

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



Diagnóstico Operativo Empresarial de la Compañía Minera Ares

Unidad Operativa Selene

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN

DIRECCIÓN DE OPERACIONES PRODUCTIVAS

OTORGADO POR LA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

PRESENTADA POR

Wilder Bedoya Acosta

Luis Flores Juchani

Jorge Luis Oviedo Lira

Roberth Torres Gonzales

Asesor: Sandro Sánchez Paredes

Santiago de Surco, septiembre de 2017

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi familia: Michelle, mi esposa, por su apoyo inacabable, y por ser mi compañera de vida. A mis hijos Manuel y Michelle Ariadna, vidas que iluminan mi vida. A mis padres Adolfo y Antonieta, por ser mis primeros maestros y por ofrecerme su apoyo incondicional.

Wilder Bedoya Acosta

En primera instancia dedico esta maestría a Dios, pues gracias a Él tenemos todas las cosas. A mi esposa Kelly, por sacrificarse conmigo; a mis padres Américo y Rosita, que sembraron en mí el deseo de superación constante; y a mis compañeros de tesis, con quienes formé un equipo excepcional.

Roberth Torres Gonzales

A mi esposa Rocío y a mis hijos Renato y Rafaella, quienes me apoyaron de manera incondicional durante mis estudios; desde traerme un café, hasta hacer silencio durante mis clases *on line*. Gracias a su apoyo pude llegar al final de este importante reto profesional. A mis compañeros de equipo de trabajo.

Jorge Luis Oviedo Lira

A Dios, por brindarme grandes oportunidades que me permitan superar en la vida. A mis padres Martín y Clara, por ser mis guías en todo este tiempo. A mis hermanos Nadia y Marco Antonio, por todo su apoyo y ánimos. A mi novia Fiorella, por estar a mi lado siempre, motivándose a seguir adelante.

Luis Flores Juchani

Agradecimientos

Expresamos nuestra mayor gratitud y aprecio:

Al profesor MBA Juan Narro Lavi, por su apoyo e introducción a la maestría, en las clases presenciales en CENTRUM.

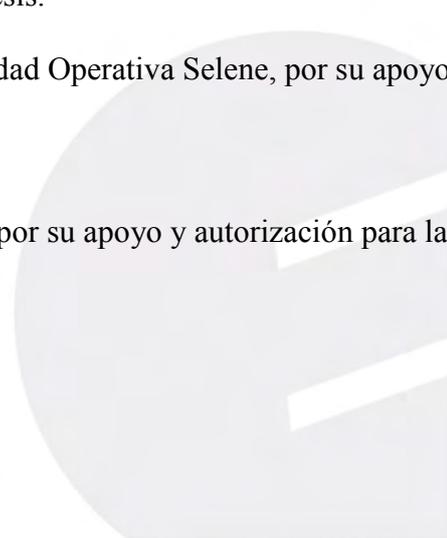
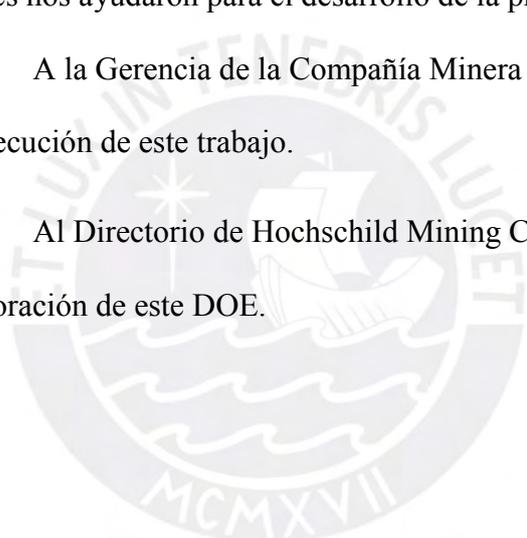
A la Srta. Janet Medina Ríquez, por su valiosa tutoría y acompañamiento durante el desarrollo de la maestría.

Al profesor MBA Ing. Sandro Sánchez Paredes, por su asesoría y valiosas observaciones durante el desarrollo de este trabajo de Tesis.

Al profesor Miguel Patiño, por su valiosa experiencia y herramientas brindadas, las cuales nos ayudaron para el desarrollo de la presente Tesis.

A la Gerencia de la Compañía Minera Ares Unidad Operativa Selene, por su apoyo en la ejecución de este trabajo.

Al Directorio de Hochschild Mining Company, por su apoyo y autorización para la elaboración de este DOE.



Resumen Ejecutivo

El presente Diagnóstico Operativo Empresarial detalla la gestión operativa de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, afiliada al grupo Hochschild Mining. Se realizó con la finalidad de analizar la situación actual de la Unidad Operativa, aplicando los conocimientos adquiridos en la Maestría de Dirección de Operaciones Productivas, lo cual ha permitido identificar y proponer mejoras significativas a sus actuales procesos productivos o *core business* y también a sus procesos de soporte, que ayudarán a incrementar la competitividad, sostenibilidad y rentabilidad de la empresa.

La compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se encuentra ubicada a 22 Kilómetros de la Unidad Minera Pallancata (yacimiento minero), en el departamento de Apurímac, al sur del Perú, a una altura de 4,600 msnm. La operación de extracción de mineral es de tipo socavón o subterráneo, de donde se extraen minerales de Plata y Oro; los cuales son transportados mediante volquetes a la Unidad Operativa Selene, el análisis en este trabajo de investigación comprende las mejoras en el diseño del proceso mediante aplicaciones tecnológicas de última generación como analizadores de partículas en tiempo real, reduciendo los tiempos de espera en el proceso, optimizando la asignación de recursos limitados a una serie de necesidades, ya que en el mercado de los *commodities*, como el caso minero, deja poco espacio para el desarrollo de productos. La eficiencia de costos operativos y la optimización de las operaciones, son los retos a superar en una empresa que no maneja el precio de venta de sus productos, y que debe establecer una estrategia en liderazgo de costos para que sea rentable y sostenible en el tiempo. El presente estudio propone con una inversión proyectada de \$ 1,251,529 un estimado de ahorros de \$ 2,285,706 en el primer año y ahorros acumulados al quinto año cercanos a \$5,109,703, además de generar un aumento constante de los ingresos anuales del orden del \$ 1,370,074.

Abstract

This Business Operational Diagnosis details the operational management of the Ares Mining Company, Selene Operative Unit, affiliated to the Hochschild Mining Group. It was done with the purpose of analyzing the current situation of the Operative Unit, applying the knowledge acquired in the Master of Operations Management, which has allowed identifying and proposing significant improvements to its current production processes or core business and also to its support processes, which will help increase the competitiveness, sustainability and profitability of the company.

The Ares Mining Company, Selene Operative Unit is located to 22 kilometers from the Pallancata Mining Unit (mining site) at the department of Apurímac, in the south of Peru, at an altitude of 4,600 meters above sea level. The operation of mineral extraction is of the underground or underground type, from where the Silver and Gold are extracted and transported by dump trucks to the Selene Operating Unit, the analysis in this research work includes improvements in the design of the process using state-of-the-art technological applications such as particle analyzers in real time, reducing waiting times in the process, optimizing the allocation of limited resources to a series of needs, since in the commodity market, such as the mining case, it leaves little room for product development. The operational cost efficiency and operations optimization are the challenges to be overcome in a company that does not handle the sales price of its products, and that it must establish a strategy in cost leadership to be profitable and sustainable over time. The present study proposes with a projected investment of \$ 1,251,529 an estimated savings of \$ 2,285,706 in the first year and accumulated savings in the fifth year close to \$ 5,109,703, in addition to generating a constant increase of annual revenues of the order of \$ 1,370,074.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	xiii
Lista de Figuras.....	xvii
Capítulo I. Introducción	1
1.1. Aspectos Metodológicos	2
1.1.1. Tipos de Investigación.....	4
1.1.2. Técnicas de Investigación y Análisis	4
1.2. Introducción.....	6
1.3. Descripción de la Empresa	7
1.4. Productos Elaborados	8
1.5. Ciclo Operativo	8
1.6. Clasificación según sus Operaciones Productivas.....	11
1.7. Matriz del Proceso de Transformación	11
1.8. Relevancia de la Función de Operaciones.....	13
1.9. Conclusiones	14
Capítulo II. Marco Teórico	15
2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta	17
2.1.1. Ubicación de la Planta.....	17
2.1.2. Dimensionamiento de Planta.....	22
2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos	24
2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso	28
2.4. Planeamiento y Diseño de Planta	31
2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo.....	34
2.6. Planeamiento Agregado	39
2.7. Programación de Operaciones Productivas.....	43

2.8.	Gestión de Costos.....	46
2.9.	Gestión Logística.....	50
2.10.	Gestión y Control de la Calidad	53
2.11.	Gestión del Mantenimiento	57
2.12.	Cadena de suministro	61
Capítulo III. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta.....		65
3.1.	Dimensionamiento de Planta.....	66
3.2.	Ubicación de Planta.....	67
3.3.	Propuestas de Mejora	71
3.4.	Conclusiones	72
Capítulo IV. Planeamiento y Diseño de los Productos		74
4.1.	Secuencia del Planeamiento y Aspectos que se deben Considerar	76
4.1.1.	Idoneidad.....	76
4.1.2.	Viabilidad y Valoración	77
4.2.	Aseguramiento de la Calidad del Diseño	78
4.3.	Propuesta de Mejora.....	78
4.4.	Conclusiones	81
Capítulo V. Planeamiento y Diseño del Proceso		82
5.1.	Mapeo de los Procesos	82
5.1.1.	Proceso Productivo.....	84
5.5.	Propuestas de Mejora	96
5.5.1.	Eliminación de Actividades no Productivas del Proceso	96
5.5.2.	Mejoras en el Sistema de Clasificación en Molienda.....	97
5.6.	Conclusiones	101
Capítulo VI. Planeamiento y Diseño de la Planta		103

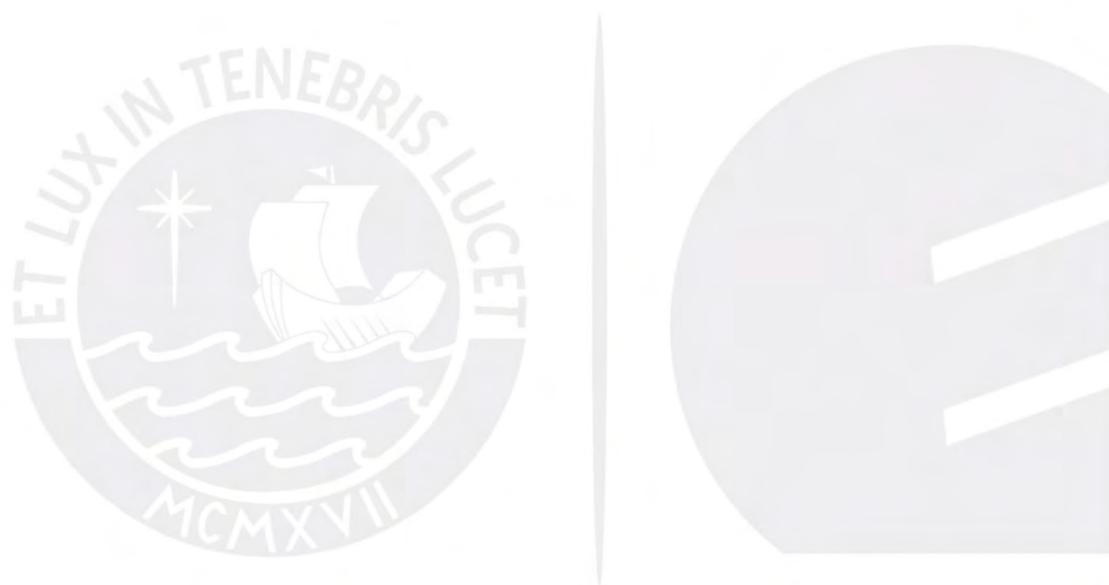
6.1.	Distribución de Planta	103
6.2.	Análisis de la Distribución de Planta	104
6.3.	Propuestas de Mejora	110
6.4.	Conclusiones	112
Capítulo VII. Planeamiento y Diseño del Trabajo.....		113
7.1	Planeamiento del trabajo	113
7.2	Organigrama de Operaciones de la Planta	115
7.2.1	Organigrama de la Planta	116
7.2.2	Indicadores Estratégicos.....	120
7.3	Propuestas de Mejora	123
7.4	Conclusiones	124
Capítulo VIII. Planeamiento Agregado		126
8.1.	Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado	126
8.2.	Análisis del Planeamiento Agregado	128
8.2.1.	Variables Modificadoras de la Demanda	129
8.2.2.	Variables Modificadoras de la Oferta	129
8.2.3.	Estrategia Empresarial para el Planeamiento Agregado	132
8.3.	Pronósticos y Modelación de la Demanda	133
8.4.	Planeamiento de Recursos (Programa Maestro)	134
8.5.	Propuesta de Mejoras	139
8.6.	Conclusiones	139
Capítulo IX. Programación de Operaciones Productivas		141
9.1.	Optimización del Proceso Productivo	141
9.2.	Programación.....	145
9.3.	Gestión de la Información	147

