energía (MUS\$)	29,86	29,76	0,33%
Energía Eléctrica	14,42	14,32	0,69%
Potencia Eléctrica	15,44	15,44	-
Energía Renovable	-	-	-
Servicios Terceros (MUS\$)	77,17	73,91	4,22%
Otros Servicios (MUS\$)	2,26	2,26	-
Costos Transferidos (MUS\$)	63,78	63,78	-
Gasto (MUS\$)	300,23	292,56	2,55%
Producción Anual (tCuf)	68.070	68.070	-
<i>Costo Unitario (¢/lb) Sin depreciación y amortización</i>	200,06	194,95	2,55%
<i>Depreciación y Amortización</i>	49,61	49,61	-
Costo Unitario (¢/lb) Con depreciación y amortización	233,12	228,01	2,19%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 50: Comparación Presupuesto 2016, donde se logró una mayor optimización es en la clase de costo combustible, esto se debe principalmente a la adecuación del indicador operacional de petróleo diésel de los camiones de extracción, luego en servicios de terceros, también se logró optimizar un 4,22% con las propuestas establecidas para los contratos con empresas colaboradoras, en materiales se lograría disminuir en un 3,12% los costos y donde no se obtuvo una gran disminución del gasto es en la energía eléctrica, ya que, según los resultados obtenidos de las progresiones de datos históricos, los indicadores operacionales utilizados actualmente por la gerencia para estimar el consumo de este insumo, representan muy bien la realidad, por lo que no hubo una gran modificación de éstos.

Para el caso del diluyente, aparece en rojo, porque la estrategia utilizada para disminuir el gasto en la extracción por solventes consideraba aumentar el consumo de diluyente, por lo tanto, en vez de bajar el gasto de este insumo, aumenta en un 6,09%.

8. Análisis de Sensibilidad de Insumos Claves

Si bien al tener un modelo con el que se pueden estimar los costos operacionales de forma más certera al establecer un determinado factor causal que influye en el consumo de éstos, es necesario tomar en cuenta otra variable, esto es, la variación de los precios de los insumos claves y así saber cuánto influyen en el costo unitario de producción.

Al tomar en cuenta la variación de los precios de los insumos más relevantes para el proceso, se tendrán diferentes escenarios que se podrían desarrollar para el mismo periodo de tiempo, ya que, a medida que pasa el año el presupuesto se va ajustando según cambian estos precios.

Para realizar esta variación, se considerará una variación de un 30% del precio de los insumos bajo y sobre el precio actual con el que se realizaron las estimaciones.

En este análisis de sensibilidad se considerará el precio del petróleo diésel, neumáticos, ácido sulfúrico, extractante acorga y energía eléctrica, ya que, estos insumos son los que mayor precio unitario tienen y por ende afectarían en mayor medida el costo unitario de producción en caso de que sufrieran variación.

Tabla 51: Análisis Sensibilidad Insumos Claves

	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Petróleo	0,00%	0,13%	0,25%	0,38%	0,51%	0,65%	0,78%
Neumáticos	0,00%	0,06%	0,12%	0,18%	0,25%	0,30%	0,37%
Ácido Sulfúrico	0,00%	0,38%	0,75%	1,13%	1,51%	1,88%	2,26%
Acorga	0,00%	0,04%	0,07%	0,10%	0,14%	0,17%	0,20%
Energía Eléctrica	0,00%	0,21%	0,42%	0,63%	0,84%	1,05%	1,26%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en los resultados de la Tabla 51: Análisis Sensibilidad Insumos Claves aquel insumo que afecta en mayor medida el costo unitario de producción es el ácido sulfúrico, le sigue el precio de la energía eléctrica y ya en menor porcentaje el petróleo, los neumáticos y el reactivo acorga.

Los valores para porcentajes menores a 0%, son simétricos negativos, es decir, que el precio unitario disminuiría en la misma proporción que aumentaría de acuerdo a los precios de los insumos calculados en la tabla anterior.

9. Conclusiones y Recomendaciones

En este trabajo de título se analizaron las distintas actividades que conforman el proceso de producción del cobre oxidado y los costos operacionales en los que se incurre para llevar a cabo cada una de estas actividades, los cuales, mediante la aplicación de Costeo ABC o por actividades se adecuaron para realizar una estimación de gastos para el escenario del bajo precio del cobre y agotamiento del recurso mineral, que comenzará a vivir la Gerencia de Extracción y Lixiviación desde el año 2016.

Se comenzó realizando un diagnóstico de la situación actual en la que se definió cada una de las actividades que forman parte del proceso de producción, se realizó una distribución de los gastos operacionales determinando las actividades que agrupan mayor porcentaje de éstos, siendo las principales, Lixiviación (26,6%), Mantenimiento Planta (15,9%), Electroobtención (14,3%) y Transporte (10,5%).

Luego, mediante la aplicación de un Diagrama de Pareto, se identificaron aquellos costos operacionales que tienen mayor incidencia en el presupuesto de Gerencia de Extracción y Lixiviación, siendo éstos, servicios de terceros, ácido sulfúrico, energía eléctrica, petróleo diésel, neumáticos, reactivos y acondicionadores.

El diagnóstico de la situación actual permitió visualizar en forma clara las actividades y los costos operacionales más relevantes asociados a éstas, y por ende, conocer dónde se podía optimizar para lograr un impacto mayor en la problemática al disminuir el costo unitario de producción.

Con la situación actual clara, se aplicaron los conceptos que sustentan el Costeo ABC, estableciendo un factor causal (cost-driver) que determinara el comportamiento de consumo de cada uno de los insumos (energía, materiales de operación, etc.). Los factores causales identificados fueron: toneladas-kilómetros, horas efectivas, toneladas mineral seco y toneladas cobre fino depositado, con los cuales se obtuvieron funciones de consumo para el ácido sulfúrico, energía eléctrica, petróleo, neumáticos, acorga, diluyente, quillaja, zeolita y sulfato de cobalto.

El determinar funciones que muestran el comportamiento de consumo de insumos y el uso de éstas, permite desarrollar un modelo para estimar los costos en forma estandarizada no solo para el año 2016, sino para cualquier periodo y optimizar la gestión de éstos, lo cual no se realiza actualmente en la gerencia para realizar presupuesto. Esta es una de las ventajas al utilizar un costeo por actividades y no el sistema tradicional contable.

Con las funciones definidas para cada insumo, se propuso adecuar los indicadores de productividad que utiliza la gerencia para estimar el gasto de éstos para el próximo año, obteniendo una reducción en el gasto anual en un 2,55% (MUS\$7,67) y al mismo tiempo impactando en el costo unitario de producción (con amortización y depreciación) disminuyéndolo en 5,11 puntos, de 233,12 ¢/lb a 228,01 ¢/lb, lo cual está bajo el precio del cobre proyectado para el próximo año de 277 ¢/lb.

Las optimizaciones logradas para cada ítem de costo fueron: zeolita 66,67% (MUS\$0,1), neumáticos 27,21% (MUS\$1,57), acorga 20% (MUS\$0,39), quillaja 17,46% (MUS\$0,11), sulfato de cobalto 7,89% (MUS\$0,03), ácido sulfúrico 5,45% (MUS\$1,49), servicio de terceros 4,22% (MUS\$3,26), energía 0,69% (MUS\$0,1) y petróleo 0,69% (MUS\$0,7), en el caso del diluyente el gasto aumentó en 6,09% (MUS\$0,07) por la estrategia que se utilizó para disminuir el consumo de acorga que es un insumo más caro que el diluyente y poder mantener la pérdida operacional de volumen en la actividad de extracción por solventes.

Para complementar el modelo de estimación de costos se realizó un análisis de sensibilidad para determinar el impacto de la variación del precio de los insumos claves en el costo unitario de producción, de esta forma se puede estar preparado para enfrentar diferentes escenarios para el caso que suban o bajen los precios de los insumos. La variabilidad del precio el insumo que más impacta en el costo unitario es el del ácido sulfúrico, luego el de la energía eléctrica, petróleo diésel, neumáticos y finalmente el reactivo acorga.

En base al análisis realizado a lo largo de este trabajo de título, respecto de las actividades que se llevan a cabo en la Gerencia de Extracción y Lixiviación y los costos operacionales asociados a cada una de éstas, se puede decir que, el utilizar el Costeo por actividades es una herramienta útil para realizar estimación y gestión de costos operacionales, ya que, al aplicar el concepto de factores causales para determinar los consumos de los distintos insumos, permite calcular el gasto de forma más precisa al utilizar los indicadores operacionales constantes con los que se trabaja actualmente en la gerencia. El poder estimar el gasto a futuro de los insumos de forma precisa, es una ventaja para la gerencia porque apoya en la realización del presupuesto anual con mayor validez, al tener menos error en el cálculo de los costos operacionales.

Para perfeccionar aún más la gestión de costos operacionales y la estimación de presupuestos utilizando Costeo ABC, y así lograr una mayor optimización de los insumos y/o recursos para llevar a cabo el proceso de producción, se recomienda:

- Realizar un control continuo de los factores causales (horas operacionales, toneladas mineral seco y depositado, etc.) que determinan el comportamiento de los insumos tratados en este trabajo.
- Mejorar la calidad de la información registrada del consumo real de cada insumo, para tener claro cuánto se consumió de cada uno de éstos en cualquier periodo que se desee saber, con esto se podrá adecuar aún más lo que se gasta y realizar estimaciones mucho más precisas.
- Agregar más relaciones de consumo para los otros insumos que se utilizan en el proceso de producción de la gerencia, para así aumentar el nivel de precisión de la estimación de costos operacionales y de esta manera tener un modelo de Costeo ABC cada vez más completo.
- Buscar nuevas oportunidades que mejoren cada una de las actividades operacionales para optimizar aún más los recursos utilizados en éstas, como se realizó en el caso de neumáticos con la idea de capacitar a los operarios en una conducción responsable y la comunicación entre ellos, en la mejora de adición de ácido sulfúrico con un cambio en las flautas de los tambores aglomeradores, utilización de nuevas tecnologías en el caso de la detección de cortes en la actividad de electroobtención, etc. al determinar e implementar otras ideas de mejora de procesos se podría reducir aún más los costos operacionales de la gerencia y por ende complementar las optimizaciones que se lograrían al utilizar el costeo por actividades.

La incorporación de las propuestas desarrolladas en este trabajo y recomendaciones descritas anteriormente, permite mejorar la calidad de estimación de costos operacionales de la gerencia y de los presupuestos además de ayudar a llevar un mejor registro de los insumos que realmente se consumen, aportando así, en la detección de puntos estratégicos en dónde se podrían optimizar los gastos adecuándolos a los distintos escenarios en los que se pueda verse inmersa la Gerencia de Extracción y Lixiviación, para que ésta pueda llevar a cabo un proceso de producción rentable.