9.4.	Propuestas de Mejora	148
9.4.1.	Aplicación de Programación Lineal a la Planta Concentradora	148
9.4.2.	Mejoras en la Instrumentación de Planta	151
9.4.3.	Implementación de un Sistema Centralizado de Control de Planta	156
9.4.4.	Implementación de un Sistema de Gestión de Datos PI System (OSI Soft)	160
9.5.	Análisis Financiero de los Proyectos de Mejora Propuestos.....	168
9.6.	Conclusiones	172
Capítulo X. Gestión Logística		175
10.1.	Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento.....	175
10.2.	La Función de Almacenes	177
10.2.1.	Almacén de Materia Prima.....	178
10.2.2.	Almacén Central.....	179
10.2.3.	Almacén de Bolas de Molienda.....	179
10.2.4.	Almacén de Reactivos Químicos	180
10.2.5.	Almacenes Auxiliares.....	180
10.2.6.	Almacén de Productos Terminados.....	181
10.3.	Inventario.....	182
10.4.	La función de transporte.....	184
10.5.	Definición de los Principales Costos Logísticos	185
10.5.1.	Variación del Inventario	185
10.5.2.	Balance del Inventario	186
10.5.3.	Rotación del Inventario	187
10.5.4.	Meses de Cobertura del Inventario.....	188
10.6.	Propuestas de mejoras	189
10.7.	Conclusiones	195

Capítulo XI. Gestión de Costos.....	196
11.1. Costeo por órdenes de trabajo	196
11.2. Costeo Basado en Actividades	199
11.2.1. Costos de producción	199
11.3. El Costo de Inventarios	203
11.4. Propuestas de Mejora	205
11.5. Conclusiones	207
Capítulo XII. Gestión y Control de la Calidad.....	208
12.1. Gestión de la Calidad	208
12.1.1. Los Clientes.....	208
12.1.2. La Demanda	209
12.1.3. La Competencia.....	210
12.1.4. Estándares implementados:	211
12.2. Control de la Calidad.....	211
12.2.1. Análisis del Proceso Principal.....	212
12.3. Propuestas de Mejora	219
12.3.1. Optimización del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).....	219
12.3.2. Implementación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG).....	222
12.4. Conclusiones	223
Capítulo XIII. Gestión del Mantenimiento.....	225
13.1. Mantenimiento Correctivo	225
13.2. Mantenimiento Preventivo	226
13.2.1. Repuestos o Materiales.....	227
13.2.2. Mano de Obra.....	227
13.2.3. Ejecución	227

13.2.4. Criticidad de los equipos y maquinarias.....	230
13.2.5. Indicadores	230
13.3. Propuestas de Mejora	234
13.3.1. Optimización del Cambio de Forros de los Molinos.....	236
13.3.2. Sistema Manual de Inspección y Monitoreo de Equipos	239
13.3.3. Beneficios del Uso de Esta Tecnología.....	243
13.3.4. Evaluación Económica	244
13.1. Conclusiones	245
Capítulo XIV. Cadena de Suministro	247
14.1. Definición del Producto.....	247
14.2. Empresas de la Cadena de Suministro	248
14.3. Descripción de la Tercerización o Joint-Venture de la Empresa	251
14.4. Estrategias del Canal de Distribución Para Llegar al Consumidor Final.....	252
14.5. Propuestas de mejora.....	254
14.6. Conclusiones	256
Capítulo XV. Conclusiones y Recomendaciones.....	258
15.1. Conclusiones Finales.....	258
15.2. Recomendaciones Finales	261
Referencias.....	266
Apéndice A. Puestos de Trabajo en Planta Concentradora Selene.....	273
Apéndice B. Análisis y Diseño de Puestos de Trabajo – Consultora Externa	274
Apéndice C. Carta de Difusión Clima Laboral.....	283
Apéndice D. Diagrama de Flujo Planta Concentradora Selene	284
Apéndice E. Reporte Mensual de Investigaciones Metalúrgicas	285
Apéndice F. Caso de Éxito de Aplicación Minera del PI System	288

Apéndice G. Convertir Datos a en una Ventaja Competitiva.....	289
Apéndice H. Diagrama P&ID – Circuito de Molienda Planta Concentradora Selene..	294
Apéndice I. Diagrama P&ID – Circuito de Flotación Planta Concentradora Selene ...	295
Apéndice J. Diagrama de Lazo de Control – Integración Futura a PLC.....	296
Apéndice K. Autorización de Uso de Información Cia Minera Ares.....	297



Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Producción 2016 – Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene</i>	8
Tabla 2. <i>Tonelaje de mineral tratado en la planta (2015 – 2016)</i>	67
Tabla 3. <i>Costo unitario de onzas equivalentes en plata de mineral (2015 – 2016)</i>	68
Tabla 4. <i>Matriz de puntaje y ponderación de los factores de ubicación de planta</i>	70
Tabla 5. <i>Escala de puntaje para la calificación de los factores de ubicación de planta</i>	70
Tabla 6. <i>Matriz de puntaje y ponderación de las propuestas de ubicación de planta</i>	71
Tabla 7. <i>Matriz de idoneidad del producto</i>	77
Tabla 8. <i>Escala de Puntaje</i>	77
Tabla 9. <i>Matriz de Idoneidad del Producto – Puntaje</i>	78
Tabla 10. <i>Matriz de Viabilidad y Valoración del Producto – Puntaje</i>	78
Tabla 11. <i>Matriz de Diseño Final – Especificaciones del Producto</i>	80
Tabla 12. <i>Inventario de equipos y máquinas de la planta</i>	91
Tabla 13. <i>Selección del Proceso Crítico</i>	92
Tabla 14. <i>Detalle de actividades por circuito (sin Cleaner)</i>	95
Tabla 15. <i>Base Line de los tres circuitos</i>	95
Tabla 16. <i>Demanda por circuito y Takt time inicial</i>	96
Tabla 17. <i>Balace de línea del proceso de flotación</i>	96
Tabla 18. <i>Ley de concentrado y recuperación del mineral</i>	100
Tabla 19. <i>Relación de actividades</i>	106
Tabla 20. <i>Valores según la cercanía y uso de recursos</i>	106
Tabla 21. <i>Hoja de trabajo para la producción de concentrado de mineral</i>	107
Tabla 22. <i>Relación de diagramas</i>	108
Tabla 23. <i>Relación de cercanía total (TCR)</i>	109
Tabla 24. <i>Plan de Campañas de Producción Planta Concentradora Selene</i>	114
Tabla 25. <i>Distribución personal planta por guardias</i>	117
Tabla 26. <i>Estimación de requerimiento de personal</i>	117

Tabla 27. <i>Promoción Interna de Personal Año 2016</i>	120
Tabla 28. <i>Fuerza Laboral de la Comunidad Año 2016</i>	121
Tabla 29. <i>Rotación Voluntaria de Empleados</i>	122
Tabla 30. <i>Horas de Capacitación en Seguridad (DS 055-2010)</i>	122
Tabla 31. <i>Balance de personal de la Planta</i>	124
Tabla 32. <i>Balance de remuneración del personal de la Planta</i>	124
Tabla 33. <i>Tratamiento Programado de Mineral 2017</i>	135
Tabla 34. <i>Programa de Consumo de Bolas y Reactivos 2017</i>	136
Tabla 35. <i>Programado – real tonelaje de mineral 2017</i>	136
Tabla 36. <i>Resumen General de Personal Planta Concentradora</i>	138
Tabla 37. <i>Evaluación Financiera – Aplicación de Programación Lineal</i>	168
Tabla 38. <i>Evaluación Financiera – Mejoras en la Instrumentación</i>	169
Tabla 39. <i>Evaluación Financiera – Sistema de Control Centralizado</i>	170
Tabla 40. <i>Evaluación Financiera – Sistema de Gestión de Datos PI System</i>	171
Tabla 41. <i>Pareto del inventario Enero – Febrero 2017</i>	183
Tabla 42. <i>Clasificación del Pareto del Inventario</i>	183
Tabla 43. <i>Variación del inventario diciembre 2016 – febrero 2017</i>	185
Tabla 44. <i>Balance del inventario diciembre 2016 – febrero 2017</i>	186
Tabla 45. <i>Variación de la rotación del inventario diciembre 2016 – febrero 2017</i>	187
Tabla 46. <i>Variación de meses de cobertura del inventario</i>	188
Tabla 47. <i>Segregación SKUs propuesto</i>	193
Tabla 48. <i>Balance del inventario (inventarios – consumos)</i>	193
Tabla 49. <i>Propuesta de cobertura del inventario</i>	194
Tabla 50. <i>Provisiones Planta Concentradora 2017</i>	196
Tabla 51. <i>Ejecución de las provisiones al mes de mayo 2017</i>	197
Tabla 52. <i>OPEX Planta Concentradora para el año 2017</i>	198
Tabla 53. <i>CAPEX Planta Concentradora para el año 2017</i>	198
Tabla 54. <i>Costo unitario de onzas de plata</i>	199

Tabla 55. <i>Costo de operación de la planta</i>	200
Tabla 56. <i>Costo servicios generales</i>	200
Tabla 57. <i>Variación de costos de Planta Concentradora</i>	201
Tabla 58. <i>Resumen de tratamiento planta mayo 2017</i>	201
Tabla 59. <i>Distribución del inventario</i>	203
Tabla 60. <i>Monto según la clasificación del inventario</i>	204
Tabla 61. <i>Costeo basado en actividades de la planta - propuesta</i>	206
Tabla 62. <i>Comparación de costos actual vs propuesta</i>	206
Tabla 63. <i>Balance metalúrgico del proceso de flotación</i>	212
Tabla 64. <i>Caracterización y análisis del proceso de flotación –SIPOC</i>	214
Tabla 65. <i>Caracterización y análisis del proceso de flotación –Controles</i>	215
Tabla 66. <i>Caracterización y análisis del proceso de flotación</i>	216
Tabla 67. <i>Gestión de riesgos para el proceso de flotación (Entrada-Actividad)</i>	217
Tabla 68. <i>Gestión de riesgos para el proceso de flotación (Salida-Criterio-Recurso)</i>	218
Tabla 69. <i>Datos de Accidentes Semestrales (enero – junio 2017) Pallancata/Selene</i>	219
Tabla 70. <i>Costos Promedio de Obreros</i>	219
Tabla 71. <i>Costos Directos Accidentes Incapacitantes</i>	220
Tabla 72. <i>Costos Indirectos Totales y Ratios Anuales por Tipo de Accidente</i>	220
Tabla 73. <i>Costos Totales Anualizados por Accidentes Laborales: Pallancata/Selene</i>	220
Tabla 74. <i>Flujo de Inversión</i>	221
Tabla 75. <i>Indicadores de la inversión</i>	222
Tabla 76. <i>Costos Actuales de los Sistemas de Calidad</i>	222
Tabla 77. <i>Escenario Pesimista: 10% Mejora y 30% Productividad</i>	223
Tabla 78. <i>Escenario Medio: 30% Mejora y 40% Productividad</i>	223
Tabla 79. <i>Escenario Optimista: 50% Mejora y 50% Productividad</i>	223
Tabla 80. <i>Criticidad de equipos de la Unidad operativa Selene</i>	231
Tabla 81. <i>Indicadores de Mantenimiento</i>	231
Tabla 82. <i>Comparativo del Presupuesto vs Costo real de mantenimiento</i>	233

Tabla 83. <i>Duración de Mill Linnners Planta Concentradora Selene</i>	237
Tabla 84. <i>Costos de servicio de cambio de Mill Linnners.</i>	238
Tabla 85. <i>Inversión para la implementación del Intermec CN70</i>	245
Tabla 86. <i>Evaluación beneficio-costo del Intermec CN70</i>	245
Tabla 87. <i>Consumo de materiales por área</i>	251
Tabla 88. <i>Inventario según planificación de materiales</i>	252
Tabla 89. <i>Flete - real</i>	253
Tabla 90. <i>Flete – Estimado</i>	253
Tabla 91. <i>Indicadores de calidad de servicio - consignaciones</i>	254
Tabla 92. <i>Políticas propuestas – consignaciones</i>	255
Tabla 93. <i>Estimación de ahorro – consignaciones</i>	256
Tabla 94. <i>Resumen de beneficios (ganancia-ahorro) de las propuestas de mejora</i>	262



Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Modelo de Negocio – Hochschild Mining Company	2
<i>Figura 2.</i> Unidades operativas – Hochschild Mining	7
<i>Figura 3.</i> Ciclo operativo.....	10
<i>Figura 4.</i> Resumen de procesos de entrada y salida.	11
<i>Figura 5.</i> Clasificación de empresas por su tipo de actividad.	12
<i>Figura 6.</i> Matriz del proceso de transformación.....	13
<i>Figura 7.</i> Mapa de Literatura.....	19
<i>Figura 8.</i> Flujograma de Decisiones para el tipo de mantenimiento	60
<i>Figura 9.</i> Ubicación Geográfica Unidad Operativa Selene.	69
<i>Figura 10.</i> Distribución de los factores en la ubicación de la planta	71
<i>Figura 11.</i> Mapa de procesos.....	83
<i>Figura 12.</i> Tamaño de partículas de acuerdo con tipo de equipo de chancado.	85
<i>Figura 13.</i> Tamaño de partículas de acuerdo con tipo de equipo de molienda.....	87
<i>Figura 14.</i> Principio del proceso de flotación.....	87
<i>Figura 15.</i> Diagrama de análisis del proceso DAP.....	93
<i>Figura 16.</i> Diagrama VSM actual del proceso de flotación.	94
<i>Figura 17.</i> Diagrama VSM propuesto del proceso de flotación.	98
<i>Figura 18.</i> Equipo de Análisis Granulométrico por Rayos X PSI 500 de Outotec.....	101
<i>Figura 19.</i> Distribución Física Actual de la Planta Selene.	104
<i>Figura 20.</i> Diagrama de Muther de la Planta Selene	105
<i>Figura 21.</i> Patrones de la distribución en bloques.....	108
<i>Figura 22.</i> Distribución de planta Selene	110
<i>Figura 23.</i> Comparativo de distribuciones de planta actual y propuesta	111
<i>Figura 24.</i> Descripción de puestos de trabajo – Superintendente de Planta	118
<i>Figura 25.</i> Organigrama de la planta concentradora	119
<i>Figura 26.</i> Publicación resultados clima laboral	123

<i>Figura 27.</i> Dosificador de "Copas".....	144
<i>Figura 28.</i> Bomba Dosificadora de Pistón.....	145
<i>Figura 29.</i> Esquema de funcionamiento Software Optiblend.....	151
<i>Figura 30.</i> Detalle del Nivel de Instrumentación en Molienda	154
<i>Figura 31.</i> Detalle de Diagrama P&ID en Flotación – Planta Concentradora Selene.....	155
<i>Figura 32.</i> Diagrama Típico de una Red Industrial de Control	158
<i>Figura 33.</i> Imagen típica de una Sala de Control Centralizada	159
<i>Figura 34.</i> Esquema de Funcionamiento PI System.....	161
<i>Figura 35.</i> Arquitectura y Funciones del PI System.....	164
<i>Figura 36.</i> Herramientas de Visualización de PI System	166
<i>Figura 37.</i> Arquitectura Funcional del PI System	167
<i>Figura 38.</i> Busines Intelligence – Any Place, Any Device	167
<i>Figura 39.</i> Proceso de compra.....	176
<i>Figura 40.</i> Módulo de usuario del SAP	178
<i>Figura 41.</i> Almacén de materia prima.....	179
<i>Figura 42.</i> Almacén Central	179
<i>Figura 43.</i> Almacén de bolas de Acero	180
<i>Figura 44.</i> Almacén de Reactivos Químicos.....	180
<i>Figura 45.</i> Almacén auxiliar.....	181
<i>Figura 46.</i> Depósito de lubricantes.....	181
<i>Figura 47.</i> Almacén de productos terminados.....	182
<i>Figura 48.</i> Clasificación del Inventario según el diagrama de Pareto	184
<i>Figura 49.</i> Distribución del inventario al mes de febrero 2017.....	185
<i>Figura 50.</i> Balance del inventario periodo 2016 – febrero 2017.....	186
<i>Figura 51.</i> Variación de la rotación del inventario periodo 2016 – febrero 2017	187
<i>Figura 52.</i> Meses de cobertura de SKUs críticos periodo 2016 – febrero 2017.....	188
<i>Figura 53.</i> Meses de cobertura de SKUs regulares periodo 2016 – febrero 2017.....	189
<i>Figura 54.</i> Diagrama causa-efecto / Ishikawa de la gestión logística.....	190

<i>Figura 55.</i> Variación de costos año 2016	202
<i>Figura 56.</i> Variación de costos mayo 2017	202
<i>Figura 57.</i> Variación del nivel de inventario	205
<i>Figura 58.</i> Principales indicadores de calidad	211
<i>Figura 59.</i> Recuperación plata y oro por etapas del proceso de flotación	212
<i>Figura 60.</i> Requerimiento de actividades de mantenimiento	228
<i>Figura 61.</i> Cartilla de Mantenimiento Preventivo	229
<i>Figura 62.</i> Disponibilidad y Utilización	232
<i>Figura 63.</i> Tiempo promedio entre falla – MTBF	232
<i>Figura 64.</i> Tiempo promedio entre reparaciones – MTTR.....	233
<i>Figura 65.</i> Comparativo de costos de mantenimiento	234
<i>Figura 66.</i> Posibilidad de Integración de Datos Intelatrack	236
<i>Figura 67.</i> Consulta Típica de Parámetros en Campo	240
<i>Figura 68.</i> Identificación del Equipo a ser Inspeccionado	240
<i>Figura 69.</i> TAGs RFID de Uso Industrial Para Identificación de Equipos	241
<i>Figura 70.</i> Tipos de dispositivos Hand Held Industriales y lectores de Tags RFID.....	242
<i>Figura 71.</i> Arquitectura del Sistema Hand Held	242
<i>Figura 72.</i> Flujo de información de la Hand Held.....	243
<i>Figura 73.</i> Clasificación de la cadena de suministro	248
<i>Figura 74.</i> Flujo de la cadena de suministro.....	250

Capítulo I. Introducción

El Grupo Hochschild es un importante conglomerado minero de origen peruano, dedicado a la explotación de yacimientos subterráneos de metales preciosos. El grupo está conformado por varias empresas que cuentan con operaciones mineras en Perú y Argentina, además de varios prospectos mineros para nuevas operaciones en México y Chile. Sus unidades mineras en Perú se encuentran entre la sierra central y sur del país. Los orígenes de esta empresa no fueron como productor, sino como comercializador de minerales en Perú y Bolivia; su historia pasó por tener operaciones comerciales en Bolivia, y posteriormente operaciones mineras en Perú. La empresa se encuentra focalizada en yacimientos de oro y plata de alta ley, y su modelo de negocio se concentra en las exploraciones y su experiencia operacional y geológica. Todo esto rodeado de sus políticas de gobierno interior, su compromiso con la sostenibilidad, la experiencia de su equipo de trabajo y una consistente estrategia de manejo de finanzas.

Abarcar todas las unidades mineras del Grupo Hochschild sería muy extenso para este diagnóstico operativo empresarial (DOE), y debido a que uno de los miembros del equipo de trabajo labora actualmente como jefe de turno en la planta de procesamiento de minerales de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es que se realizó este trabajo en la mencionada unidad minera, debido a la facilidad de acceso a información clave.

En este primer capítulo, se describe funcional y organizacionalmente a la Compañía Minera Ares Unidad Operativa Selene. Se revisará los puntos más relevantes de su historia, su organización, sus procesos productivos y ciclo operativo. En cada capítulo, de acuerdo con los puntos analizados en el DOE, se presentan conclusiones y recomendaciones, considerando en algunos casos, el análisis financiero de las mejoras propuestas para justificar su implementación.

La empresa se enfoca en mejorar la productividad de sus operaciones y en optimizar la vida útil de las minas, basado en la sostenibilidad de las reservas probadas y probables de cada unidad minera. Para la validación de los programas de expansión y el cuidado de los intereses de los inversionistas, se usa una estricta estructura de gasto y prioridades de inversión, que tengan como objetivo principal el cuidado del balance de flujo de caja; y planes de producción consensuados y adecuados a la capacidad real de la planta de procesamiento Selene. En la actualidad, este plan de producción considera el abastecimiento de mineral desde la Mina Pallancata. La Figura 1, muestra un resumen del modelo de negocio que rige a todas las empresas del Grupo Hochschild.



Figura 1. Modelo de Negocio – Hochschild Mining Company
Tomado de «Reporte anual» (p. 5), por la Compañía Minera Ares, 2016a. Lima, Perú:
Hochschild.

1.1. Aspectos Metodológicos

Durante la etapa inicial de la evaluación del proyecto, se analizó las empresas en las cuales laboran los miembros del equipo de trabajo. De las cuatro empresas en las cuales se tenía la posibilidad de acceder a la información requerida para realizar el trabajo de tesis, se analizó las posibilidades y el potencial de aplicación de las técnicas y

herramientas aprendidas durante los estudios de Maestría. Una de las organizaciones era la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria, también conocida por sus siglas SUNAT, pero es una empresa estatal que brinda servicios de Administración Tributaria a nivel nacional que sigue complejos procedimientos que pueden ser optimizados, pero que la celeridad requerida para obtener la información para el trabajo no se ajustaba a las fechas requeridas. La segunda empresa analizada era la Compañía Minera Barrick Misquichilca, productora de Oro, pero el poco tiempo de permanencia de uno de los integrantes del grupo, complicaba el acceso a información estratégica que era requerida para el correcto desarrollo del trabajo. La tercera empresa era Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A, comercializadora de equipo pesado y servicio post venta, empresa orientada al servicio de mantenimiento especializado a múltiples clientes de minería y construcción. La cuarta empresa era la Compañía Minera Ares S.A.C. que finalmente fue elegida ya que el integrante del grupo tenía una permanencia de 10 años en la empresa, la empresa cuenta con varias unidades operativas y plantas de procesamiento de mineral para la producción de concentrados de Plata y Oro y barras de Dore y la unidad elegida fue la Unidad Operativa Selene, la cual cuenta con una planta de producción de concentrado de Plata y Oro.

Debido a la naturaleza confidencial de la información requerida para el desarrollo del presente Diagnóstico Operativo Empresarial (DOE) se solicitó la autorización a la alta gerencia de la empresa, la cual fue aprobada por el CEO de la corporación, y se encuentra adjunta al trabajo en el Apéndice K.

El alcance del estudio está determinado por las áreas operacionales de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, identificando sus procedimientos y oportunidades de mejora, las cuales están definidas por la estructura del DOE.

1.1.1. Tipos de Investigación

- **Según la estrategia**

Para la elaboración del presente trabajo de Tesis se utilizó la estrategia de la Investigación Documental, ya que se consultaron documentos bibliográficos, manuales de información, especificaciones técnicas, reportes y procedimientos de varias áreas de la compañía. Por otra parte, también se empleó la Investigación de Campo como estrategia secundaria, la cual permitió obtener la información necesaria directamente del área de estudio, donde se pudo observar las necesidades físicas reales de las actividades que se plantearon.

- **Según su propósito.**

Durante la investigación se obtuvieron resultados que clasifica el trabajo según su propósito en investigación Aplicada, debido a que se usaron conocimientos teóricos, estudio de métodos y procedimientos operacionales de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene.

- **Según el nivel de conocimiento.**

Se identificaron oportunidades de mejora en los diferentes aspectos operacionales de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, luego se describió la situación por medio de una Investigación Descriptiva, ya que comprendió la descripción, registro e interpretación del problema actual, además requirió de técnicas específicas, así como de criterios y formatos de recolección de información, entrevistas con el personal y documentación.

1.1.2. Técnicas de Investigación y Análisis

Para la realización de este trabajo se examinaron y recolectaron datos relacionados a aspectos operacionales de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa

Selene. La información recolectada fue teórica - práctica, necesaria para cumplir con los objetivos planteados. Las técnicas utilizadas fueron:

- **Observación Directa.**

Esta técnica se utilizó para identificar y describir los elementos clave en cada proceso de la empresa, que intervienen en el área de estudio, además de familiarizarse con los procedimientos operacionales de la unidad operativa Selene. Observando los diferentes procesos de la operación tales como Chancado, Molienda, Flotación, Filtrado y despacho de concentrado, entre otras, y su relación con el resto de áreas de soporte de la Unidad Operativa Selene, con el objetivo de encontrar oportunidades de mejora.

- **Entrevistas por correo electrónico**

Esta técnica permitió involucrarse más a fondo con los detalles de los trabajos de las diferentes áreas de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene. Solicitando por este medio información a personal clave de las operaciones de diferentes áreas funcionales, como por ejemplo al *senior* de control de gestión, al jefe de logística, al analista *senior* de Recursos Humanos, al jefe de guardia *senior* de Mantenimiento mecánico, al superintendente de planta concentradora, al jefe de laboratorio químico, entre otros.

- **Documentación**

Esta técnica permitió recopilar información de diferentes fuentes de cada área de la empresa, sobre los aspectos a considerar para evaluar las diferentes áreas de la unidad operativa Selene, entre las principales podemos mencionar el informe anual, el diagrama de flujos de la Planta Concentradora, la memoria anual, el consolidado de producción de costos, entre otros, los cuales se encuentran detallados en las referencias del presente DOE.

1.2. Introducción

Hochschild Mining es uno de los principales productores de metales preciosos de extracción subterránea, especializados en yacimientos de plata y oro de alta ley, con más de 50 años de experiencia operativa en el continente americano. Tienen una sólida base de activos, una gran cartera de proyectos en desarrollo y una clara estrategia. En la actualidad, operan cuatro minas, tres de ellas en el Perú, y una en el sur de Argentina. Todas las operaciones se realizan por el método de minería subterránea. Las vetas de mineral son epitermales, lo que obliga a utilizar exclusivamente este tipo de minado. El mineral de las operaciones se procesa hasta convertirse en concentrado o lingotes de aleación de plata y oro, también conocido como Dore (Compañía Minera Ares, 2016a).