Anexos

Anexo 1: Clases de Costes

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Remuneraciones	Rol A	600100 RA-Sueldo Base
		600110 RA-Asignación Zo.
		600120 RA-Asign.Antigüedad
		600130 RA-Bono Partic.
		600165 RA-Bono Conv.
		600170 RA-Bono Escolaridad
		600180 RA-Bono Vacaciones
		600190 RA-Asign.y Bonos
		600205 RA-Bono Negoc.Colec.
		600220 RA-Provis.Gratific.
		600230 RA-Provisión I.A
		600240 RA-Leyes Sociales
		600241 RA-Aport.Trab.
		600242 RA-Ap.Patron.Adm.
		600245 RA-Ap Salud,Seg
		600250 RA-Increm.Rem.DL
		600260 RA-Contr.Plazo Fijo
		600270 RA-Seg,cesantía
600275 RA-Cotización Adic Sa		
600285 RA-Seguro Invalidez		

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Remuneraciones	Rol B	600400 RB-Sueldo Base
		600410 RB-Sobretiempo
		600420 RB-Tareas y Trat.
		600430 RB-Asignación Zo.
		600440 RB-Trienios
		600450 RB-Bono Partic.
		600460 RB-Asignación
		600470 RB-Subsidios
		600480 RB-Bono de Gestión
		600490 RB-Bono de Reemp.
		600500 RB-Bono Reduc.Co
		600520 RB-Bono Escolaridad
		600530 RB-Bono Vacaciones
		600540 RB-Vales Alimentación
		600550 RB-Asign.y Bonos
		600552 RB-Bonos Especiales
		600554 RB-Asig Movil
		600556 RB-Asig Consumo
		600560 RB-Bono Faena Co
		600570 RB-Bono Producción
600575 RB-Bono Negoc.		
600580 RB-Provis. Aguinaldo		
		600590 RB-Provis.Gratificación
		600600 RB-Provisión I.A

		600610 RB-Leyes Sociales
		600611 RB-Aport.Trab.
		600612 RB-Ap.Patron.Adm.
		600615 RB-Ap Salud,Seg
		600620 RB-Increm.Rem.DL
		600630 RB-Contr.Plazo F
		600640 RB-Seg,cesantía
		600645 RB-Cotización Adic Sa
		600655 RB-Seguro Invalidez

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Materiales	Materiales de Operación	601000 Elementos de Sondaje
		601010 Explosivos
		601020 Maderas
		601040 Materiales de Sondaje
		601070 Ácido Sulfúrico
		601090 Reactivos
		601100 Acondicionadores
		601110 Colectores
		601120 Espumantes
		601130 Floculantes
		601180 Otros Materiales
		601200 Soldadura, Eléctrica
		601210 Lubricantes
		601220 Neumáticos

		601230 Compon. Baldes y
		601240 Elementos Desgas
		601250 Cables, Acero, M
		601260 Acero Estructura
		601270 Tuberías, Válv.
		601280 Mat.Constr. y Ac
		601290 Envases para Pro
		601300 Materiales Obsol

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Materiales	Repuestos	601500 Reptos. Vías Fér.
		601510 Rep.Eq.Sondaje-P
		601520 Reptos. Compreso
		601530 Repuestos Palas
		601540 Repuestos Eq.Ext
		601550 Reptos Equip.Ser
		601560 Reptos Eq. Conc.
		601570 Reptos Chancad.
		601580 Reptos Correas
		601590 Reptos Equipos F
		601600 Reptos Equipos R
		601610 Reptos Equipos S
		601620 Repuestos en Gen

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Materiales	Otros Materiales	602000 Herramientas
		602010 Material Eléctrico
		602020 Material Laboratorio
		602040 Impl.Seg.-Ropa T
		602050 Medicamentos
		602060 Víveres
		602070 Útiles de Escritorio
		602075 Muebles e Instalac.
		602080 Suminist.Eq.Comp
		602085 Suminis Red Comu
		602090 Equip.Comput. Me
		602095 Software Eq.Comput.
		602100 Mater. Grles Bodega
		602400 Mats.CD Proyecto

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Combustible		604500 Fuel Oil
		604510 Petróleo Diésel
		604530 Gasolina
		604550 Otros Combustibles

Clase de Costes	Subclase	Ítem de Costo
Energía		605000 Energía Eléctrica
		605010 Potencia Eléctrica

		605025 Energía Renovable
--	--	--------------------------

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Servicios Terceros	Mantenión y Reparación	606000 SMyR Ptas.e Inst
		606010 SMyR Vehíc y Eq.
		606020 SMyR Camp.Edif.y
		606030 SMyR Cam.Aduc.y

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Servicios Terceros	Arriendos	606100 Arriendo Vehículos
		606110 Arrdo.Vehíc.y Eq.
		606130 Arrdo Inmuebles

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Servicios Terceros	Movilización y Transporte	606200 Transporte de Co
		606210 Transp.de Personas
		606220 Transp.Mats.y Su

Ítem	Subclase	Clase de Costo
Servicios Terceros	Servicios Varios	606300 Consult.Asoc.a P
		606310 Consult.Asoc.a S
		606320 Consult.Asoc.G.A
		606330 Consult Asoc Adm
		606335 Serv.Estudio
		606360 Serv Apoyo
		606365 Bonos adicionales

		606390 Servicios Tronad.
		606400 Serv.Lubric.Indu
		606410 Serv.Muestreo,Pr
		606430 Serv.Mant.y S.Co
		606440 Serv.Alimen.y Ca.
		606450 Serv.Aseo Industrial
		606460 Serv.Aseo Oficinas
		606470 Serv.Seguridad
		606500 Servicios Varios
		606505 Servs.Profes.N.I

Anexo 2: Distribución de Gastos por Actividad

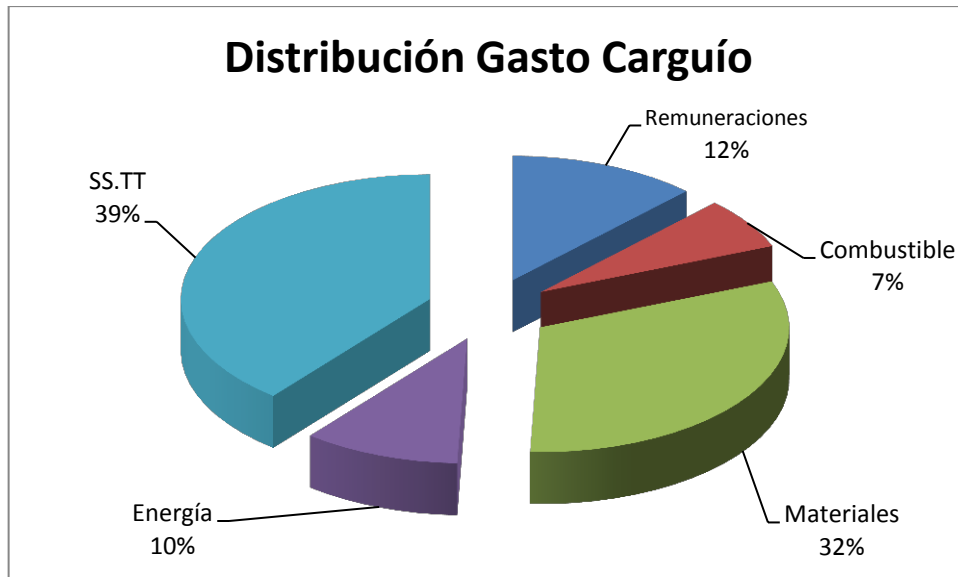


Ilustración 46: Distribución de Gastos Carguío
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

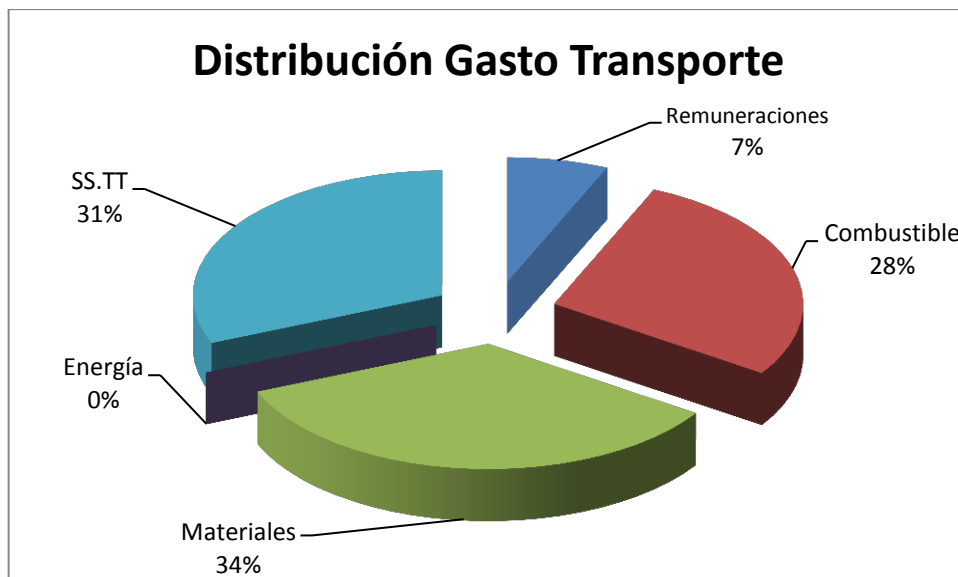


Ilustración 47: Distribución de Gastos Transporte
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Distribución Gasto Equipos Apoyo

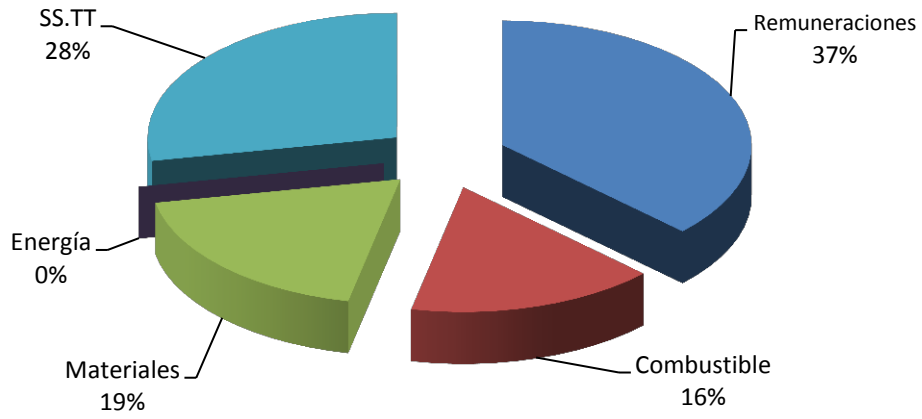


Ilustración 48: Distribución de Gastos Equipos de Apoyo
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Distribución Gastos Servicios

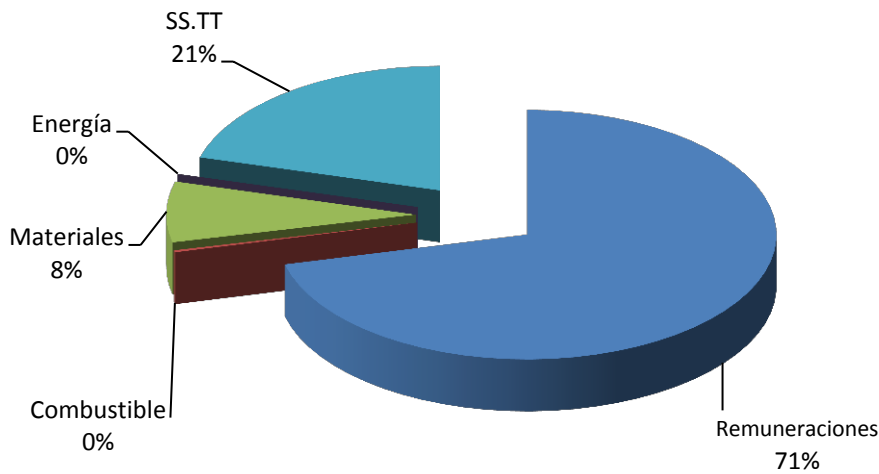


Ilustración 49: Distribución de Gastos Servicios
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

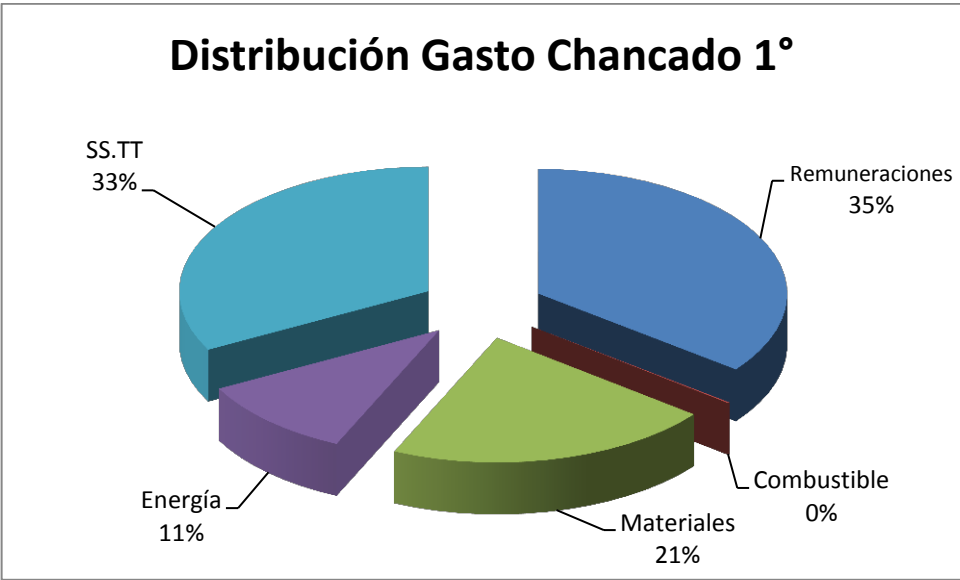


Ilustración 50: Distribución de Gastos Chancado 1°
 Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