La empresa fue fundada por Mauricio Hochschild en 1911, quien luego de varios años de exploración y trámites con el Gobierno peruano, en la década de 1940 la compañía empezó a operar las minas Raúl y Pativilca. Años después, en la década de 1960, se inició el desarrollo de la mina Arcata; y en 1995, comenzó un ambicioso plan de exploración, período en el cual se descubrió las minas Ares, Selene y Sipán.

En 1998, Eduardo Hochschild, perteneciente a la tercera generación de la familia minera, asumió la presidencia de Hochschild Mining; durante su gestión, el Grupo creció y abrió oficinas de exploración en Argentina, México y Chile. La compañía comenzó a cotizar en la Bolsa de Valores de Londres en el 2006; poco después, durante el 2007, se iniciaron las operaciones de la mina San José, en Argentina; Moris, en México; y Pallancata, en Perú. A partir del 2010, Ignacio Bustamante fue nombrado CEO y director general de Hochschild Mining PLC; en el 2012, se culminaron los estudios de factibilidad de los proyectos Inmaculada y Crespo; se adquirió Andina Minerales Inc. y, por último, entró en operación el proyecto Inmaculada en el 2015. La compra de activos mineros valiosos es una de las principales estrategias de crecimiento

que ha desarrollado Hochschild durante su expansión y afianzamiento como productor de concentrados polimetálicos y metales preciosos.

1.3. Descripción de la Empresa

Las unidades mineras del Perú son: Inmaculada, Pallancata-Selene y Arcata; la actual operación en Argentina es la mina San José. Los tres proyectos principales que tiene en este momento son: Crespo y Azuca en Perú, y Volcán en Chile. Todos estos proyectos con una potencia mayor a los seis millones de onzas de plata al año. La Figura 2 muestra las actuales operaciones de la compañía en Sudamérica.



Figura 2. Unidades operativas – Hochschild Mining. Tomado de «Reporte anual» (p. 6), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Las oficinas principales de la compañía se encuentran en Lima (Perú); sin embargo, tiene oficinas en Argentina y en Londres. Esta última, debido a que la empresa cotiza en la Bolsa de Londres. La Figura 2 también muestra las actuales operaciones del Grupo en Sudamérica y los principales proyectos de sostenimiento que tiene la compañía.

1.4. Productos Elaborados

La Compañía Minera Ares, que cuenta con la Unidad Operativa Selene, tiene como producto final una ley promedio de 21 kg de plata por tonelada; y como subproducto el oro, con un contenido promedio de 100 gr por tonelada del concentrado. La producción anual de la unidad operativa Selene durante el 2016 está descrita en la Tabla 1, que indica los datos de producción al cierre del 2016. Por lo general, en una empresa minera se menciona como datos principales de producción: el tonelaje tratado en la planta procesamiento de minerales, y los datos de metal fino producido, sea este como metal el refinado, o como metal contenido en el concentrado. El mineral tratado alcanzó las 244,765 toneladas, logrando con este mineral procesado una producción de 3,307 toneladas de concentrado. Sin embargo, lo que se reporta es el metal fino tanto de plata como de oro contenido en los concentrados, cuya cantidad también se mide en onzas equivalentes de Plata.

Tabla 1

Producción 2016 – Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene

Planeado	Real	Mineral tratado 2016		
		Cumplimiento	Plata (oz)	Oro (oz)
297,601.90	244,764.90	82.25%	3,324,453.50	2,620,072.00

Nota. Tomado del «Reporte anual» (p.7), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

1.5. Ciclo Operativo

Según D'Alessio (2012), una empresa está soportada por tres pilares estratégicos: Operaciones, Finanzas y Márketing, los cuales basados en la visión y

misión de la organización, dirigen el rumbo de la compañía. Estos tres pilares tienen una base común: la gestión de los recursos humanos necesarios para el funcionamiento de la organización. El producto de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es un *commoditie* y su precio de venta se rige por la oferta y demanda a nivel internacional, por lo que no requiere un departamento de Márketing; en su reemplazo, la empresa tiene un Departamento Comercial. El área de Recursos Humanos interactúa con las tres columnas creando un clima laboral adecuado para la realización de las operaciones, evaluando y seleccionando el personal requerido según el perfil proporcionado por las áreas funcionales.

El área de Finanzas obtiene los recursos financieros necesarios para las operaciones, permitiendo la compra de insumos directos o indirectos necesarios para la operación y funcionamiento de todas estas columnas; esta logística de entrada debe apoyar a todas estas áreas, enviando todos los requerimientos a la central en Lima, que, mediante el área de Compras, realiza estas consolidando todos estos materiales en Ramsa, que es el operador logístico de la empresa. El área de Operaciones completa el proceso de extracción del mineral proveniente de la mina, mediante el proceso de flotación en la planta concentradora ubicada en la unidad operativa Selene, en donde el área de comercialización realiza la logística de salida del concentrado producido hacia los almacenes en los que se entrega el producto final a los clientes. La Figura 3 resume el ciclo operativo de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene.

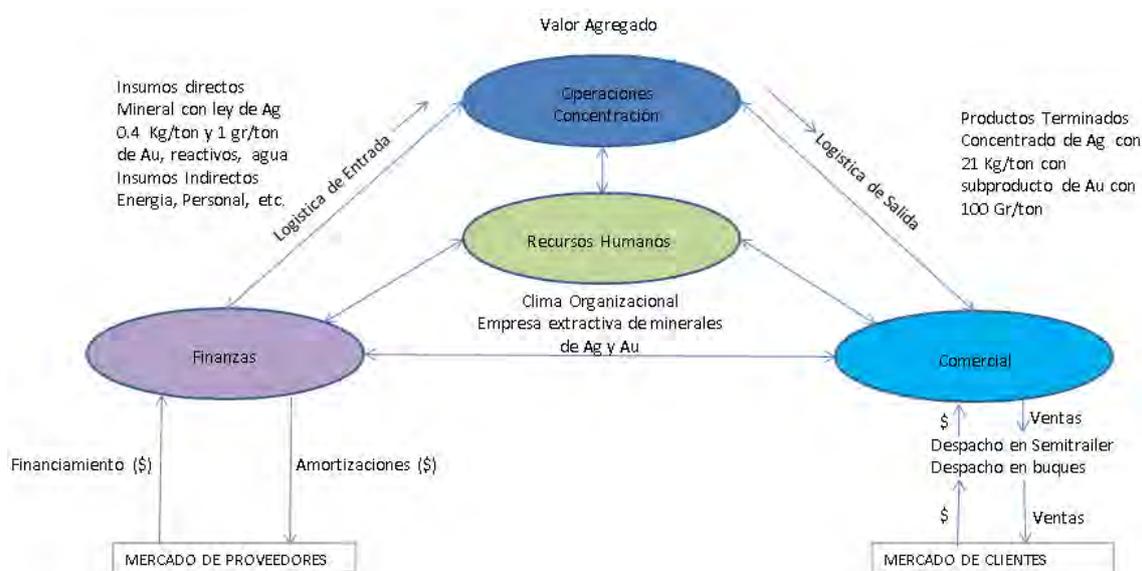


Figura 3. Ciclo operativo.

Adaptado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 7), por F. A. D'Alessio, 2012. México D.F., México: Pearson.

El área de operaciones en la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, está diseñado bajo el concepto del proceso de flotación de minerales. Este, busca separar por medio del uso de aire y reactivos como colectores y espumantes, los minerales valiosos previamente molidos. Por medio de la inyección de aire, se mantiene a la pulpa en suspensión, lo cual permite el contacto entre las partículas de mineral valioso, el aire y los reactivos de flotación. Luego de este proceso, se obtiene una espuma que flota sobre la celda y que contiene la parte valiosa del mineral (Manzaneda, 2012). Para este proceso, es necesaria la adición de reactivos que permitan que la burbuja donde se adhiere el mineral valioso sea estable, requiriéndose equipos especialmente diseñados para el tonelaje y el mineral a tratar con una supervisión, tanto de ingenieros como operadores, como se describe en el diagrama básico entrada-proceso-salida, mostrado en la Figura 4.

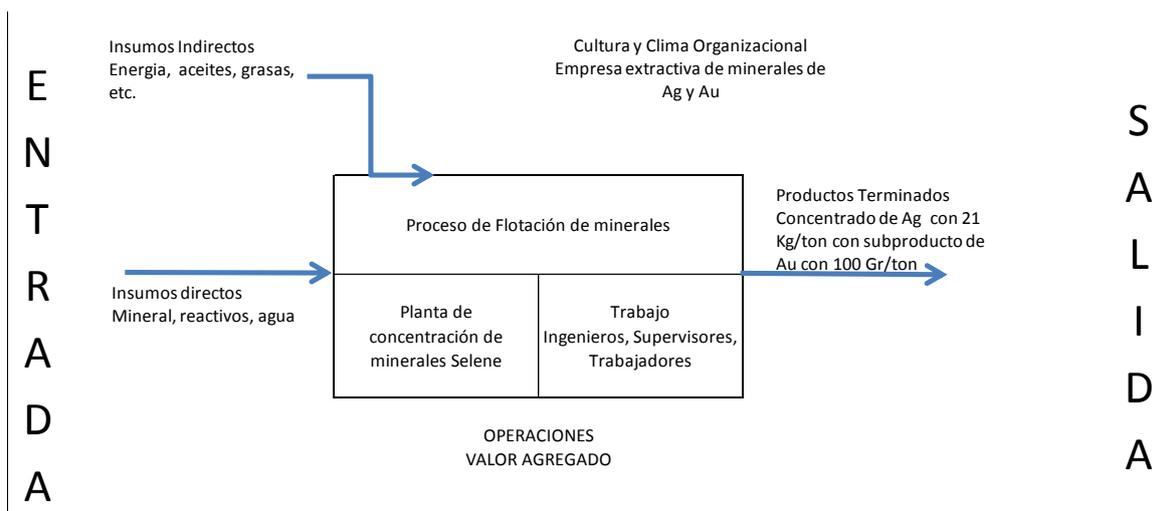


Figura 4. Resumen de procesos de entrada y salida.

Adaptado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 10), por F. A. D'Alessio, 2012. México D.F., México: Pearson.

1.6. Clasificación según sus Operaciones Productivas

Según las operaciones productivas, la empresa es productora de un bien físico, de tipo conversión (extractiva), donde se realiza el cambio físico de la materia prima. La Figura 5 muestra la clasificación de las empresas por el tipo de operación. En el caso de la Unidad Minera Selene, se hace la concentración del mineral proveniente de la mina con un tamaño 100% menor a 16 pulgadas e ingresa al proceso productivo, del que se obtiene el producto final, que es el concentrado de plata y oro.

1.7. Matriz del Proceso de Transformación

Uno de los primeros puntos a tenerse en cuenta para gestionar adecuadamente una empresa, es conocer el tipo de operación que es: de servicios o de producción de bienes (D'Alessio, 2012). Bajo este principio, la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es una empresa productora de bienes con un volumen de producción masivo y con una frecuencia de producción continua a largo plazo. Esto debido a que la operación es continua y solo se tienen algunas paradas programadas anuales para mantenimiento de equipos críticos no redundantes.



Figura 5. Clasificación de empresas por su tipo de actividad. Tomado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 17), por F. A. D'Alessio, 2012. México D.F., México: Pearson.

En minería, las plantas se clasifican de acuerdo con el tonelaje procesado por día, y este parámetro tiene relación directa con el tamaño de las plantas e instalaciones y el resto de facilidades e instalaciones auxiliares: una operación artesanal procesa hasta de 25 toneladas métricas por día, la pequeña minería procesa hasta 350 toneladas métricas por día; la mediana minería procesa hasta 5,000 toneladas métricas por día y sobre este tonelaje, se considera gran minería. El proceso de la planta concentradora Selene es considerado de mediana minería metálica de metales preciosos, debido al tamaño de la planta de procesamiento y el tipo de minerales que procesa.

La planta opera de manera continua 24 horas al día, los siete días de la semana. No obstante, ciertos equipos requieren paradas programadas para mantenimiento anual, por lo que el proceso no se considera continuo y es más bien un proceso intermitente de ciclos largos. Con respecto a la tecnología empleada, es un proceso masivo de un solo tipo de producto. La Figura 6 muestra el cuadrante en el que se ubica la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, de acuerdo con la matriz de transformación.

Matriz del proceso de transformación

		Repetitividad		
		Una vez	Intermitente	Continuo
Volumen de producción	Tecnología			
	Artículo Unico			
	Lote			
	Serie			
	Masivo		Cia Minera Ares S.A.C. U. O. SELENE	
	Continuo			

- - - +

Frecuencia de producción +

Figura 6. Matriz del proceso de transformación.
Adaptado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 29), por F. A. D'Alessio, 2012. México D.F., México: Pearson.

1.8. Relevancia de la Función de Operaciones

Las funciones más críticas de la empresa están en la planta de procesos metalúrgicos cuando se agrega valor a la materia prima. El resto de procesos son mayoritariamente operaciones de transporte. En la Planta Concentradora, se realiza la concentración del mineral proveniente de mina, que por sí solo, no es comercializable, ya que tiene una ley de plata de 380 gramos por tonelada y una ley de oro de 1.80 gramos por tonelada. El valor comercial de una tonelada de mineral es \$ 286, lo cual no es práctico ni económico, en términos de volumen de transporte; por lo tanto, se requiere incrementar su concentración y este proceso se realiza en la planta concentradora. Este proceso sube las concentraciones de metal hasta valores de 27,000 gramos por tonelada de plata y 117 gramos por tonelada de oro, en el concentrado final. Luego de este proceso de concentración, la tonelada de concentrado producido tiene ahora un valor de \$ 17,636, lo que ya hace practico y económico, su traslado a grandes distancias para el proceso de refinación posterior.

1.9. Conclusiones

- La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, la empresa es productora de un bien físico, de tipo conversión (extractiva), donde se realiza el cambio físico de la materia prima, por el tipo de volumen de producción es masivo y de frecuencia de producción intermitente, ya que se tienen parados por mantenimiento programado los equipos de la planta concentradora. La empresa pertenece al segmento de mediana minería, por el volumen de tratamiento de mineral que procesa (hasta 5,000 toneladas métricas por día).
- A diferencia de otras industrias productivas, la minería pertenece al grupo de los *commodities*, y esto implica que la compañía no controla el precio de venta de sus productos; el precio de venta lo marca la oferta y demanda del producto a nivel mundial. Al no controlar el precio de venta, una empresa minera tiene que optimizar sus operaciones y controlar sus costos para seguir siendo eficiente y competitiva.
- En el caso de unidades de negocio, como es el caso de la unidad operativa Selene, que pertenece a una corporación mayor, sus objetivos y metas están alienadas a las normas y estándares corporativos, permitiendo tener una sola política, visión y misión de negocio con la sede central de la empresa.
- Los procesos mineros son muy similares, sin embargo, cada operación minera tiene características particulares que la hacen distinta a las demás. Hay muchos procesos que son particulares a cada operación minera, dejando que esta última adapte sus propios procedimientos operativos de acuerdo con su realidad y entorno operativo y social.

Capítulo II. Marco Teórico

Este segundo capítulo describe algunos conceptos respecto a la adecuada definición de ubicación de una planta de procesamiento de minerales, como en el caso evaluado en esta tesis. El planeamiento y diseño de los productos también tiene un especial énfasis en el entorno operativo de una planta metalúrgica. El diseño no cambia, lo que cambia es la materia prima, que, por otro lado, se supone es uniforme, pero en la vida real tiene una mezcla de concentraciones, diversidad de especies mineras lógicas, elementos e impurezas, que requieren evaluarse en el momento de definir el proceso metalúrgico. El diseño del proceso y el diseño de la planta, tienen muchas similitudes con procesos mineros similares; sin embargo, aquí es donde estas ciertas diferencias y particularidades propias del yacimiento de mineral, obligan a realizar ciertos ajustes y cambio de parámetros, que hacen que cada caso sea muy particular y desafiante.

La gestión de costos, el planeamiento agregado, el diseño de planta, del proceso, del trabajo, entre otros, son puntos que serán considerados para la evaluación y revisión del marco teórico en este capítulo. En la Figura 7, se presenta un mapa de la literatura utilizada para la realización de este DOE, donde se resaltan los principales puntos siguientes:

- En ubicación de la Planta se utilizó el método de ponderación de factores para determinar si la planta actual está correctamente ubicada o es mejor reubicarla.
- En el dimensionamiento de Planta se contrastó la capacidad actual contra la demanda y el potencial de la mina, para verificar si era cubierta.
- En el planeamiento y diseño de los productos se comparó la teoría general contra una operación minera, aplicando los conceptos a los procesos metalúrgicos propios de la extracción del mineral.

- En el planeamiento y diseño del proceso se ha aplicado técnicas como el Diagrama de análisis de Proceso (DAP), el mapa de flujo de valor (VSM), entre otros.
- En el planeamiento y diseño de planta se utilizó la comparación del diseño actual contra el diseño teórico utilizando el diagrama de Muther.
- En el planeamiento y diseño del trabajo se comparó el diseño actual de los puestos de trabajo contra la teoría notando diferencias por el grado de especialización de la operación minera.
- En el planeamiento agregado se verificó la aplicación del manejo de las variables modificadoras de la demanda y la oferta, así como el tipo de estrategia a utilizar.
- En la programación de operaciones productivas se utilizó la herramienta de programación lineal para desarrollar una propuesta de mejora.
- En la gestión logística se utilizó la regla de Pareto para identificar los insumos que más impacto tienen en el inventario complementado por la herramienta del diagrama causa-efecto para mejorar el manejo deficiente del inventario de materiales.
- En la gestión de costos se aplicó la teoría del costeo basado en actividades (ABC) para proponer una mejor trazabilidad de los productos y subproductos.
- En la gestión y control de la calidad se utilizó la teoría de Heinrich para calcular los costos indirectos de los accidentes laborales, así como la teoría de los sistemas integrados de gestión.
- En la gestión del mantenimiento se analizó las actuales herramientas de mantenimiento preventivo frente a las teóricas, además se propuso la implementación de un mantenimiento predictivo para la mejora de la eficiencia

y eficacia, y finalmente se realizó la recomendación de mejorar el costeo de mantenimiento del inventario.

- En la cadena de suministro se analizó su estrategia actual de tercerización contra los beneficios teóricos del uso de la misma, además de proponer mejoras en las políticas de inventario en función de las recomendaciones teóricas.

2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

Las decisiones de ubicación y dimensión de la planta son críticas debido a que los costos relacionados impactan la operación en el largo plazo e influyen en gran manera en la factibilidad del proyecto minero.

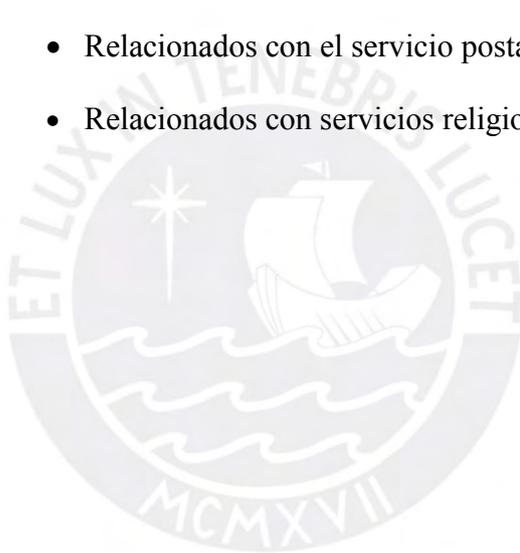
2.1.1. Ubicación de la Planta

Tal como indican varios autores como D'Alessio (2012), las estrategias de localización deben partir desde una macrolocalización (definir el país y departamento) hasta una microlocalización (definir el área específica donde se localizará la planta, con coordenadas de latitud y longitud).

Las variables que pueden influir en dichas decisiones son innumerables, aunque en la mayoría de los casos las más relevantes solo son dos o tres, y dependerá del tipo de empresa y su contexto. Así, D'Alessio (2012) brindó varias clasificaciones de estos factores, como por ejemplo aquellos relacionados al costo (costos de terreno, edificio, equipos, de transporte de materias primas y productos terminados, de servicios, de impuestos y seguros, laborales) y factores no relacionados al costo (calidad y cantidad de la mano de obra, comunidad amigable a los negocios, voluntad colectiva, clima social, relación con la competencia, reglamentos gubernamentales, calidad de vida, tipo de sindicalización, entre otros), o tal vez su lista más completa de 17 clases de factores:

- Relacionados al Gobierno (actitud de este frente a la industria, cooperación oficial con respecto a brindar información, etc.).

- Relacionados a los servicios comunitarios (defensa civil, bomberos, capacidad de los bomberos para atender la zona, indicadores de criminalidad, policía).
- Relacionados con el comportamiento comunitario (disposición de la comunidad, soporte que puedan prestar otros negocios establecidos, disponibilidad de mano de obra, calificada o no calificada).
- Relacionados con asuntos cívicos (feriados al año).
- Relacionados con los servicios para el negocio (proveedores, bancos, tiendas, empresas especializadas, etc.).
- Relacionados con los servicios industriales (agua, desagüe, eliminación de residuos, fuentes de energía).
- Relacionados con el servicio postal, noticioso, comunicaciones y transportes.
- Relacionados con servicios religiosos.



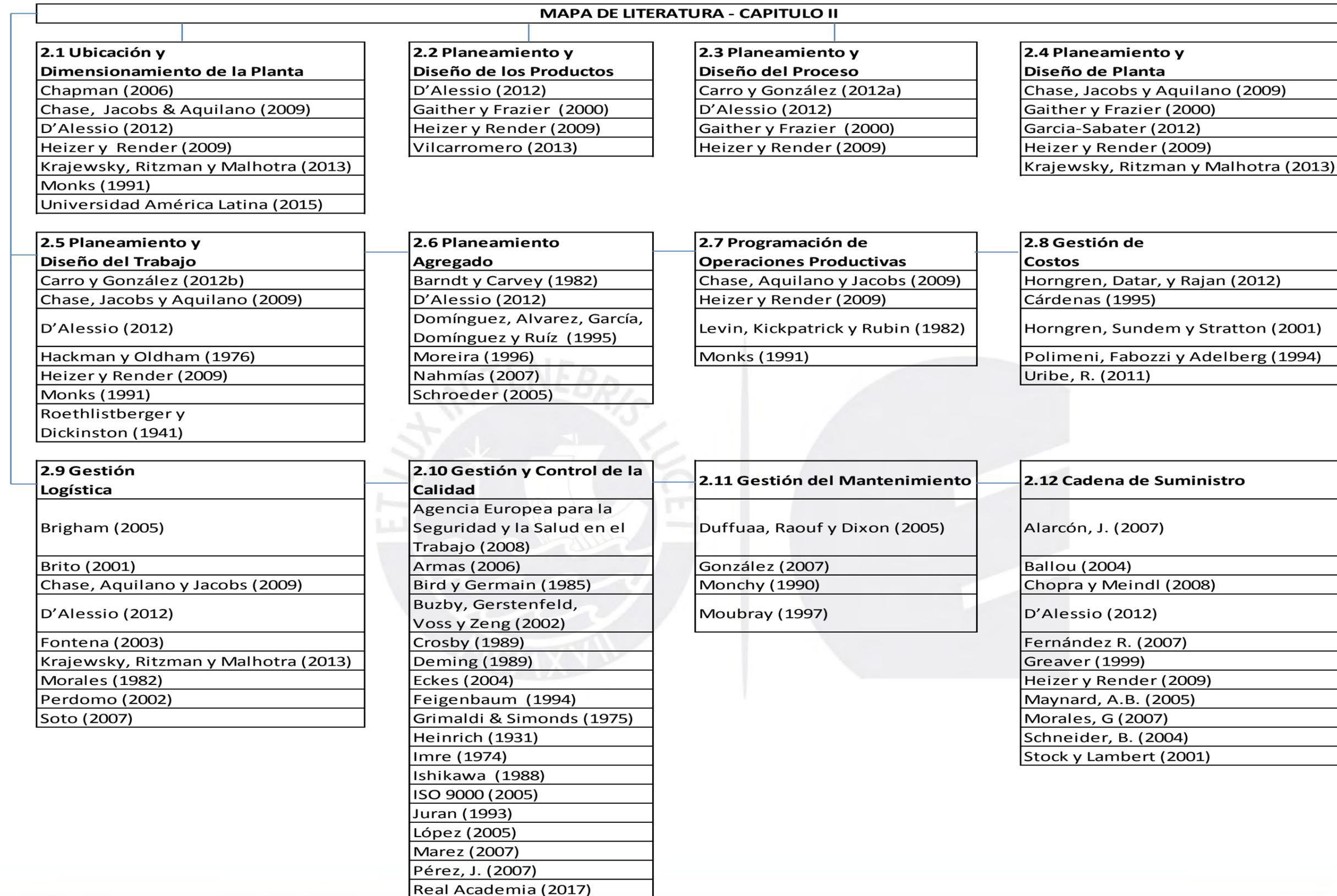


Figura 7. Mapa de Literatura

- Relacionados con la educación (escuelas, universidades, academias, influencia de la escolaridad).
- Relacionados con la población (estudio de salarios de la región, población, clase, tipo, sexo, nivel de capacitación e instrucción, atractivo del lugar para nuevos pobladores, crecimiento poblacional, vivienda, actividades lucrativas del lugar).
- Relacionados con el clima (es adecuado para las instalaciones requeridas, efecto sobre la programación logística, de operaciones, y el tipo de producto manipulado).
- Relacionados con asuntos culturales (bibliotecas, museos, centros culturales).
- Relacionados con la recreación (deportes).
- Relacionados con la salud (postas médicas, hospitales, clínicas, atención al usuario, cobertura).
- Relacionados con el transporte (carreteras, ferrocarril, fluvial, mar, aeropuertos).
- Relacionados con la cámara de comercio (¿existe?, ¿es fuerte?, ¿qué tipo de representatividad tiene?).
- Planeamiento comunitario (áreas residenciales).