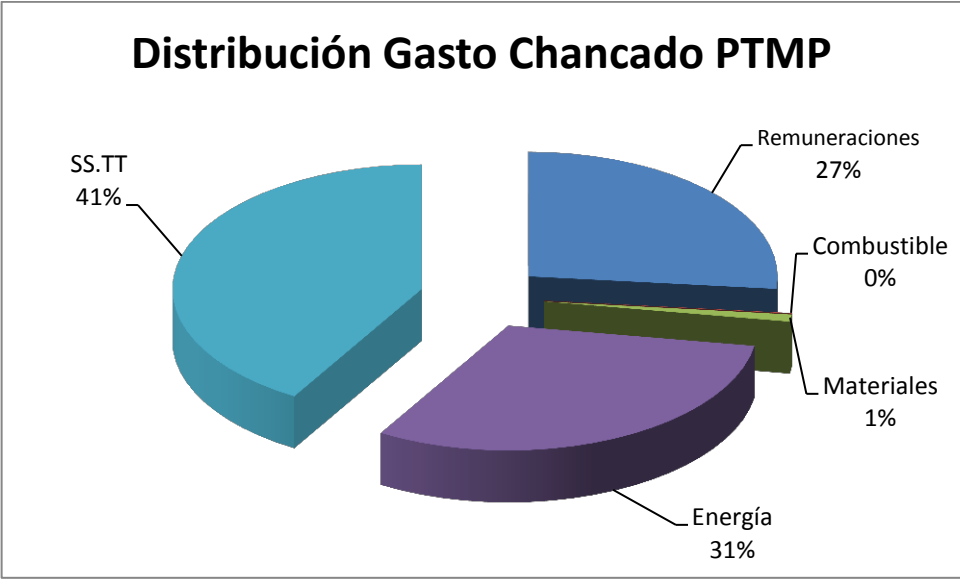


Ilustración 51: Distribución de Gastos Chancados PTMP
 Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

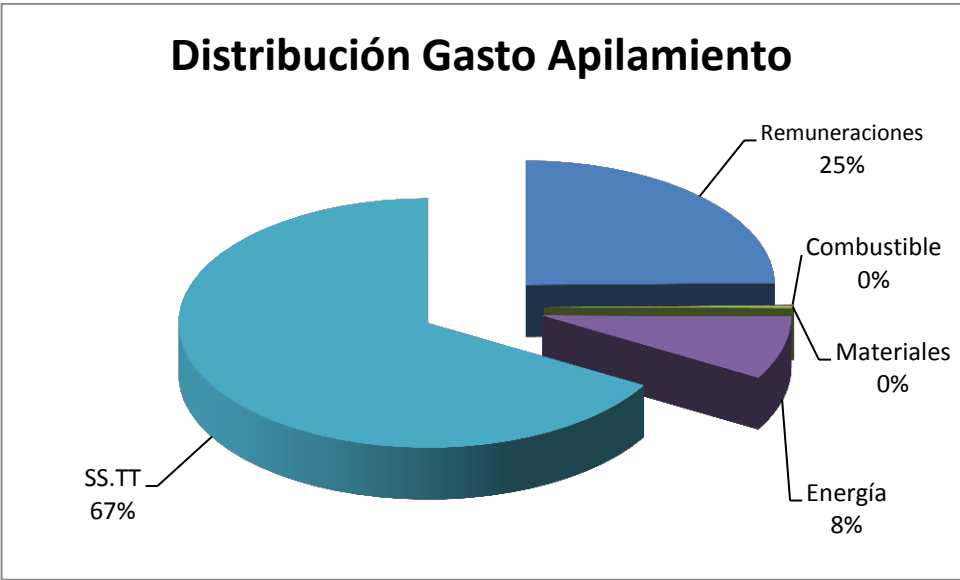


Ilustración 52: Distribución de Gastos Apilamiento
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

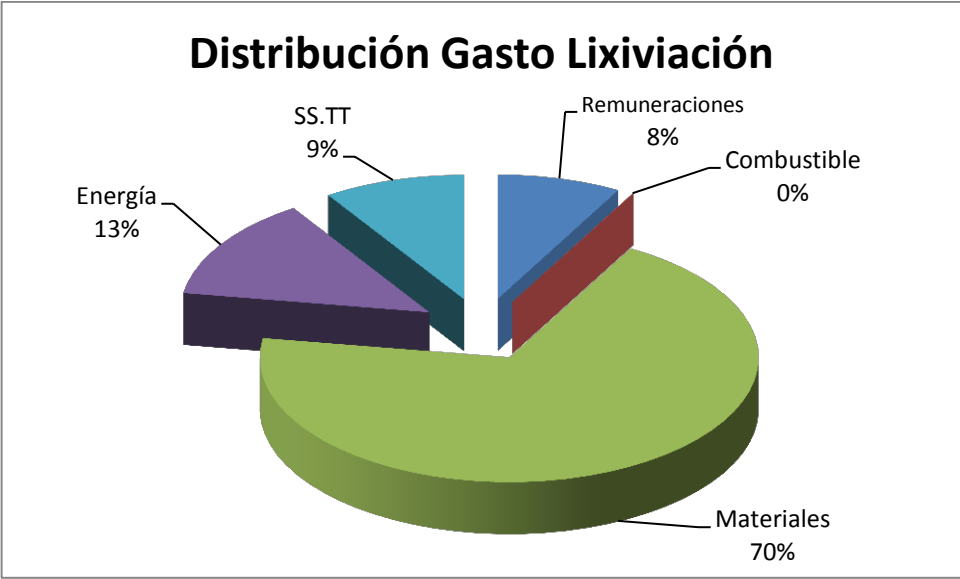


Ilustración 53: Distribución de Gastos Lixiviación
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Distribución Gasto Remoción Ripios

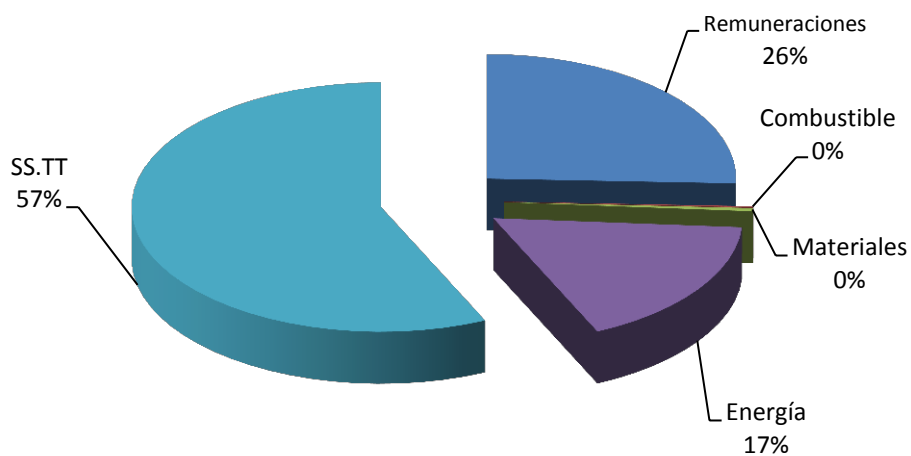


Ilustración 54: Distribución de Gastos Remoción de Ripios
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Distribución Gasto Extracción por Solventes

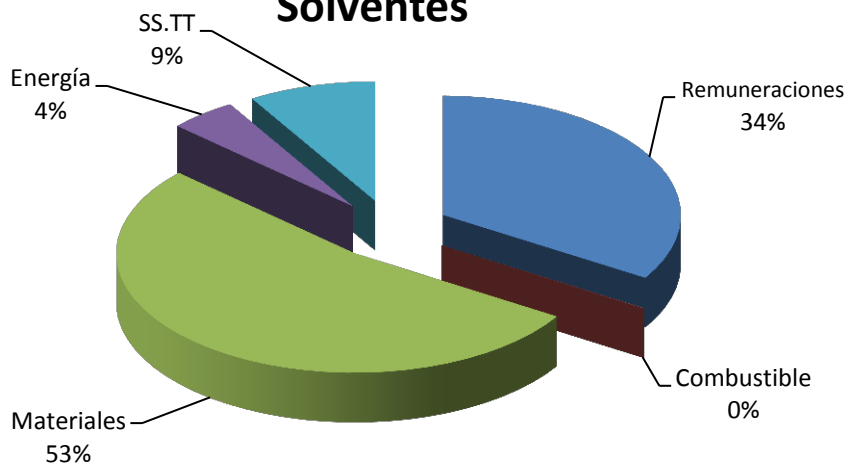


Ilustración 55: Distribución de Gastos Extracción por Solventes
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Distribución Gasto Electro-obtención

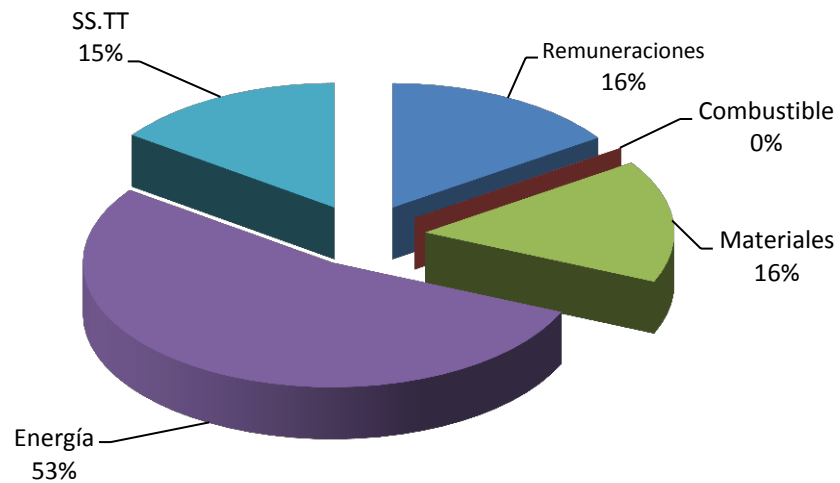


Ilustración 56: Distribución de Gastos Electro-obtención
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Distribución Gasto Patio Embarque

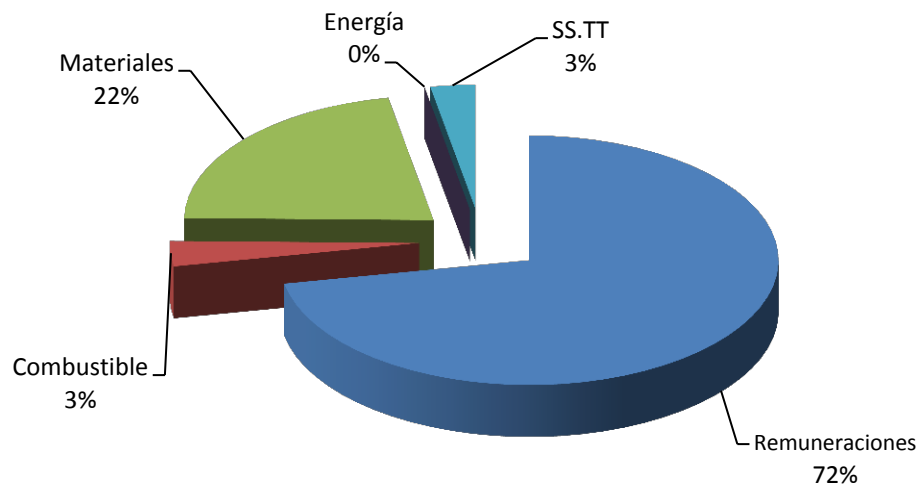


Ilustración 57: Distribución de Gastos Patio de Embarque
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