Chase, Jacobs y Aquilano (2009) brindaron también una interesante relación de factores que influyen en la importante decisión de localización de la planta; entre ellos, se tienen: (a) proximidad a los clientes; (b) clima de negocios; (c) costos totales (costos regionales, costos de distribución interna, costos de distribución externa y costos ocultos); (d) infraestructura; (e) calidad de mano de obra; (f) proveedores; (g) otras instalaciones (la ubicación de otras plantas o centros de distribución de la misma compañía); (h) zonas de libre comercio (la cercanía a estas zonas puede brindar ventajas como importación más eficiente y menos costosa de suministros, pago diferido o exoneración de impuestos); (i) riesgo político; (j) barreras gubernamentales; (k) bloques comerciales (la pertenencia de un país a un bloque comercial brinda muchos beneficios para las empresas domiciliadas en ellos); (l) regulaciones

ambientales; (m) comunidad anfitriona; (n) ventaja competitiva (las empresas pueden cambiar la sede de cada negocio a países que estimulen la innovación y mejor ambiente para la competitividad global).

Para lograr una localización de planta exitosa se pueden aplicar diversos métodos, entre ellos, cuatro que Heizer y Render (2009) consideraron los más usados y relevantes: (a) método de calificación de factores (posee la ventaja de poder incluir factores cualitativos y cuantitativos, así como gran número de ellos, y aunque el método no deja de tener elementos subjetivos, es de mucha ayuda sobre todo cuando no se posee mucha información medible pero se tiene buenos juicios de expertos); (b) análisis del punto de equilibrio de la localización (cuando se poseen los costos fijos y variables de las alternativas de localización se puede utilizar este método que simplifica la toma de decisión sobre todo porque es graficable); (c) método del centro de gravedad (es una técnica matemática orientada para centros de distribución, toma en cuenta la ubicación de los mercados, el volumen de productos que se embarcan, los costos de embarque, entre otros factores relacionados); (d) modelo de transporte (su objetivo es determinar el mejor patrón de embarque desde varios puntos de suministro o fuentes hasta varios puntos de demanda o destinos a fin de minimizar los costos totales de producción y transporte); este método también es denominado de programación lineal por algunos autores, como Monks (1991).

Es interesante el enfoque de proyecto que se puede brindar a esta tarea de ubicación de la planta y, como lo indicó la Universidad América Latina (2015), puede tener las siguientes partes principales: (a) nacimiento de la idea y evaluación general del potencial del producto o mercado; (b) evaluación preliminar o estudio de factibilidad técnico-económica; (c) estructuración real del proyecto (definición de objetivos y alcance, confirmación de elementos críticos del mercado, desarrollo de la logística del proyecto, estimación de capital, elementos de costos, análisis y selección de localización, evaluación económica y

justificación del proyecto, definición de actividades y programas, ingeniería de proceso, pruebas y demostración).

2.1.2. Dimensionamiento de Planta

El dimensionamiento de planta está referido a encontrar la capacidad óptima de la misma, que permita cumplir con los objetivos de largo plazo de la empresa (Heizer & Render, 2009). Así, se tiene que la capacidad –según Chapman (2006)– es definida para la mayoría de empresas (en especial las de manufactura) como una tasa que se mide como la salida o resultado del proceso por unidad de tiempo, y está relacionada con la “carga”, que vendría a ser el trabajo planificado y liberado durante un periodo dado. Para Heizer & Render (2009), la capacidad es el *throughput* o volumen de producción (número de unidades que se puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un lapso de tiempo).

Los mismos autores comentaron que dicha medida determina los requerimientos de capital, y gran parte del costo fijo, además de decidir si se cubrirá la demanda o si las instalaciones estarán “ociosas” (agregando costos a la producción). Por tanto, su óptima planificación es de vital importancia para la factibilidad de las operaciones de la empresa en el largo aliento, aunque existen tres horizontes temporales en los cuales Chase, Jacobs y Aquilano (2009) consideraron que se debe realizar la planificación: (a) largo plazo, considerado como más de un año, donde se deben tomar decisiones como agregar o deshacerse de instalaciones o equipos costosos, donde la participación de la Alta Dirección es básica; (b) mediano plazo, que comprende los planes con un horizonte de 6 a 18 meses, y se toman decisiones como contrataciones o recortes de personal, adquisiciones de herramientas menores o tercerización; (c) corto plazo, es decir, menos de un mes, donde los cambios de capacidad son mínimos y están más ligados a la planificación diarias o semanales de producción, y algunas alternativas que se tienen son horas extras, variación de rutas de producción o transferencia de personal entre áreas.

Tal como lo indicaron Chase, Jacobs y Aquilano (2009), para determinar la capacidad de planta se deben de tomar en cuenta tres factores esenciales:

- Conservar el equilibrio del sistema, pues dado que en teoría un proceso debería tener todas sus actividades trabajando al mismo ritmo para no generar tiempos muertos, pero en la realidad esto no es muy factible, por varios factores, como por ejemplo los diferentes niveles de eficiencia de cada actividad, además que la variabilidad en la demanda aporta un nivel adicional de desequilibrio. Para poder superar estos cuellos de botella, generalmente se toman estrategias de aumento de horas-hombre o subcontratando, o también se puede palear con inventarios *buffers* antes de los procesos cuello de botella, o se puede tomar la decisión de ampliar las instalaciones.
- Frecuencia de aumentos de capacidad; es decir, se debe identificar los periodos óptimos para realizar estos aumentos de capacidad, pues tanto en frecuencias muy bajas o muy altas traen consigo costos elevados. Por ejemplo: si se escala con demasiada frecuencia, se tienen costos de entrenamiento, de retiro de equipamiento viejo e instalación del nuevo; y costos de oportunidad por parada de planta en los periodos de inactividad. Sin embargo, cuando se tienen periodos muy largos, significa que se contrata una súper capacidad, que será una carga grande respecto al costo fijo que se prorrateará poco a poco hasta que la demanda alcance la capacidad contratada.
- Fuentes externas de capacidad. Antes de decidir ampliar la capacidad propia se debe analizar el escenario de apalancamiento con capacidad de terceros, lo cual generalmente se logra con dos estrategias: la subcontratación (cuando se delegan partes del proceso a algunos proveedores que se hacen “dueños” del mismo bajo supervisión y estándares) o el uso de capacidad compartida (como por ejemplo lo utilizan las aerolíneas al compartir rutas, e incluso aviones). Para poder tomar la

decisión se puede utilizar técnicas como los árboles de decisión, simulación o modelos de líneas de espera que plantean escenarios posibles, con sus respectivas probabilidades de ocurrencia, así como los costos relacionados en cada alternativa (Krajewsky, Ritzman y Malhotra, 2013).

Otro punto importante respecto a la capacidad es planificar la misma para cubrir con éxito la demanda actual y planificada, para lo cual se tienen una gama alta de herramientas que ayudarán a tomar dichas decisiones, y como comentó Chapman (2006) se puede partir de una planificación gruesa con herramientas, como: (a) la de los factores globales, donde se toman valores generales del plan maestro de producción y valores históricos de los centros de trabajo para cada producto elaborado; (b) las listas de capacidad, que es muy similar a los factores globales pero que incluye información más detallada, como la lista de materiales y la información del ruteo, siempre orientado a cumplir el plan maestro de producción; (c) perfiles de recursos, que añaden el factor tiempo, incluyendo los plazos para fabricar los componentes. Pero si se desea tener una planificación más detallada de la capacidad, se debe de partir directamente del MRP.

2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos

Gaither y Frazier (2000) indicaron que el diseño de un producto impacta directamente en la estrategia de operaciones (pues por un lado se establecen las características detalladas del mismo, por tanto afecta el proceso de producción); no obstante, también y no menos importante influye en temas muy relevantes como la calidad final del mismo, los costos de producción, la satisfacción del cliente, incluso en el medio global competitivo puede ser el elemento diferenciador para llegar al mercado, y mantener o ampliar su participación del mismo. Por tanto, se requiere elementos de innovación y rapidez de desarrollo; y las fuentes de dicho proceso pueden ser tan diversas como provenir de los clientes, proveedores, operaciones, comercialización, etc.; sin embargo, por lo general, las

empresas de clase mundial tienen formalizado un departamento de investigación y desarrollo (I+D) que toma investigaciones generales (sin uso comercial), investigaciones aplicadas (tal vez modificando el área de aplicación) y generan nuevos productos, servicios o procesos de producción.

Dado que el diseño del producto es tan relevante para una empresa, pues no existe empresa sin producto, es necesario tener un esquema organizado para dicho proceso. Por ello que Vilcarromero (2013) mencionó que la planeación y diseño del producto posee seis pasos:

- Generación de la idea, donde el foco debe estar en el mercado y cubrir las necesidades y expectativas del consumidor y clientes, debiéndose tomar en cuenta las tecnologías y capacidades existentes.
- Selección del producto, donde entran a jugar variables como el potencial del mercado, la factibilidad financiera de su diseño preliminar y posible proceso. Diseño preliminar propiamente dicho, en el cual se toman en cuenta el costo, la calidad y limitaciones técnicas y humanas. Construcción del prototipo, que considera todos los requerimientos relevados en los pasos anteriores.
- Pruebas, las cuales deben ser en el mercado, para obtener datos reales y ver la aceptación del mismo.
- Diseño definitivo del producto, donde entrarán aspectos de capacidad de planta y diseño del trabajo. En dicho proceso ingresan varias variables que impactan su desarrollo y que se deben de analizar con mucho cuidado, entre las cuales se puede mencionar: las características del producto (atributos, variables), la tecnología (conocida, probada), el conocimiento (del personal, del producto, del proceso), la normatividad existente (leyes, patentes, restricciones), la posibilidad de fabricación (producción, tercerización), la disponibilidad (confiabilidad, mantenibilidad), el costo y otros.

Como un producto tiene mucha semejanza con la vida de un ser humano, pues posee un ciclo de nacimiento, crecimiento, madurez y declive, según Heizer y Render (2009) cada uno de ellos deben tener tratamientos y estrategias diferenciales para poder tener éxito con el mismo en el mercado. Así, se tiene que:

- En la etapa de introducción, debido a que el producto todavía está terminando de constituirse, se tendrán gastos de investigación, desarrollo del producto, proceso y cadena de suministros, por lo cual la gerencia de Operaciones deberá estar centrada en la adaptación de la manufactura a los requerimientos cambiantes del producto para responder con rapidez y flexibilidad.
- La fase de crecimiento, donde el diseño del producto se empieza a estabilizar, y se debe aprovechar para realizar pronósticos adecuados de la demanda, agregando la capacidad que sea necesaria para ganar la mayor cuota del mercado, antes que venga la competencia férrea.
- En la fase de madurez, la competencia está dura y el mercado está saturado, por lo que se deben de realizar esfuerzos para relanzar el producto de manera innovadora, poniendo mucho énfasis en los costos del producto actual para ganar eficiencia. También se puede analizar la disminución de la variedad de las líneas producidas.
- Por último, llega la etapa de declive, donde se deben tomar las decisiones más técnicas posibles del retiro del producto del mercado, cuando su producción no es compensada por los ingresos, tomando en cuenta si son productos insignia o no de la empresa.

Finalmente, es importante saber qué aspectos son relevantes para el cliente al momento de elegir un producto o servicio. Por ello D'Alessio (2012) hizo una recopilación de ocho características que deben considerarse al momento de diseñar un producto:

- Prestaciones, las cuales son generalmente aspectos medibles del producto o servicio; es decir, sus características primarias, como por ejemplo la velocidad de atención de un *fast food*.
- Peculiaridades, que son servicios o prestaciones adicionales que apoyan a la prestación básica, como, por ejemplo, los accesorios para dormir en un avión
- Confiabilidad, es decir, la probabilidad de que el producto se dañe o falle su funcionamiento y es importante para los consumidores porque aumenta sus costos de reparación y mantenimiento.
- Conformidad con las especificaciones, puesto que es importante que el diseño y las características funcionales del producto no tengan mucha variación respecto a las especificaciones relevadas por el cliente.
- Durabilidad, como sinónimo de la vida útil del producto, incluso puede estar predefinida como en el caso de los focos, medida en horas de luz.
- Disposición de servicio, debido a que el cliente no deja de serlo cuando compra el producto, sino que empieza a serlo, por lo que es necesario tener un servicio posventa de mucha calidad, cordialidad, puntualidad y con capacidad de resolver problemas.
- Estética, que, si bien es un aspecto subjetivo, igualmente tiene que ser valorado por los clientes, y los diseños deben ser atractivos para la mayor cantidad de gustos del mercado. Es por ello que la tendencia a la *customización* se está implantando cada vez más en el mercado. Calidad percibida, la cual es marcada por lo que se denomina la buena fama, muy subjetiva, aunque el consumidor tiende a realizar comparaciones de acuerdo con la información que posee, y se informa previamente, por lo que la marca, la imagen y la publicidad marcarán una relevancia importante en la decisión de compra.

2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso

El diseño de los procesos está íntimamente ligado al diseño de los productos y a los servicios. Es así que Gaither y Frazier (2000) hablaron de una ingeniería simultánea, que significa que ambos diseños (productos y procesos) avanzan en conjunto e interacción continua, utilizando además conocimientos de las estrategias de operaciones, tecnologías del sistema de producción y los mercados, y dentro de su planeación intervienen departamentos como manufactura, ingeniería de planta, ingeniería de herramientas, compras, ingeniería industrial, ingeniería de diseño y producción; y entre todos tienen que decidir aspectos muy importantes como la tecnología y el tipo de proceso a implementar.