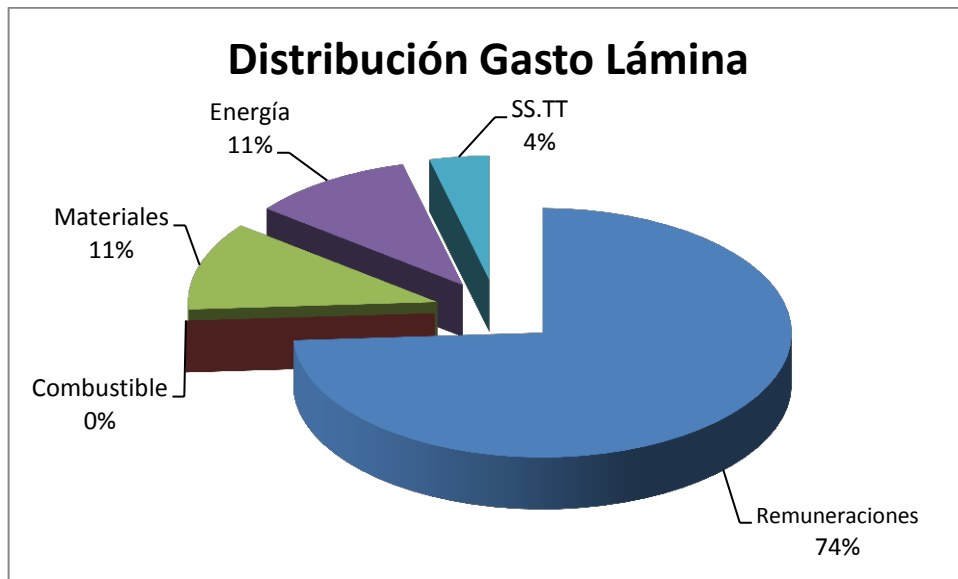
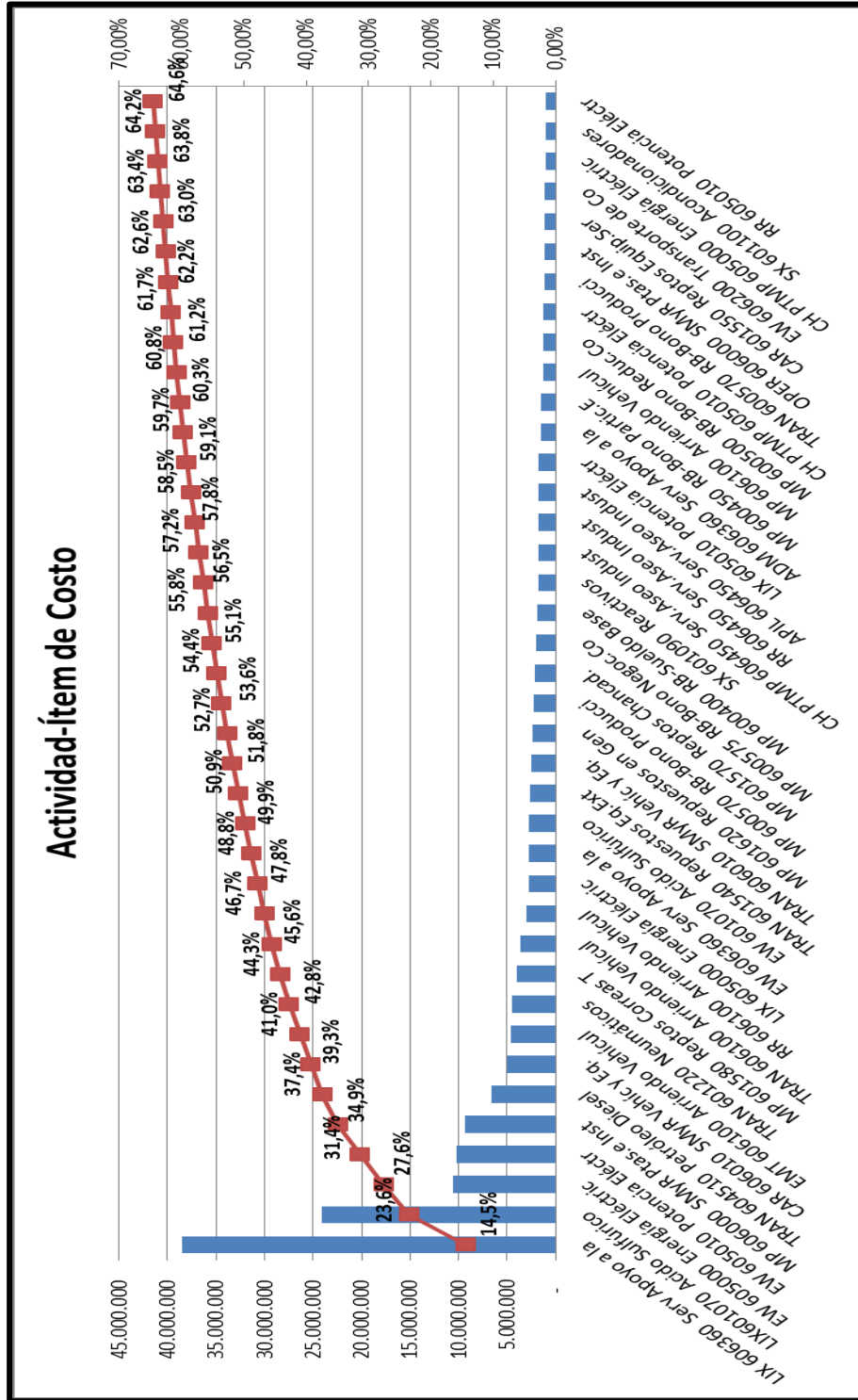


Ilustración 58: Distribución de Gastos Lámina
Fuente: Elaboración propia en base a información de SAP.

Anexo 3: Gráfico Pareto Actividad-Ítem de Costo



Anexo 4: Detalle Gastos “Pocos Vitales”

Actividad	Ítem de Costo	Gasto	Gasto Acumulado	% Parcial	% Acumulado
Lixiviación	606360 Serv Apoyo	38.455.180	38.455.180	14,51%	14,51%
Lixiviación	601070 Ácido Sulfúrico	24.075.514	62.530.694	9,08%	23,59%
Electro-obtención	605000 Energía Eléctrica	10.535.681	73.066.375	3,97%	27,56%
Electro-obtención	605010 Potencia Eléctra	10.166.476	83.232.851	3,84%	31,40%
Mantenimiento Planta	606000 SMyR Ptas.e Inst	9.331.896	92.564.747	3,52%	34,92%
Transporte	604510 Petróleo Diesel	6.605.120	99.169.867	2,49%	37,41%
Carguío	606010 SMyR Vehíc y Eq.	4.983.341	104.153.208	1,88%	39,29%
Equipos Mov.Tierra	606100 Arriendo Vehículos	4.628.639	108.781.848	1,75%	41,04%
Transporte	601220 Neumáticos	4.558.986	113.340.834	1,72%	42,76%
Mantenimiento Planta	601580 Reptos Correas	3.972.913	117.313.747	1,50%	44,26%
Transporte	606100 Arriendo Vehículos	3.577.358	120.891.106	1,35%	45,61%
Remoción ripios	606100 Arriendo Vehículos	2.981.246	123.872.351	1,12%	46,73%
Lixiviación	605000 Energía Eléctrica	2.774.399	126.646.750	1,05%	47,78%
Electro-obtención	606360 Serv Apoyo	2.765.702	129.412.452	1,04%	48,82%
Electro-obtención	601070 Acido Sulfúrico	2.732.270	132.144.722	1,03%	49,85%
Transporte	601540 Repuestos Eq.Ext	2.666.072	134.810.795	1,01%	50,86%
Transporte	606010 SMyR Vehíc y Eq.	2.523.011	137.333.806	0,95%	51,81%
Mantenimiento Planta	601620 Repuestos en Gen.	2.419.864	139.753.669	0,91%	52,72%
Mantenimiento Planta	600570 RB-Bono Produc.	2.225.774	141.979.443	0,84%	53,56%
Mantenimiento Planta	601570 Reptos Chancador	2.134.105	144.113.548	0,81%	54,37%
Mantenimiento Planta	600575 RB-Bono Negoc.	1.981.353	146.094.901	0,75%	55,11%
Mantenimiento Planta	600400 RB-Sueldo Base	1.899.434	147.994.335	0,72%	55,83%
Extracción por solventes	601090 Reactivos	1.820.313	149.814.647	0,69%	56,52%
Chancado PTMP	606450 Serv.Aseo Indus.	1.795.083	151.609.731	0,68%	57,19%
Remoción ripios	606450 Serv.Aseo Indus.	1.736.851	153.346.582	0,66%	57,85%
Apilamiento	606450 Serv.Aseo Indus.	1.723.131	155.069.713	0,65%	58,50%
Lixiviación	605010 Potencia Eléctrica	1.714.298	156.784.011	0,65%	59,15%
Administración	606360 Serv Apoyo	1.527.839	158.311.849	0,58%	59,72%
Mantenimiento Planta	600450 RB-Bono Partic.	1.461.945	159.773.794	0,55%	60,27%
Mantenimiento Planta	606100 Arriendo Vehículos	1.314.631	161.088.425	0,50%	60,77%
Mantenimiento Planta	600500 RB-Bono Reduc.	1.271.365	162.359.790	0,48%	61,25%
Chancado PTMP	605010 Potencia Eléctrica	1.264.101	163.623.891	0,48%	61,73%
Transporte	600570 RB-Bono Produc.	1.144.379	164.768.270	0,43%	62,16%
Operaciones Mina	606000 SMyR Ptas.e Inst	1.094.837	165.863.107	0,41%	62,57%
Carguío	601550 Reptos Equip.Ser	1.090.323	166.953.430	0,41%	62,98%
Electro-obtención	606200 Transporte Com	1.084.114	168.037.544	0,41%	63,39%
Chancado PTMP	605000 Energía Eléctrica	1.081.654	169.119.198	0,41%	63,80%
Extracción por solventes	601100 Acondicionadores	1.067.280	170.186.478	0,40%	64,20%

Remoción ripios	605010 Potencia Eléctrica	1.022.814	171.209.292	0,39%	64,59%
Chancado Primario	606000 SMyR Ptas.e Inst	944.982	172.154.274	0,36%	64,94%
Servicios	606100 Arriendo Vehículos	940.299	173.094.573	0,35%	65,30%
Operaciones Mina	606330 Consult Asoc Adm.	922.018	174.016.590	0,35%	65,65%
Operaciones Mina	606100 Arriendo Vehículos	882.912	174.899.502	0,33%	65,98%
Equipos de apoyo	606010 SMyR Vehíc y Eq.	874.479	175.773.981	0,33%	66,31%
Carguío	604510 Petróleo Diesel	852.829	176.626.809	0,32%	66,63%
Transporte	606360 Serv Apoyo	832.579	177.459.388	0,31%	66,95%
Transporte	600575 RB-Bono Negoc.	831.760	178.291.148	0,31%	67,26%
Transporte	600552 RB-Bonos Especia.	822.428	179.113.577	0,31%	67,57%
Equipos Mov.Tierra	604510 Petróleo Diesel	802.865	179.916.442	0,30%	67,87%
Transporte	600400 RB-Sueldo Base	801.918	180.718.360	0,30%	68,17%
Electro-obtención	601090 Reactivos	787.970	181.506.330	0,30%	68,47%
Remoción ripios	605000 Energía Eléctrica	785.459	182.291.789	0,30%	68,77%
Carguío	605000 Energía Eléctrica	785.379	183.077.167	0,30%	69,06%
Carguío	601530 Repuestos Palas	780.863	183.858.030	0,29%	69,36%
Electro-obtención	601620 Repuestos en Gen.	764.860	184.622.890	0,29%	69,65%
Electro-obtención	600575 RB-Bono Negoc.	751.887	185.374.777	0,28%	69,93%
Electro-obtención	600570 RB-Bono Produc.	751.512	186.126.289	0,28%	70,21%
Mantenimiento Planta	602010 Material Eléctrica	742.948	186.869.237	0,28%	70,49%
Mantenimiento Planta	600552 RB-Bonos Espec.	740.312	187.609.549	0,28%	70,77%
Servicios	600570 RB-Bono Producci	739.150	188.348.699	0,28%	71,05%
Lixiviación	606450 Serv.Aseo Indust	736.701	189.085.400	0,28%	71,33%
Mantenimiento Planta	606450 Serv.Aseo Indust	730.083	189.815.482	0,28%	71,61%
Equipos de apoyo	604510 Petróleo Diesel	675.802	190.491.284	0,25%	71,86%
Electro-obtención	606000 SMyR Ptas.e Inst.	673.950	191.165.234	0,25%	72,12%
Mantenimiento Planta	600430 RB-Asignación	669.734	191.834.969	0,25%	72,37%
Mantenimiento Planta	600630 RB-Contr.Plazo F.	661.998	192.496.967	0,25%	72,62%
Electro-obtención	600400 RB-Sueldo Base	648.284	193.145.251	0,24%	72,86%
Carguío	601210 Lubricantes	643.135	193.788.386	0,24%	73,11%
Mantenimiento Planta	600410 RB-Sobretiempo	599.204	194.387.590	0,23%	73,33%
Chancado Primario	606450 Serv.Aseo Indust.	567.484	194.955.074	0,21%	73,55%
Administración	606100 Arriendo Vehículos	564.291	195.519.365	0,21%	73,76%
Servicios	600575 RB-Bono Negoc.	559.235	196.078.600	0,21%	73,97%
Administración	604510 Petróleo Diesel	557.575	196.636.175	0,21%	74,18%
Chancado Primario	605010 Potencia Eléctrica	534.380	197.170.555	0,20%	74,38%
Electro-obtención	600450 RB-Bono Partic.	531.556	197.702.111	0,20%	74,58%
Administración	606335 Serv.Estudio	528.256	198.230.366	0,20%	74,78%
Servicios	600400 RB-Sueldo Base	524.747	198.755.113	0,20%	74,98%
Lixiviación	606000 SMyR Ptas.e Inst	521.230	199.276.343	0,20%	75,18%
Mantenimiento Planta	601240 Elementos Desgas.	518.147	199.794.491	0,20%	75,37%

Electro-obtención	600630 RB-Contr.Plazo Fi.	517.866	200.312.357	0,20%	75,57%
Mantenimiento Planta	606400 Serv.Lubric.Indus.	516.832	200.829.189	0,19%	75,76%
Carguío	605010 Potencia Eléctrica	504.597	201.333.786	0,19%	75,95%
Mantenimiento Planta	601300 Materiales Obsolet.	496.073	201.829.860	0,19%	76,14%
Carguío	601620 Repuestos en Gen.	491.000	202.320.859	0,19%	76,32%
Transporte	600500 RB-Bono Reduc.	474.365	202.795.224	0,18%	76,50%
Electro-obtención	601580 Reptos Correas	463.288	203.258.512	0,17%	76,68%
Chancado PTMP	606410 Serv.Muestreo,Pr	456.016	203.714.528	0,17%	76,85%
Remoción ripios	606410 Serv.Muestreo,Pr	455.832	204.170.359	0,17%	77,02%
Lixiviación	601270 Tuberías, Válv	455.050	204.625.409	0,17%	77,19%
Mantenimiento Planta	600560 RB-Bono Faena	450.110	205.075.519	0,17%	77,36%
Equipos Mov.Tierra	600570 RB-Bono Produc.	446.770	205.522.289	0,17%	77,53%
Servicios	600552 RB-Bonos Especia.	438.637	205.960.925	0,17%	77,70%
Mantenimiento Planta	600100 RA-Sueldo Base	437.532	206.398.457	0,17%	77,86%
Mantenimiento Planta	600600 RB-Provisión I.A	431.658	206.830.116	0,16%	78,02%
Mantenimiento Planta	600590 RB-Provis.Gratific.	428.316	207.258.432	0,16%	78,19%
Electro-obtención	600500 RB-Bono Reduc.	426.037	207.684.469	0,16%	78,35%
Transporte	600450 RB-Bono Partic.	423.823	208.108.292	0,16%	78,51%
Mantenimiento Planta	601520 Reptos. Compreso.	420.216	208.528.508	0,16%	78,67%
Mantenimiento Planta	600556 RB-Asig Consumo	416.819	208.945.327	0,16%	78,82%
Chancado PTMP	606000 SMyR Ptas.e Inst	416.309	209.361.636	0,16%	78,98%
Administración	606500 Servicios Varios	408.758	209.770.394	0,15%	79,13%
Transporte	601550 Reptos Equip.Ser.	407.280	210.177.674	0,15%	79,29%
Remoción ripios	606360 Serv Apoyo	401.058	210.578.732	0,15%	79,44%
Mantenimiento Planta	606210 Transp.de Pers.	397.228	210.975.960	0,15%	79,59%
Electro-obtención	606460 Serv.Aseo Oficinas	384.618	211.360.578	0,15%	79,73%
Lixiviación	600570 RB-Bono Produc.	372.571	211.733.149	0,14%	79,87%
Mantenimiento Planta	600520 RB-Bono Escolar	370.975	212.104.123	0,14%	80,01%

Anexo 5: Plan Minero 2016

Tabla 52: Indicadores Operacionales 2016 Camiones Extracción

IOPS Caex Kom 830E	Días	30	29	31	30	31	30	31	31	28	31	30	30	362
Distancia equivalente [km]		18	7	7	8	5	8	7	16	13	16	16	16	10
Tonelaje Flota [kton]		1.097	1.458	1.519	1.542	1.228	1.555	1.512	1.234	1.083	1.242	1.151	1.097	15.718
Tonelaje-Distancia [kton-km]		19.745	10.209	10.630	12.336	6.139	12.443	10.581	19.737	14.083	19.880	18.412	17.551	171.746

Fuente: (Gerencia de Extracción y Lixiviación, 2015)

Tabla 53: Indicadores Operacionales 2016 Producción

Mineral Total a Pilas	Días	30	29	31	30	31	30	31	31	28	31	30	30	362
Mineral [tmh]		831.620	867.260	916.760	946.460	394.040	970.235	902.915	956.375	811.820	964.280	879.140	831.620	10.272.525
Mineral [tms]		799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
Depósito [tCuFd]		5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
Producción Comercial [tCuF]		6.895	6.045	5.895	5.729	4.589	5.507	4.567	5.745	5.442	6.244	6.265	5.147	68.070

Fuente: (Gerencia de Extracción y Lixiviación, 2015)

Anexo 6: Resultados Pruebas Metalúrgicas

Muestra	Leyes de Cabeza		Consumo Ácido	Dosis Agua
	CuT %	CuS %	kg H+/TMS	kg agua/TMS
Exótico	0,67	0,53	27,98	75
Óxido Baja Ley	0,49	0,27	21,14	75
70% Ex.+30% OBL	0,62	0,43	26,56	75
50% Ex.+50% OBL	0,53	0,36	25,68	75
Mixto	1,63	0,58	29,68	27,5
Exótico	1,13	0,84	26,88	48
Mineral PTMP	1,07	0,87	27,31	56
Alterado UMA 5	1,52	0,95	23,65	56
Alterado UMA 6	1,63	1,16	19,08	56
50% PTMP+50% UMA 6	S/I	S/I	25,08	56
70% PTMP+30% UMA 6	S/I	S/I	28,51	56
80% PTMP+20% UMA 6	S/I	S/I	26,36	56
Mixto (79%DMH-21%PTMP)	0,97	0,51	20	40

Ilustración 59: Resultados Pruebas Metalúrgicas

Fuente: (Gerencia Extracción y Lixiviación, División Chuquicamata, 2015)

Anexo 7: Flujos Consumo Ácido Sulfúrico

Tabla 54: Flujos Consumo Ácido Sulfúrico en Lixiviación

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [ton H+/tms]	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	
	Actividad [tms]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [ton H+]	22.385	23.352	24.685	25.484	10.610	26.124	24.312	25.902	21.987	26.117	23.866	22.523	277.347
	Precio [US\$/ton H+]	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Gasto [US\$]	1.678.856	1.751.391	1.851.356	1.911.336	795.723	1.959.319	1.823.366	1.942.651	1.649.041	1.958.739	1.789.974	1.689.239	20.800.991
PROPUESTA	I/P [ton H+/tms]	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	
	Actividad [tms]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [ton H+]	20.786	21.684	22.922	23.664	9.852	24.258	22.575	24.052	20.417	24.251	22.162	20.914	257.536
	Precio [US\$/ton H+]	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Gasto [US\$]	1.558.938	1.626.292	1.719.117	1.774.812	738.886	1.819.368	1.693.126	1.803.890	1.531.252	1.818.829	1.662.119	1.568.579	19.315.206

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Flujos Consumo Petróleo Diésel

Tabla 55: Flujos Consumo Petróleo de Camiones Extracción

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [m3/Kton-Km]	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	
	Actividad [Kton-Km]	19.745	10.209	10.630	12.336	6.139	12.443	10.581	19.737	14.083	19.880	18.412	17.551	171.745,56
	Consumo [m3]	1.185	613	638	740	368	747	635	1.184	845	1.193	1.105	1.053	10.305
	Precio [US\$/m3]	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51
	Gasto [US\$]	925.857	478.697	498.457	578.423	287.877	583.468	496.131	925.485	660.346	932.183	863.344	822.984	8.053.252
PROPUESTA	I/P [m3/Kton-Km]	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	
	Actividad [Kton-Km]	19.745	10.209	10.630	12.336	6.139	12.443	10.581	19.737	14.083	19.880	18.412	17.551	171.746
	Consumo [m3]	1.066	551	574	666	332	672	571	1.066	760	1.074	994	948	9.274
	Precio [US\$/m3]	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51
	Gasto [US\$]	833.271	430.828	448.611	520.581	259.089	525.121	446.518	832.936	594.312	838.965	777.010	740.686	7.247.927

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Flujos Consumo de Motoniveladoras

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [m3/hrs]	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	
	Actividad [Hrs. Efectivas]	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724	8.688
	Consumo [m3]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	148
	Precio [US\$/m3]	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51
	Gasto [US\$]	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	9.619	115.426
PROPUESTA	I/P [m3/hrs]	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	
	Actividad [Hrs. Efectivas]	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724	8.688
	Consumo [m3]	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	96
	Precio [US\$/m3]	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51	781,51
	Gasto [US\$]	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	6.224	74.687

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Simulación Actividad Extracción por Solventes

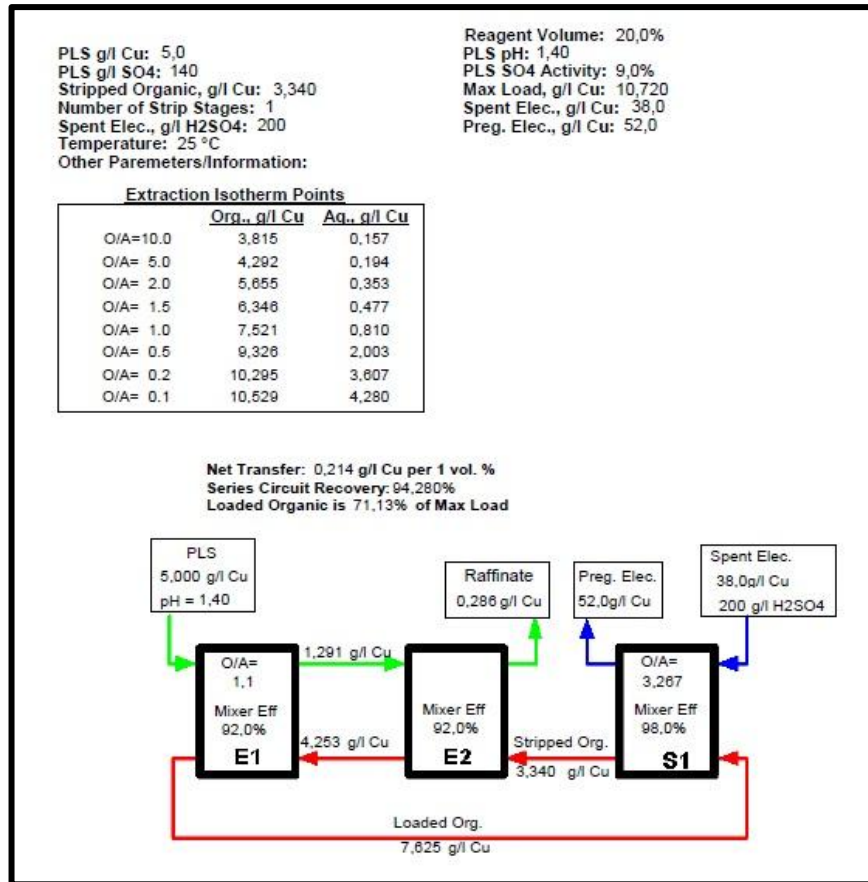


Ilustración 60: Informe de Simulación Reactivo Extracción por Solventes
 Fuente: Programa de Simulación Superintendencia de Procesos