Carro y González (2012a) comentaron que las decisiones respecto a la planeación y diseño del proceso son del tipo estratégicas, puesto que afectan la competitividad de la empresa en el largo plazo y se basan en la propuesta elegida por esta para competir en el mercado: costo, calidad, flexibilidad o tiempo (o una combinación de ellas). Por ese motivo, la administración del proceso incluye asuntos como la selección de las entradas (habilidades humanas, materias primas, definición de procesos manuales y automatizados, tercerización, etc.), las operaciones, los flujos de trabajo y los métodos de producción. Los investigadores también sostuvieron que un gerente de operaciones tiene que tomar cinco decisiones respecto del diseño del proceso:

- Selección del proceso, decidiendo cómo se organizarán los recursos en función del producto para alcanzar la estrategia de la organización, y los procesos pueden diseñarse en función del flujo de materiales (talleres de trabajo, lotes, línea de producción o ensamble, flujo continuo, por proyecto) o según el destino (para inventario o *stock*, por pedido o por órdenes).

- Integración vertical o el grado en que se maneja la cadena total de suministros (propia o tercerizada), desde la adquisición de la materia prima hasta la venta y servicio posventa.
- Flexibilidad de los recursos, considerada como la facilidad con que el recurso humano, equipos y producción se adecúan a una variedad de productos o funciones.
- Grado de involucramiento o interacción del cliente, que refleja el nivel con que el cliente se vuelve parte del proceso de producción.
- Intensidad de la utilización del capital, medido como el mix entre la fuerza de trabajo y el equipamiento elegido.

Heizer y Render (2009) plantearon que ante el diseño de procesos surgen preguntas sobre la alineación de este con la estrategia empresarial (diferenciación, costo, nicho de mercado), si se han eliminado los pasos que no agregan valor, y si este permite maximizar el valor percibido por el cliente, para lo cual mencionan que se puede echar mano de cinco herramientas para el diseño o incluso el rediseño de los procesos:

Los diagramas de flujo, donde se utilizará un dibujo con esquemas definidos para mostrar el movimiento de materiales, productos o personas. La gráfica de función tiempo, el cual es en realidad un subtipo del primero pero que tiene la particularidad de tener el tiempo agregado en el eje horizontal, y es muy usado para la eliminación de desperdicios o pasos que no añaden valor al proceso al observar el impacto en el tiempo total. Gráfica del flujo de valor, también denominada VSM por sus siglas en inglés, que comparte con la gráfica de función tiempo el objetivo de visualizar las partes y pasos que no agregan valor, extendiéndose hasta los proveedores. Diagramas de procesos, que son muy usados por graficar de forma objetiva y estandarizada los procesos, permite identificar rápidamente los tiempos empleados, las distancias recorridas y el flujo diseñado.

El diseño preliminar del servicio, que es especialmente útil para productos con alto contenido de servicio o interacción con el cliente, para lo cual se analizan tres niveles, donde el primero es controlado por el cliente y se deben utilizar técnicas Poka Yoke para evitar que se generen errores en el uso del producto o servicio; en el segundo nivel, que es la parte visible del proceso del proveedor para con el cliente, y se potencia con la capacitación adecuada a los empleados; y finalmente el tercer nivel, que se refiere a las partes del proceso que no tienen visibilidad al cliente y es por lo general donde se genera el valor al cliente y debe de estar en constante innovación operacional.

Una parte crítica para el diseño de los procesos es la elección de la tecnología. Por eso D'Alessio (2012) indicó que se deben de tomar en cuenta siete factores muy relevantes:

- Las metas estratégicas, tal como mencionan los otros autores anteriormente citados, la tecnología elegida deberá apoyar la estrategia con la cual la empresa está compitiendo en el mercado, pues por ejemplo es muy diferente elegir la tecnología para ser flexibles, como para ser líderes en costos.
- Recursos operativos, en donde la elección de la tecnología debe de contar con una evaluación real de los recursos internos y externos que posee la empresa (capacidad de endeudamiento, capacitación del personal, capacidad gerencial, etc.).
- Productos y procesos. La tecnología será diferente para productos y procesos diferentes; por ejemplo: un proceso continuo de tecnología requerida estará destinada a su masificación, en tanto que un proyecto será muy específico.
- Mercado, pues analizándolo a profundidad se puede definir necesidades tecnológicas diferentes, pues influirán aspectos como la situación tecnológica de la competencia, el carácter cíclico de la demanda, etc.

- Características de la tecnología, variables como la complejidad de la tecnología, la disponibilidad local del proveedor, la facilidad de transmisión del conocimiento, el nivel de automatización, etc., y que son aspectos que impactarán la elección.
- Entorno, antes de realizar adquisiciones que demandarán altos recursos en el largo plazo de la empresa, se deben evaluar aspectos como el político, social, económico, legal, ecológico, etc., que puedan generar inestabilidad para la inversión.
- Un modelo integrador; es decir, nunca se debe decidir por un solo factor, sino realizar una evaluación integral antes de tomar la decisión final, pues variables obviadas pueden llegar a ser muy relevantes en la factibilidad de la implementación.

2.4. Planeamiento y Diseño de Planta

Chase, Jacobs y Aquilano (2009) definieron la distribución de planta como decisiones que tratan de ubicar los departamentos, grupos de trabajo, estaciones de trabajo, almacenes, etc., dentro de la instalación productiva, para garantizar el flujo continuo de trabajo en el caso de fábricas; o un patrón específico de tránsito en el caso de servicios. Asimismo, indicaron que son cinco los elementos que intervienen en dicho proceso: (a) definición de los objetivos y criterios del diseño, que por lo general incluyen la cantidad de espacio requerido y la distancia a recorrer entre los elementos; (b) estimación de la demanda de productos o servicios; (c) cálculo de operaciones y flujo entre elementos que se requerirá; (d) espacio requerido para cada elemento de la distribución; y (e) disponibilidad de espacio de una instalación existente, o diversas configuraciones para una que se está evaluando adquirir.

Por su parte, García-Sabater (2012) resumió en cuatro los objetivos básicos de una buena distribución de planta: (a) unidad, en el sentido que la distribución no debe generar áreas aisladas y por el contrario debe de dejar sentir ser parte de una organización integral; (b) circulación mínima, es decir, se debe minimizar el movimiento de productos, personas e información; (c) seguridad, es un pilar del diseño, pues ninguna distribución pasará a la etapa

de factibilidad si no asegura a las personas, materiales e información en circulación; (d) flexibilidad, dado los entornos cambiantes, el diseño también debe ser capaz de adaptarse en el corto o mediano plazo, sin incurrir en costos elevados.

También el autor mencionó que al lograr un diseño adecuado, se consiguen una serie de beneficios para la empresa, como son: disminución de la congestión, supresión de áreas ocupadas innecesarias, reducción del trabajo administrativo e indirecto, mejora de la supervisión y el control, mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones; mayor y mejor utilización de la mano de obra, equipos y servicios; reducción de las manutención y material en proceso, disminución del riesgo para el material y su calidad, reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los empleados, elevación de la moral y la satisfacción general, disminución de las demoras y el tiempo de fabricación; por tanto, incremento de la producción y productividad.

Si bien existen varias formas y técnicas para realizar distribuciones eficientes y efectivas, la clasificación de Heizer y Render (2009) parece ser la más completa, ya que cubre tanto plantas productivas, como centros de servicios, y consta de siete tipos de distribución: (a) distribución de oficina, localizando a los empleados, su equipo necesario, sus espacios en las oficinas privilegiando el movimiento de la información; (b) distribución de tienda, donde el foco es la asignación de los anaqueles y es orientado por el comportamiento del cliente; (c) distribución de almacén, basado en el movimiento de materiales y los intercambios que se dan entre los espacios requeridos; (d) distribución de posición fija, muy ligados a los procesos tipo proyectos únicos, donde el gran tamaño de estos hace muy costoso los constantes cambios de distribución; (e) distribución orientada al proceso, que es ideal para los así llamados talleres de trabajo o producción intermitente, con bajos volúmenes y alta variedad; (f) distribución de célula de trabajo, orientada a procesos que producen un solo producto o un grupo de productos relacionados; (g) distribución orientada al producto, donde

se busca la eficiente utilización del personal y maquinaria en una producción continua o repetitiva.

Los autores también agregaron cinco requerimientos para la realización de una buena distribución: (a) equipo para el manejo de materiales, que deben definir exactamente los equipos a utilizar: bandas, grúas, carritos automáticos, etc.; (b) requerimientos de capacidad y espacio, tomando en cuenta las necesidades de personal, maquinaria y equipo se deben considerar aspectos como la seguridad, el ruido, el polvo, el humo, la temperatura y las holguras necesarias; (c) entorno y estética, involucra decisiones acerca de la iluminación, altura de divisiones, flujo de aire, privacidad, etc.; (d) flujos de información, se debe asegurar tanto la privacidad como el flujo eficiente de la comunicación e información, definiendo temas como proximidad de áreas, espacios abiertos, divisiones a media altura, etc.; (e) costo de desplazarse entre diferentes áreas de trabajo, puesto que existen circunstancias particulares que elevan el transporte de materiales; por ejemplo, los requisitos para circular acero frío son totalmente distintos a acero fundido.

Las herramientas para realizar las distribuciones de planta varían en función del tipo de proceso y otras variables. Si bien se cuenta con métodos matemáticos, no deja de ser un arte; ya que podría tratarse de métodos 100% matemáticos –como la aplicación del método de distancia ponderada, cuando las localizaciones relativas son la preocupación principal (Krajewsky, Ritzman & Malhotra, 2013)– hasta los netamente subjetivos, como el famoso sistemático de la distribución (PSD) que, según indicaron Chase, Jacobs y Aquilano (2009), implica crear una tabla que refleje el grado de importancia de la cercanía de cada centro de trabajo entre sí, con el cual se va realizando la distribución por ensayo y error, hasta satisfacer todos los requisitos y restricciones, o incluso el famoso diagrama de Muther. Por otro lado, Gaither y Frazier (2000) ya mostraban algunas distribuciones preferidas por los grandes productores que se mantienen hasta el momento como válidos, entre los cuales se encuentran:

(a) disposiciones de manufactura celular dentro de disposiciones físicas grandes; (b) equipos automatizados para almacenamiento y recuperación; (c) líneas de producción en U, que eliminan el aburrimento y desequilibrios entre estaciones de trabajo, además de agrupar a los trabajadores en áreas más pequeñas; (d) áreas de trabajo más abiertas, con menos paredes y otros obstáculos, para tener una vista panorámica del trabajo adyacente; (e) disposición de fábrica más pequeñas y compactas, con el uso por ejemplo de robots que utilizan menos espacios que seres humanos; (f) menos espacio para almacenamiento, combinado con manejos eficientes de la producción como JIT, Lead, Six Sigma, etc.

2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo

El planeamiento y diseño del trabajo tiene como objetivo principal definir las actividades laborales de los empleados y/o equipos de trabajo dentro del contexto operacional de la empresa, los cuales deben cumplir los requisitos de la organización y su tecnología asociada, y a la par contribuir a satisfacer las demandas individuales de las personas en dicho puesto, para lo cual, según Chase, Jacobs y Aquilano (2009), se deben tomar en cuenta cinco aspectos:

- El control de calidad como parte del puesto, también llamado calidad en la fuente, que implica empoderar a los trabajadores para que tomen decisiones inmediatas como parar la producción ante una falla, o realizar reembolsos a los clientes por fallas detectadas.
- Capacitación cruzada de los trabajadores para puestos que requieren habilidades múltiples, puesto que la tendencia es tener organizaciones esbeltas con pocos trabajadores multifuncionales.
- La participación del empleado en los equipos de diseño y organización es fundamental para mantener el compromiso del trabajador en aras de que cualquier

sistema de calidad total (TQM) o mejora continua (Kaizen) funcione y sea una realidad.

- Sistemas de comunicación en línea a disposición del trabajador común, los cuales permiten expandir la naturaleza del trabajo y su capacidad para desempeñarlo, puesto que con la información en línea los trabajadores pueden tomar decisiones delegadas que sean muy oportunas y ahorren mucho dinero a la empresa, a la par que brindan una mejor imagen por el tiempo de respuesta al cliente.
- Amplio uso de trabajadores temporales, tal como lo brindan proveedores tipo Manpower.
- Creación de centros de trabajo diferentes, como oficinas compartidas, trabajo a distancia o virtuales, que complementen o reemplacen los diseños tradicionales de oficinas; pueden ser fuentes de grandes reducciones de costos y aumento de motivación del personal. Automatización del trabajo manual pesado, tanto por costos, seguridad como por motivación del trabajador, se usan robots, aplicaciones informáticas, equipos autónomos, etc.
- Lo más importante es el compromiso que tiene la empresa de brindar trabajos con sentido y que satisfagan a todos los empleados; es así que algo común en las mejores compañías para trabajar es que utilizan siempre medios creativos para mantener satisfechos a los trabajadores, incluso cuando tienen que despedirlos les brindan pagos generosos.