Anexo 10: Tablas de Reposición Volumen y Beneficio Extracción por Solventes

Tabla 57: Tabla de Reposición de Volumen en Extracción por Solventes

		kg diluyente/toneladas cobre depositadas											
Reposición [m3]		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
kg Acorga/toneladas cobre depositadas	3,0	55,4	61,0	66,7	72,3	77,8	83,4	89,1	94,7	100,3	-	-	-
	2,9	54,9	60,5	66,2	71,8	77,3	82,9	88,6	94,2	99,8	-	-	-
	2,8	54,4	60,0	65,7	71,3	76,8	82,4	88,1	93,7	99,3	104,9	-	-
	2,7	53,8	59,4	65,1	70,7	76,3	81,8	87,5	93,1	98,7	104,3	109,9	-
	2,6	53,3	58,9	64,6	70,2	75,8	81,3	87,0	92,6	98,2	103,8	109,4	115,0
	2,5	52,8	58,3	64,0	69,6	75,2	80,8	86,4	92,0	97,6	103,3	108,8	114,4
	2,4	52,3	57,8	63,5	69,1	74,7	80,3	85,9	91,5	97,1	102,8	108,3	113,9
	2,3	51,7	57,3	62,9	68,5	74,1	79,7	85,3	90,9	96,5	102,2	107,8	113,3
	2,2	51,2	56,8	62,4	68,0	73,6	79,2	84,8	90,4	96,0	101,7	107,3	112,8
	2,1	50,6	56,2	61,8	67,4	73,0	78,6	84,3	89,8	95,4	101,1	106,7	112,3
	2,0	50,1	55,7	61,3	66,9	72,5	78,1	83,8	89,3	94,9	100,6	106,2	111,8
	1,9	49,5	55,1	60,8	66,3	71,9	77,5	83,2	88,8	94,3	100,5	105,6	111,2
	1,8	49,0	54,6	60,3	65,8	71,4	77,0	82,7	88,3	93,8	99,5	105,1	110,7
	1,7	48,4	54,0	59,7	65,3	70,8	76,4	82,1	87,7	93,3	98,9	104,5	110,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Beneficio para dintintos I/P de Acorga y Diluyente en Extracción por Solventes

		kg diluyente/toneladas cobre depositadas											
Beneficio [US\$]		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
kg Acorga/toneladas cobre depositadas	3,0	611.508	535.069	458.631	382.192	305.754	229.315	152.877	76.438	-	-	-	-
	2,9	676.668	600.229	523.791	447.352	370.914	294.475	218.037	141.598	65.160	-	-	-
	2,8	741.828	665.389	588.951	512.512	436.074	359.635	283.197	206.758	130.320	53.882	-	-
	2,7	806.988	730.549	654.111	577.672	501.234	424.795	348.357	271.918	195.480	119.042	42.603	-
	2,6	872.148	795.709	719.271	642.832	566.394	489.955	413.517	337.078	260.640	184.202	107.763	31.325
	2,5	937.308	860.869	784.431	707.992	631.554	555.115	478.677	402.238	325.800	249.362	172.923	96.485
	2,4	1.002.469	926.030	849.592	773.153	696.715	620.276	543.838	467.399	390.961	314.523	238.084	161.646
	2,3	1.067.629	991.190	914.752	838.313	761.875	685.436	608.998	532.559	456.121	379.683	303.244	226.806
	2,2	1.132.789	1.056.350	979.912	903.473	827.035	750.596	674.158	597.719	521.281	444.843	368.404	291.966
	2,1	1.197.949	1.121.510	1.045.072	968.633	892.195	815.756	739.318	662.879	586.441	510.003	433.564	357.126
	2,0	1.263.109	1.186.670	1.110.232	1.033.793	957.355	880.916	804.478	728.039	651.601	575.163	498.724	422.286
	1,9	1.328.269	1.251.830	1.175.392	1.098.953	1.022.515	946.076	869.638	793.199	716.761	640.323	563.884	487.446
	1,8	1.393.429	1.316.990	1.240.552	1.164.113	1.087.675	1.011.236	934.798	858.359	781.921	705.483	629.044	552.606
	1,7	1.458.589	1.328.150	1.305.712	1.229.273	1.152.835	1.076.396	999.958	923.519	847.081	770.643	694.204	617.766

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Flujos Consumo Reactivos

Tabla 59: Flujos Consumo de Acorga

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	
ACTUAL	I/P [kg/tCuFd]	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [m3]	21	18	17	17	13	16	12	16	15	18	18	14	194	
	Precio [US\$/m3]	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	
	Gasto [US\$]	210.399	179.368	174.642	168.489	126.849	157.462	122.187	163.809	151.707	179.129	179.897	140.863	1.954.803	
PROPUESTA	I/P [kg/tCuFd]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [m3]	17	14	14	13	10	13	10	13	12	14	14	11	156	
	Precio [US\$/m3]	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	10.051	
	Gasto [US\$]	168.319	143.495	139.713	134.791	101.480	125.969	97.750	131.047	121.366	143.303	143.917	112.691	1.563.842	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Flujos Consumo de Sulfato de Cobalto

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	
ACTUAL	I/P [kg/tCuFd]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [kg]	4.577	3.902	3.799	3.666	2.760	3.426	2.658	3.564	3.301	3.897	3.914	3.065	42.528	
	Precio [US\$/kg]	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	
	Gasto [US\$]	40.922	34.886	33.967	32.770	24.672	30.626	23.765	31.860	29.506	34.840	34.989	27.397	380.201	
PROPUESTA	I/P [kg/tCuFd]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [kg]	4.177	3.561	3.467	3.345	2.518	3.126	2.426	3.252	3.012	3.556	3.571	2.796	38.807	
	Precio [US\$/m3]	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	8,94	
	Gasto [US\$]	37.341	31.834	30.995	29.903	22.513	27.946	21.686	29.073	26.925	31.791	31.928	25.000	346.934	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Flujos Consumo de Zeolita

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	
ACTUAL	I/P [kg/tCuFd]	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [kg]	12.473	10.634	10.354	9.989	7.520	9.335	7.244	9.711	8.994	10.620	10.665	8.351	115.889	
	Precio [US\$/m3]	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	
	Gasto [US\$]	15.966	13.611	13.252	12.786	9.626	11.949	9.272	12.430	11.512	13.593	13.651	10.689	148.338	
PROPUESTA	I/P [kg/tCuFd]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [kg]	4.005	3.415	3.325	3.207	2.415	2.997	2.326	3.118	2.888	3.410	3.425	2.682	37.212	
	Precio [US\$/m3]	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	
	Gasto [US\$]	5.127	4.371	4.255	4.105	3.091	3.837	2.977	3.991	3.697	4.365	4.383	3.432	47.632	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Flujos Consumo Acondicionadores

Tabla 62: Flujos Consumo Diluyente

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	
ACTUAL	I/P [kg/tCuFd]	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [kg]	85.826	73.168	71.240	68.730	51.744	64.232	49.843	66.821	61.884	73.070	73.383	57.461	797.402	
	Precio [US\$/ton]	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	
	Gasto [US\$]	123.408	105.207	102.435	98.826	74.403	92.358	71.668	96.081	88.983	105.067	105.517	82.622	1.146.577	
PROPUESTA	I/P [kg/tCuFd]	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0		
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160	
	Consumo [kg]	91.548	78.046	75.989	73.312	55.194	68.514	53.166	71.276	66.010	77.942	78.276	61.292	850.563	
	Precio [US\$/ton]	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	1.437,89	
	Gasto [US\$]	131.636	112.221	109.264	105.415	79.363	98.515	76.446	102.487	94.915	112.072	112.552	88.131	1.223.015	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Flujos Consumo Quillaja

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [lb/tCuFd]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
	Consumo [lb]	6.294	5.366	5.224	5.040	3.795	4.710	3.655	4.900	4.538	5.358	5.381	4.214	58.476
	Precio [US\$/lb]	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80
	Gasto [US\$]	67.974	57.949	56.422	54.434	40.982	50.871	39.475	52.922	49.012	57.872	58.120	45.509	631.543
PROPUESTA	I/P [lb/tCuFd]	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
	Consumo [lb]	5.264	4.488	4.369	4.215	3.174	3.940	3.057	4.098	3.796	4.482	4.501	3.524	48.907
	Precio [US\$/lb]	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80
	Gasto [US\$]	56.851	48.466	47.189	45.527	34.275	42.547	33.016	44.262	40.992	48.402	48.609	38.062	528.199

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Flujos Consumo Energía

Tabla 64: Flujos Consumo Energía Chancado Primario

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [MWh/TMS]	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	320	334	353	364	152	373	347	370	314	373	341	322	3.962
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	15.480	16.255	17.139	17.718	7.367	18.166	16.884	18.506	16.152	18.909	17.034	15.647	195.257
PROPUESTA	I/P [MWh/TMS]	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	248	259	273	282	117	289	269	287	243	289	264	249	3.071
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	11.997	12.598	13.283	13.731	5.710	14.078	13.085	14.342	12.518	14.654	13.201	12.127	151.324

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Flujos Consumo Energía Chancado PTMP

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [MWh/TMS]	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	0,00186	
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	1.490	1.554	1.643	1.696	706	1.739	1.618	1.724	1.463	1.738	1.588	1.499	18.458
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	72.116	75.728	79.844	82.542	34.322	84.628	78.657	86.214	75.248	88.091	79.354	72.896	909.639
PROPUESTA	I/P [MWh/TMS]	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	1.439	1.501	1.587	1.638	682	1.679	1.563	1.665	1.413	1.679	1.534	1.448	17.829
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	69.660	73.149	77.124	79.730	33.153	81.745	75.977	83.277	72.685	85.090	76.651	70.413	878.655

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66: Flujos Consumo Energía Apilamiento

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	I/P [MWh/TMS]	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	165	173	182	188	78	193	180	191	163	193	176	166	2.050
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	8.009	8.410	8.867	9.167	3.812	9.399	8.735	9.575	8.357	9.783	8.813	8.096	101.023
REGRESIÓN	I/P [MWh/TMS]	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207	0,000207
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	165	173	182	188	78	193	180	191	163	193	176	166	2.050
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	8.009	8.410	8.867	9.167	3.812	9.399	8.735	9.575	8.357	9.783	8.813	8.096	101.023

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Flujos Consumo Energía Lixiviación

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	VP [MWh/días-mes]	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	144,7	
	Actividad [días-mes]	30	29	31	30	30	30	31	31	28	31	30	31	362
	Consumo [MWh]	4.341	4.197	4.486	4.341	4.341	4.341	4.486	4.486	4.052	4.486	4.341	4.486	52.384
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	210.150	204.485	218.024	211.274	211.017	211.309	218.078	224.354	208.358	227.356	216.888	218.154	2.579.445
PROPUESTA	VP [MWh/TMS]	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	4.237	4.420	4.672	4.824	2.008	4.945	4.602	4.903	4.162	4.943	4.518	4.263	52.498
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	205.109	215.382	227.089	234.761	97.616	240.694	223.711	245.205	214.016	250.544	225.696	207.327	2.587.151

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68: Flujos Consumo Energía Remoción de Ripios

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	VP [MWh/TMS]	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	0,00129	
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	1.033	1.078	1.139	1.176	490	1.206	1.122	1.195	1.015	1.205	1.101	1.039	12.798
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	50.003	52.508	55.362	57.232	23.798	58.679	54.538	59.778	52.175	61.080	55.022	50.544	630.720
PROPUESTA	VP [MWh/TMS]	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	
	Actividad [TMS]	799.455	833.996	881.598	910.160	378.916	933.009	868.270	925.072	785.258	932.733	852.369	804.399	9.905.234
	Consumo [MWh]	1.039	1.084	1.146	1.183	493	1.213	1.129	1.203	1.021	1.213	1.108	1.046	12.877
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	50.310	52.830	55.701	57.583	23.944	59.038	54.873	60.145	52.495	61.454	55.359	50.854	634.584

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69: Flujos Consumo Energía Extracción por Solventes

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	VP [MWh/tCuFd]	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
	Consumo [MWh]	279	238	231	223	168	209	162	217	201	237	238	187	2.589
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	13.489	11.575	11.241	10.860	8.166	10.151	7.867	10.850	10.332	12.024	11.903	9.072	127.529
PROPUESTA	VP [MWh/tCuFd]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
	Consumo [MWh]	286	244	237	229	172	214	166	223	206	244	245	192	2.658
	Precio [US\$/MWh]	48	49	49	49	49	49	49	50	51	51	50	49	
	Gasto [US\$]	13.849	11.884	11.541	11.150	8.384	10.422	8.077	11.140	10.608	12.344	12.221	9.314	130.933



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70: Flujos Consumo Energía Electroobtención

PRESUPUESTO 2016		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
ACTUAL	VP [MWh/tCuFd]	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	2,057	
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
	Consumo [MWh]	11.772	10.036	9.771	9.427	7.097	8.810	6.836	9.165	8.488	10.022	10.065	7.881	109.371
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	569.849	489.009	474.894	458.780	344.978	428.824	332.341	458.372	436.481	507.946	502.857	383.271	5.387.603
PROPUESTA	VP [MWh/tCuFd]	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	2,044	
	Actividad [tCuFd]	5.722	4.878	4.749	4.582	3.450	4.282	3.323	4.455	4.126	4.871	4.892	3.831	53.160
	Consumo [MWh]	11.695	9.970	9.708	9.366	7.051	8.753	6.792	9.105	8.433	9.957	10.000	7.830	108.659
	Precio [US\$/MWh]	48,41	48,73	48,60	48,67	48,61	48,67	48,61	50,01	51,42	50,68	49,96	48,63	
	Gasto [US\$]	566.140	485.825	471.803	455.794	342.733	426.033	330.178	455.388	433.640	504.640	499.584	380.776	5.352.532

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14: Cotización Cámaras Termográficas Móviles

Comparativo de Especificaciones Técnicas			
		E40	E60
Datos de imagen y óptica			
Campo de Visión FOV / Foco Mínimo		25° x 19° / 0.4 m	25° x 19° / 0.4 m
Resolución Espacial - IFOV		2.72mrad	1.36mrad
Sensibilidad Térmica		0.07° C @ +30° C	0.05° C @ +30° C
Frecuencia de Imagen		60Hz	60Hz
Enfoque		Manual	Manual
Ajuste de Campo y Nivel		Auto / Manual	Auto / Manual
Zoom		2x	4x
Detector	Modelo	490	490
	Tipo	FPA - No refrigerado	FPA - No refrigerado
Resolución	Matriz	160 x 120	320 x 240
	N° de Píxeles	19.600	76.800
Presentación de la Imagen			
Tamaño del LCD		Táctil (3.5")	Táctil (3.5")
Visor / Viewfinder		-	-
Fusión PIP		Sí	Sí
Galería de Imágenes		Sí	Sí
Fusión Térmica		-	Sí
MSX		-	-
Imagen Visual		3.1 MP	3.1 MP
FOV Match		-	-
Lámpara para Cámara Visual		Sí	Sí
Láser		Sí - con alineamiento	Sí - con alineamiento

Herramientas de Medición			
Rango de Temperatura Estándar	-20°C a 650°C	-20°C a 650°C	
Rango Opcional de Temperatura	-	-	
Precisión	±2°C o ±2%	±2°C o ±2%	
Herramientas de Medición	Punto	3 Puntos movibles	3 Puntos movibles
	Área	3 Áreas movibles (min/max/med)	3 Áreas movibles (min/max/med)
	Marcador Visual	Caliente/frío	Caliente/frío
	Isoterma	Arriba/Abajo/Interv.	Arriba/Abajo/Interv.
	Delta / Diferencia	Sí	Sí
	Temp. Referencia	Sí	Sí
	Perfil	-	-
	Alarma de Color	Sí	Sí
	Alarma Sonora	-	-
	Temp Corporal	-	-
	Punto de Rocío	-	-
Corrección de Medición	Aislamiento	-	-
	Emisividad	Ajuste: 0.1 a 1.0	Ajuste: 0.1 a 1.0
	Tabla de Materiales	Sí	Sí
	Correcciones	Reflejada/Trasmisión	Reflejada/Trasmisión
	Corrección Ventanas Ext.	Sí	Sí
	GPS	-	-
	Função HSM	-	-
	DDE	-	-
	Paleta de Colores	Ártico, Gris, Hierro, Lava, Arcoiris (+AC) e invertidas	Ártico, Gris, Hierro, Lava, Arcoiris (+AC) e invertidas

Dispositivos y Formatos de Almacenamiento			
Dispositivo de Almacenamiento	Tarjeta Micro SD	Tarjeta Micro SD	
Almacenamiento en Memoria USB	Sí	Sí	
Modo de Grabación	Imag. Radiométrica	JPEG	JPEG
	Simultáneo	Sí	Sí
	Secuencia de Imágenes	-	-
	Grabación Periódica	-	-
	Panorama	-	-
Salida de Video	MPEG-4 via USB y RCA	MPEG-4 via USB y RCA	
Salida Radiométrica	USB	USB	
Video Visual Digital	Sí	Sí	
Comentario de Voz	60 segundos via Bluetooth	60 segundos via Bluetooth	
Anotaciones	Texto predefinido o via teclado virtual	Texto predefinido o via teclado virtual	
Bosquejos	-	-	
Conexión MeterLink	MO297 y EX845 via Bluetooth	MO297 y EX845 via Bluetooth	
Conexión Wi-Fi con iPad y iPhone	Sí	Sí	
Conexión con Teclado USB	Sí	Sí	
Reporte Instantáneo (en la cámara)	-	Creación de PDF en la cámara con informaciones, imágenes visual e IR	
Características Físicas			
Peso	825g	825g	
Batería	P/N Bateria	T197911	T197911
	Autonomía de la Bateria	4 h	4 h
Opcionales			
Lentes	15°/45°	15°/45°	
Otras Características			
Joystick	-	-	
Botones con Funciones Programables	-	-	
Actualización de Cámara via Software	Sí	Sí	

Santiago, 15 de octubre de 2015

Señores,
CODELCO
Presente

Atte.: Ambar Carolina Olmedo Cisternas

Cámara Infrarroja FLIR E40

Estimados Señores:

Colvin y Cia. Ltda. Como Representante oficial en Chile de Flir se complace en enviarle la presente cotización por una Cámara Profesional Infrarrojo de última generación serie E40



FLIR Systems presenta su nueva línea de cámaras termográficas serie E40, estos equipos son ideales para muchas aplicaciones industriales como mantenimiento predictivo en áreas eléctricas y mecánicas.

Con un diseño innovador son robustas, fiables y fáciles de ser transportadas en la mano, correa o en su caja de herramientas. Cumplen con grado de protección IP54, por lo tanto, están bien preparadas para hacerle frente a las peores condiciones laborales en terreno.

Las principales características de la serie E son:

- 1- lentes intercambiables,
- 2- comunicación MeterLink para conectarse con accesorios como amperímetros, medidores de humedad, y multi tester,
- 3- generación de reportes PDF en pantalla serie E60
- 4- designador laserico
- 5- Pantalla táctil
- 6- Linterna de xenón



PRESUPUESTO N° 0996 /15

El presupuesto incluyendo lo siguientes componentes:

- Cámara serie E40
- Lente incorporada de 25° Horizontal
- Campo visual
- Detector E40 160 x 120 (19.200px)
- Sensibilidad térmica 70mK (0,045°C)
- Frecuencia de trabajo 60Hz
- cámara visión normal CCD 3,1mpx
- Puntero Laser
- Rango de temperatura -20° a 650° C
- Fuentes de Alimentación 12V a 220 CA
- Correa Manual
- Tarjeta SD
- Tapa Lente
- Lentes intercambiables a 15° y 45° (opcional)
- Software Flir tools básico
- Cable USB
- Cable Eléctrico de poder con transformador
- 1 Batería
- Maleta transporte de alta resistencia
- Manual de usuario

N° Parte	Descripción	Unidades	Valor Neto U\$
49001-2001	FLIR E40 (incl. Wi-Fi)	02	U\$ 10.538
N° Parte	Accesorios Opcionales		Valor Neto U\$
T197752	Batería extra	01	U\$ 376
1196961	Lente 15° Lens (15° x 11.3°, f=30mm)	01	U\$ 2.450
1196960	Lente 45° Lens (45° x 33.7°, f=10mm)	01	U\$ 2.450
T911087	Bolsón lona serie Exx (opcional)	01	U\$ 180
T127648	Software professional FLIR Tools +	01	U\$ 990

SERVICIO TECNICO LOCAL EN CHILE

Colvin y Cia cuenta con laboratorio de reparación, calibración, y certificación autorizado por fábrica en norma ISO para todo lo que corresponde a los modelos de cámaras de la división industrial vendidas por Colvin y Cia en Chile.

GARANTIA:

Todos los equipos cuentan con una garantía de 12 meses desde fecha entrega, por cualquier falla que no se deba a mal uso y manejo del equipo

Nota: la garantía consiste en reparar daños de las partes de la cámara infrarroja que correspondan a la fabricación y no incluye el mal uso o daños

PRESUPUESTO N° 0997 /15

El presupuesto incluyendo lo siguientes componentes:

- Cámara serie E60
- Lente incorporada de 25° Horizontal
- Campo visual
- Detector E60 320x40 (76.800px)
- Sensibilidad térmica 70mK (0,045°C)
- Frecuencia de trabajo 60Hz
- cámara visión normal CCD 3,1mpx
- Puntero Laser
- Rango de temperatura -20° a 650° C
- Fuentes de Alimentación 12V a 220 CA
- Correa Manual
- Tarjeta SD
- Tapa Lente
- Lentes intercambiables a 15° y 45° (opcional)
- Software Flir tools básico
- Cable USB
- Cable Eléctrico de poder con transformador
- 1 Batería
- Maleta transporte de alta resistencia
- Manual de usuario

N° Parte	Descripción	Unidades	Valor Neto US
49001-0602	FLIR E60 (incl. Wi-Fi)	02	US\$ 19.160
N° Parte	Accesorios Opcionales		Valor Neto US
T197752	Batería extra	01	US\$ 376
1196961	Lente 15° Lens (15° x 11.3°, f=30mm)	01	US\$ 2.450
1196960	Lente 45° Lens (45° x 33.7°, f=10mm)	01	US\$ 2.450
T911087	Bolsón lona serie Exx (opcional)	01	US\$ 180
T127648	Software profesional FLIR Tools +	01	US\$ 990

SERVICIO TECNICO LOCAL EN CHILE:

Colvin y Cia cuenta con laboratorio de reparación, calibración, y certificación autorizado por fábrica en norma ISO para todo lo que corresponde a los modelos de cámaras de la división industrial vendidas por Colvin y Cia en Chile.

GARANTIA:

Todos los equipos cuentan con una garantía de 12 meses desde fecha entrega, por cualquier falla que no se deba a mal uso y manejo del equipo

Nota: la garantía consiste en reparar daños de las partes de la cámara infrarroja que correspondan a la fabricación y no incluye el mal uso o daños



VALOR UNITARIO EN PESOS CHILENOS (Factura Exenta de IVA)

\$1.382.500

CODIGO SENCE: 1237927608

RUT COLVIN CEP:
76062072-6

FECHA:
16 al 20 de Noviembre 2015

HORARIOS:
08:30am - 17:30pm Lunes 16 al 19 de Noviembre
08:30am - 11:30am Viernes 20 de Noviembre

CANTIDAD DE HORAS:
31 hrs.


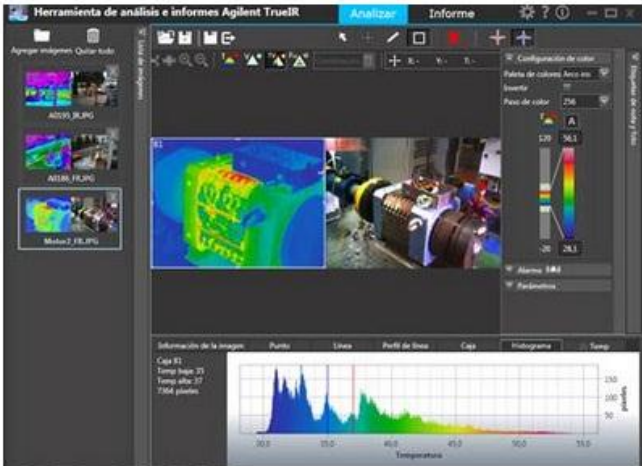
LUGAR:
Hotel ATTON El Bosque
Dirección: Roger de Flor 2770, Las Condes, Santiago, Chile

INCLUYE:
Manual del Curso dividido en capitulos y anexos, con un total cercano a las 150 páginas. Derecho para hacer el examen, Laboratorios, Diploma y Credencial una vez aprobado el examen. Almuerzos y Coffee incluido - No incluye estadía

INFORMACION SENCE:
Información a usuarios: +56 2 800 80 10 30
www.sence.cl

INSCRIPCIONES:
Daniela Colvin Gauschopf
Central: +56 2 2221 12712
Movil.: +56 9 8808 4819
capacitaciones@colvinycia.cl
www.colvinycia.cl

Modelo	Descripción	Resolución Térmica IR (píxeles térmicos)	Rango de Temperatura	Valor Unitario \$
U5855A	Nueva Cámara Termográfica TrueIR, KEYSIGHT Tecnología TrueIR - Resolución Fina. Toma Imágenes digitales y Termográficas	Resolución del Detector 160 x 120 píxeles Con Resolución Fina: 320 x 240 (IR píxeles)	-20 a 350°C	2.816.000 + IVA
U5856A	Nueva Cámara Termográfica TrueIR, KEYSIGHT Tecnología TrueIR - Resolución Fina. Toma Imágenes digitales y Termográficas	Resolución del Detector 160 x 120 píxeles Con Resolución Fina: 320 x 240 (IR píxeles)	-20 a 650°C	3.207.000 + IVA

	<p>Se incluye con la cámara en forma estándar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adaptador AC/D - Batería Recargable Li-Ion - Tarjeta de memoria SD - Cable interface Video RCA a RCA, 2m - Cable interface USB a mini, 1m - Guía de uso rápido - Certificado de Calibración - Software TrueIR Analysis Report Tool en español - Menú en pantalla en español - Manual de usuario en español - Maleta de Transporte <p>Garantía 3 años</p> <p>Capacitación operativa sin costo</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen Termográfica y Digital</p> <p style="text-align: center;">Software TrueIR Analysis Report Tool en Español</p>
---	--	---

Anexo 15: Contratos Servicios de Terceros

Tabla 71: Contratos Primarios de la Gerencia Extracción y Lixiviación

Administración	Servicio	Empresa	PPTO. 2015 USD
Propio	Tratamiento de Polvos de Fundición.	Ecometales Limited	30.175.262
Propio	Servicio de aseo tecnificado GEL.	ANMAR	7.646.413
Propio	Servicio integral de movimiento de tierra	EMELEC	3.900.000
Propio	Servicio de Control de Procedimientos de Ingeniería de Mantenimiento PTMP.	Scaf	73.000
Propio	Manejo y preparación de cátodos para embarque.	Socoal	3.144.000
Propio	Servicios a la Ingeniería Procesos hidrometalúrgicos.	CIMM	855.784
Propio	Servicio de Mantenimiento y Reparación de equipos y sistemas oleohidráulicos.	EXIMTEC	1.440.000
Propio	Reparación de tambores aglomeradores	DVA	504.000
Propio	Servicio de Ingeniería de Confiabilidad en Planta PTMP.	BUREAU VERITAS	441.000
Propio	Servicio de Recuperación y Tratamiento de Fase Orgánica en Superintendencia Área Húmeda.	TEC-IONIC	672.000
Propio	Servicio Metalmecánico y Rec. Estructural Disco y Chute Guía Roto Pala HR6300	TRANYPEC	1.004.004
Propio	Servicio de instalación, mantención y reparación sistemas raspadores de correas transportadoras.	CONTITECH	576.000
Propio	Servicios generales de Mantenimiento Y Construcción Eléctrica.	HIGH SERVICES	1.008.000
Propio	Servicio Eliminación de Condiciones Subestándar.	L	600.000
Propio	Servicio de mantención, reparación de revestimientos y sistemas hidráulicos.	INVERSIONES IMPACTO	2.503.200
Propio	Servicio de control en la gestión integral de riesgos profesionales.	BUREAU VERITAS	484.216
Propio	Arriendo Equipos Movimiento Tierra	TREPESA S.A	4.090.608
Propio	Servicio mantenimiento del Sistema Monitoreo presión y temperatura Neumáticos.	BAILAC UMAN	133.560
Propio	Materiales y Repuestos Excavadora	KOMATSU	32.643
Propio	Mano de Obra Excavadora	KOMATSU	572.959
Propio	Materiales y Repuestos	KOMATSU	1.981.295
Propio	Mano de Obra	KOMATSU	2.240.401
Propio	Suministro, montaje y control de elementos de Perforación ENMS.	WLS	314.823
Propio	Sistema Control Somnolencia Operadores Caex ENMS.	GTD	467.131
Propio	Servicio implementación Sistema anticollisión para equipos mineros.	GALLYAS	307.965

Propio	Servicio reparación de neumáticos.	BAILAC THOR	160.769
Propio	Servicios de Manejo Integral de los Sistemas de Drenaje de Aguas y Soluciones Superficiales.	SK INDUSTRIAL S.A.	572.192
Externo	Servicio de Mantenimiento, Reparación y Mejoramiento Industrial GEL.	STEEL	1.788.000
Externo	Mantenimiento Plantas	SIMMA	3.400.000
Externo	Transporte de Acido	Varias	500.000
Externo	Servicio de Toma y Preparación de Muestra Balance Metalúrgico.	CIMM	120.000
Externo	Análisis Químico a Cátodos.	CESMEC S.A.	24.000
Externo	Arriendo de Grúas Permanentes y Temporales.	STEEL	714.720
Externo	Servicio Integral y Arriendo de Equipos de Apoyo	Besalco	896.368
Externo	Grúa Horquilla 3132	RELSA	180.000
Externo	Servicio de mantenimiento y reparación casas de cambio	REFRAMEC	311.000
Externo	Suministro Vehículos livianos.	Hertz	589.594
Externo	Aseo de Oficinas y Casas de Cambio	Aramark	1.694.000
Externo	Toma y Preparación de Muestras para Control de Procesos y Balance Metalúrgico.	CESMEC S.A.	960.000
Externo	Calderas y compresores.	Atlas Copco	420.000
Externo	Mantención de Ascensores Chancado Primario	Ascensores Hidalgo	225.504
Externo	Arriendo Equipos Industriales	Atlas Copco	238.338
Externo	Servicio de Operación y Mantenimiento Planta Aguas servidas PTMP.	AGUAS Y RILES S.A.	252.000
Externo	Servicio Integral de mantenimiento Sistema Automático. SAPCI	TYCO SERVICES S.A.	156.000
Externo	Recolección Residuos Domésticos.	MOL AMBIENTE	120.000
Externo	Servicios de Imprenta.	Varias	72.000
Externo	Lavado y Manejo Ropa Industrial.	ALBIA	55.248
Externo	Servicio Mantenimiento Puente Grúa (Equipos PTMP)	KONE CRANES CHILE SPA	288.000
Externo	Servicio Integral de Preparación y Respuestas a emergencias.	SUATRANS CHILE S.A.	108.000
Externo	Geomensura.	SERVICIOS ARIDAM S.A.	240.000
Externo	Saneamiento Básico.	AMANCAY S.A.	144.000
Externo	Servicio de Laboratorio y Control de Calidad Externos.	ALS PATAGONIA	180.000
Externo	Servicio de Manejo Integral de Residuos Peligrosos.	HIDRONOR CHILE S.A.	120.000
Externo	Servicio de Arriendo de Sanitarios Químicos portátiles, limpieza de fosa séptica y retiro, transporte y descarga de residuos de aguas servidas.	AMANCAY S.A.	77.741
Externo	Servicio de Mantenimiento, Reparación y Mejoramiento Industrial en Concentradora.	CARLOS ESCARATE, Y CIA.	3.173.455

		LTDA.	
Externo	Explosivos y Servicios Anexos.	ENAEX SERVICIOS S.A	461.772
Externo	Servicio de Control Producción.	INVERSIONES UPTIME S.A.	782.259
Externo	Servicio de Control Producción.	JIGSAW TECHNOLOGIES LTDA.	310.605
Externo	Equipos con Operador.	RELSA	97.21
Externo	Servicio Arriendo Camiones varios.	RELSA	37.369
Externo	Servicio de Mantenimiento y Reparación de Asientos, Cabinas, Sistemas de Aire Acondicionado y Calefacción de Equipos Mineros.	SERV. DE REFRIGERACION Y AIRE ACOND	41.074
Externo	Servicio Integral de Lavado, Limpieza, Pintura de Equipos Mineros y Housekeeping Industrial.	SERV. DE REFRIGERACION Y AIRE ACOND	635.231
Externo	Servicio Generales de Reparación Estructural de Componentes en Equipos Mineros.	MINETEC S.A.	291.217
Externo	Servicios de Mantenimiento, Reparación y Mejoramiento Industrial, en Sistemas de Transporte de Mineral y Chancado.	STEEL	1.392.118
Externo	Servicio de Alimentación.	SOC. HOTELERA E INVERS. DEL PACIFIC	3.530
Externo	Servicio de Control de Calidad al Servicio de Alimentación.	CESMEC	4.176
Externo	Transporte de Carga.	ASOC. GREMIAL DE DUENOS DE CAM. CAL	2.852
Externo	Briquetas UCG-210 (820)	AGREDUCAM	216.000
Externo	Servicios de Alimentación, Colaciones.	ARAMARK	292.000
Externo	Mantenimiento PI System.	CONTAC INGENIEROS LTDA.	480.000
Externo	Actualización Procedimientos.	-	12.000
Externo	Plan de Tránsito.	VOLCAN NEVADO	500.000
Externo	Reparación General Anual Planta Harneros y Tambores aglomeradores	FLS MIDTH S.A.	300.000
Externo	Acoplamientos Hidráulicos.	VOITH TURBO	279.696
Externo	Ingenierías Multidisciplinarias	-	120.000
Propio	Bonos		580.000

Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

- Nivelatermografía. (31 de Enero de 2012). Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de <http://www.nivelatermografia.net/blog/flir-presenta-la-nueva-camara-termografica-e30/>
- Adame Welsh, R. A. (2000). Costeo basado en actividades (ABC) conceptos teóricos y metodología de implementación. Nuevo León.
- Aguilera, M., Casanueva, M., & Hernández, C. (2006). Scielo. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382006000200004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html
- Codelco. (2014). Informe Mensual de Gestión Operacional.
- Codelco. (Abril de 2015). www.codelco.com. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de <http://www.codelco.com>
- Codelco. (2015). www.codelco.com. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de http://www.codelco.com/memoria2014/site/artic/20150318/asocfile/20150318124155/memoria_anual_codelco_2014.pdf
- Comisión Chilena del Cobre. (7 de Julio de 2015). Cochilco. Recuperado el 27 de Julio de 2015, de http://www.cochilco.cl/archivos/comunicados/20150707115053_COMUNICADO%20DE%20PRENSA%20Informe%20Tendencias%20%202015-2016%20julio.pdf
- Comisión Chilena del Cobre. (2015). www.cochilco.cl. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de <http://www.cochilco.cl/atencion/guia-princ.asp>
- Comisión Chilena del Cobre. (2015). www.cochilco.cl. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de <http://www.cochilco.cl/estadisticas/precio-metales.asp>
- Comisión Nacional del Cobre. (2014). INFORME DE TENDENCIAS DEL MERCADO DEL COBRE .
- Cuadra, P. (2012). www.codelcoeduca.cl. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_chancado_y_molienda.asp
- Cuadra, P. (2012). www.codelcoeduca.cl. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_lixiviacion.asp
- Cuadra, P. (2012). www.codelcoeduca.cl. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_electroobtencion.asp
- Cuadra, P., & Huerta, P. (2012). www.codelcoeduca.cl. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_extraccionarajoabierto.asp
- Fivi.cat. (s.f.). Fivi.cat. Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de http://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf

- Fundibeq. (2015). www.fundibeq.org. Recuperado el 4 de Junio de 2015, de http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf
- Gerencia de Extracción y Lixiviación. (2015). Plan Minero 2016. Chuquicamata.
- Gerencia Extracción y Lixiviación, División Chuquicamata. (2015). Pruebas de Lixiviación a Materiales. Chuquicamata.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: EOI.
- Ingenieriaindustrialonline. (2012). Recuperado el 8 de Junio de 2015, de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/promedio-simple/>
- Ingenieriaindustrialonline. (2012). Recuperado el 8 de Junio de 2015, de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/promedio-m%C3%B3vil/>
- Ingenieriaindustrialonline. (2012). Recuperado el 8 de Junio de 2015, de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/promedio-m%C3%B3vil-ponderado/>
- Nunes, P. (26 de Agosto de 2012). www.knoow.net. Recuperado el 4 de Junio de 2015, de <http://www.knoow.net/es/cieeconcom/gestion/diagramacausaefecto.htm>
- Pabon, Y., & Miranda, J. (Junio de 2010). www.goyoplan701.blogspot.com. Recuperado el 4 de Junio de 2015, de <http://goyoplan701.blogspot.com/2010/06/diagrama-causa-efecto-ishikawa.html>
- Quiñónez, D., González, N., López, M. E., & Tabares, M. G. (2012). Diferencia entre el costeo tradicional y el costeo basado en actividades. Sonora.
- Vinasco Isaza, L. E. (2015). www.cicalidad.com. Recuperado el 1 de Junio de 2015, de <http://www.cicalidad.com/articulos/Soluci%C3%B3n%20de%20Problemas%20-%20PHVA.pdf>
- Wikipedia. (20 de Marzo de 2007). www.wikipedia.org. Recuperado el 4 de Junio de 2015, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Pareto
- Wikipedia. (2015). Wikipedia. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de https://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n_lineal
- XTHRA. (2011). www.xthra.com. Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de http://www.xthra.com/es/xthra_neumaticos_llantas_otr_radiales_es.htm