Para poder realizar un adecuado diseño del trabajo, Heizer y Render (2009)

comentaron que se deben examinar cinco aspectos:

- La especialización del trabajo, que surgió desde el siglo XVIII con Adam Smith, reduce los costos básicamente de tres formas: con el desarrollo de destrezas y aprendizaje acelerado incentivado por la repetición, menos pérdida de tiempo por el

no cambio de tareas y herramientas, y por el desarrollo de pocas herramientas especializadas que reducen la inversión. El matemático Charles Babbage agregó una cuarta razón del beneficio a la empresa de la especialización; y es que la organización solo paga por la habilidad específica requerida. La crítica actual a la especialización es que propugna los trabajos manuales, cuando en un entorno moderno es muy necesario de todas las habilidades del trabajador, especialmente su mente y aportes.

- La expansión del trabajo contiene dos enfoques: la ampliación del trabajo o también denominada dimensión horizontal, que consiste en agregar tareas que requieren habilidades similares al trabajo actual; una variante de esta es la rotación del trabajo, donde un trabajador pasa de un trabajo especializado a otro; y el enriquecimiento del trabajo o también denominada dimensión vertical, pues agrega actividades de control y planeación. Una aplicación de esta dimensión es la denominada delegación de autoridad. Ambas formas tienen como objetivo mejorar la motivación, el autocontrol y el desempeño del empleado en su puesto de trabajo.
- Componentes psicológicos, donde uno de los primeros estudios realizados en la planta de Western Electric en Hawthorne mostró que el sistema social era una variable que impactaba la productividad del trabajador (Roethlisberger & Dickinston, 1941). Es así que Hackman y Oldham (1976) ampliaron el estudio y definieron cinco características deseables en el trabajo: variedad de habilidades y talentos, identidad del trabajo que permita al trabajador identificar el principio y final de su tarea, significado del trabajo para que el empleado sienta el impacto que proporciona su labor a la organización, autonomía que le brinde al trabajador libertad, independencia y discreción; retroalimentación oportuna con información clara de su desempeño.

- Equipos auto dirigidos, donde se fomenta la confianza y el compromiso mutuos y existe un grado de autoridad delegada con un objetivo común; y para que sean verdaderamente efectivos se pueden seguir algunas recomendaciones, como por ejemplo formar los equipos con el personal que realmente contribuya al mismo, deben tener apoyo de la administración, su capacitación debe ser continua y los objetivos y metas deben ser claros.
- Sistemas de motivación e incentivos, los cuales deben ser desarrollados en forma coherente con la filosofía de la empresa, debiendo todos ellos incluir factores tanto higiénicos (salarios, clima laboral, condiciones de trabajo, etc.) como motivacionales (responsabilidad, logros, reconocimiento, etc.)

Como parte del diseño del trabajo, se encuentra el aspecto de la medición del trabajo, que D'Alessio (2012) presentó en función de la determinación del tiempo que invierte un trabajador calificado en realizar una actividad definida, tomando en cuenta un estándar de ejecución. El mismo autor nos indicó que entre los objetivos que pretende alcanzar la medición del trabajo se encuentran, la evaluación del comportamiento del trabajador, la planeación de las necesidades de la fuerza de trabajo, la planeación de la capacidad, la fijación de precios, el control de costos, la programación de operaciones y el establecimiento de incentivos salariales.

Monks (1991) definió cinco métodos para realizar las mediciones del trabajo:

- La experiencia histórica, basado en el rendimiento pasado, y que es subjetivo y no muy recomendado por no tener datos fiables de si dicho trabajo ha sido deficiente o eficiente.
- Estudio de tiempos, que se basa en determinar un ritmo estándar de trabajo, bajo un método prescrito, incluyendo niveles de tolerancia por la fatiga del personal.

- Tiempos predeterminados, basado en la descomposición de un trabajo en movimientos básicos, los cuales se tienen mediciones en una base de datos y se le agrega un factor de tolerancia obteniendo una medida indirecta estándar.
- Datos de estándares, que es una derivación del método anterior pero que comprende clases más amplias de movimientos, construidas a partir de mediciones directas o de movimientos más pequeños con mediciones indirectas.
- Muestreo de trabajo, basado en toma aleatoria de trabajadores, sobre todo cuando los ciclos son largos o hay actividades grupales.

Carro y González (2012b) presentaron a la manufactura esbelta como una simbiosis de la industria preindustrial de los años 1890; y la manufactura repetitiva de los años 1940, donde el objetivo de eliminar el desperdicio se ha interiorizado por el equipo de trabajo que está en un constante ciclo de rediseño de su desempeño laboral haciéndolo cada vez más simple y eficiente, donde el empleado no es considerado como un robot sino como un miembro valioso de la organización, que utiliza sus fuerzas físicas y mentales para servir al cliente y por tanto eleva la productividad en forma constante.

Algunas características de esta forma de trabajo son:

- Respecto al entrenamiento, con capacitación continua y amplia, donde el conocimiento es tan importante como el entrenamiento.
- Respecto al producto, el enfoque es en las necesidades del cliente (interno o externo), realizando cambios rápidos del producto por un proceso flexible de producción.
- Respecto al ambiente de trabajo, se tiene que el grupo es lo más importante, aunque los individuos tienen alguna independencia y discreción; existe empoderamiento real al trabajador; la evaluación al equipo es dado por su propio trabajo; y la

implementación de las células de trabajo permiten una percepción mejor de una tarea terminada.

2.6. Planeamiento Agregado

Tomando en cuenta que el objetivo primordial del planeamiento agregado es lograr el equilibrio entre la oferta y la demanda (Moreira, 1996) o, como lo indicó Nahmías (2007), que la meta de la planeación agregada es balancear la producción para cumplir de manera más exacta con la demanda, resolviendo los problemas ocasionados por los cambios de niveles de producción, lo que en la práctica lleva a decisiones como determinar la cantidad de trabajadores asignados o la cantidad de unidades agregadas que se requieren para producir cada uno de los periodos planeados.

Domínguez, Álvarez, García, Domínguez y Ruíz (1995) comentaron que para realizar una correcta planeación agregada se deben realizar las siguientes consideraciones:

- Definir qué cantidad se producirá en el periodo analizado (mensual, trimestral, etc.).
- Realizar un plan realista que pueda ser ejecutado, estableciendo los ajustes que se requerirán en la capacidad versus la demanda, tomando en cuenta las diversas variables restrictivas del entorno y de las políticas de la empresa.
- Debe estar alineado con el plan estratégico, tomando en cuenta el plan de producción de largo plazo, y también lo informado por los clientes en sus demandas a mediano y corto plazo.
- Tener en mente los objetivos tácticos para lograr la máxima eficacia posible.

Y para lograr lo anteriormente citado, los autores mencionados plantearon un proceso de seis fases, las cuales comprenden los siguientes pasos:

- Estimar los requerimientos del producto para cada parte del periodo establecido anteriormente.
- Establecer las variantes de los ajustes transitorios y sus limitaciones de uso.

- Diseñar varios planes de producción alternativos.
- Realizar una evaluación de costos y de satisfacción de la demanda de cada plan postulado.
- De no encontrar un plan adecuado, elegir el mejor y volver al tercer paso para generar más alternativas.
- Seguir la iteración hasta que se obtenga un plan agregado satisfactorio.

A la par, para Moreira (1996) el proceso se resume tan solo en tres etapas: (a) pronosticar la demanda en un periodo de seis a doce meses; (b) realizar las propuestas de alternativas para influenciar en la demanda o la producción; y (c) seleccionar la alternativa para cada período.

Uno de los puntos clave está en la forma de cómo influenciar en la demanda. Según Schroeder (2005), existen cuatro maneras:

- Con precios diferenciales, que se usan para reducir las demandas pico o apuntalar temporadas bajas; sin embargo, hay que tener la consideración que el diferencial en el caso de bienes no perecederos tiene que ser muy cercano al costo de mantenimiento de inventario para evitar especuladores por un extremo o desalentar la compra.
- Publicidad y promociones, cuyo objetivo es similar al diferenciador de precios; es decir, trasladar la demanda de los picos a los periodos bajos usando promociones; como, por ejemplo, en el caso de restaurantes brindar desayunos gratis o servicio a domicilio para mantener su capacidad instalada al máximo posible.
- Trabajo pendiente, *backlog* o reservaciones, que se usa generalmente en servicios y cuando no existe mucha competencia, pero por lo general causa incomodidad al cliente, pues consiste en poner en una cola de espera su pedido, sea porque al mismo

cliente no se le permite ingresar el pedido o porque lo ingresa como reserva pendiente.

- Desarrollo de productos complementarios. Se trata de aprovechar las instalaciones y capacidad para producir productos que tengan una estacionalidad inversa a los productos actuales, de modo que cuando la demanda de uno baje la del otro esté subiendo. Ejemplo de ello son las empresas que fabrican aires acondicionados para el verano y a la vez calefactores para el invierno.

De igual forma, se debe tener en cuenta las formas de modificar la oferta; es así como Barndt y Carvey (1982) propusieron seis estrategias básicas:

- Uso del inventario para nivelación. Tal vez, es la estrategia más utilizada por las empresas para equilibrar a la demanda, pero esto tiene el problema de los costos de mantenimiento de inventario, sobre todo en bienes perecederos
- Postergación del exceso de demanda, que se realiza en mercados de poca competencia directa o de sustitutos, pues causa insatisfacción al cliente al no cubrir su necesidad en el momento que lo requiere. Un ejemplo de ello son las sobreventas de aviones u hoteles.
- Variación del tamaño de la fuerza laboral, ya que se trata de contratar mano de obra cuando existe demanda y despedirla cuando baja la misma, asumiendo bajos costos de capacitación y un alto grado de disponibilidad. Por lo común, esta estrategia causa malestar a los trabajadores y baja en su productividad por la inestabilidad generada; sin embargo, hay sectores como el de construcción donde se aplican, pues trabajan por obra construida, y en parte es compensada por los sueldos mayores al promedio del sector y tratamiento diferencial de beneficios sociales.
- Variación de la producción con sobretiempos y tiempos de parada, haciendo uso de las horas extras, las cuales son más costosas y menor productividad por el cansancio

del personal, además que no siempre es factible aplicarlos por restricciones del sector o entorno.

- Subcontratos o arreglos de cooperación, que son utilizados al tercerizar componentes o productos completos. También pueden tener contratos de colaboración para balancear entre ellos la demanda, como en el caso de aerolíneas u hoteles que se derivan los clientes cuando están fuera de su capacidad, pero tienen el inconveniente de elevar el costo y dificultad en el control de la calidad.
- Uso de la capacidad instalada total, al hacer trabajar al máximo los equipos para elevar la capacidad; sin embargo, esto lleva consigo el riesgo de elevar el desgaste y costo de mantenimiento de las mismas.

En conjunto, con el manejo de las variables de la oferta y demanda, se debe elegir una estrategia empresarial que coloque el marco al resto de acciones, especialmente lo relacionado con el tamaño de la fuerza laboral, los niveles de inventario y de producción.

Para eso, D'Alessio (2012) presentó tres tipos de estrategias genéricas:

- Estrategia conservadora. Donde la producción está basada en los pedidos; es decir, espera a que la demanda se presente para realizar la producción de lo requerido por el mercado, pues por lo general se da en nichos con estacionalidad o moda, y entre las decisiones que se toman de contratar y despedir el personal, según lo establecido por la demanda. Las ventajas de esta estrategia son que no existe riesgos de *stock*, los costos de inventarios son bajos o nulos y los costos de producción también son bajos; y entre las desventajas están la posibilidad de pérdidas de ventas por la oportunidad de pedidos imprevistos que superen la capacidad, hay dificultad de formar equipos de trabajos productivos por la alta rotación del personal, existe un deterioro de la moral de la fuerza laboral, además de elevar los costos de reclutamiento, entrenamiento y capacitación.

- Estrategia moderada. Donde se mantiene una fuerza laboral estable y se juega con su capacidad disponible; es decir, se tomarán horas extras en los momentos de alta demanda y se puede negociar que la oferta laboral disminuya en algo en los periodos bajos, como, por ejemplo, planificando las vacaciones en dichas temporadas, o acortando las jornadas laborales. Esta estrategia tiene las ventajas siguientes: mantener una buena relación con los trabajadores; garantizar los estándares de calidad, absorción casi inmediata de los niveles de producción necesarios; mejora del clima laboral de la mano de obra por la continuidad del vínculo laboral; no se elevan los costos de reclutamiento, contratación, capacitación y despidos. Por otro lado, también tiene algunas desventajas, como: el agotamiento del trabajador, por lo que si se abusa de las horas extras puede mermar la calidad; también se elevan los costos laborales por las horas extras (que pueden ir de 25% a 150% adicionales a las horas normales) y el mantenimiento de los trabajadores en periodos improductivos.
- Estrategia agresiva, que es muy similar a la anterior pues también mantiene la fuerza laboral estable pero además de ello su producción es continua y produce contra *stock*. Un ejemplo de eso es cuando las empresas tienen demandas estacionales muy altas, como la campaña escolar cuando en los meses previos se produce para absorber toda la demanda. Las ventajas además de las mencionadas, como la estrategia moderada, ayuda a que se pueda atender mejor a los pedidos imprevistos y posee un equilibrio en la producción; y como desventajas están principalmente los costos de inventario (capital, almacenamiento, seguros, deterioro, obsolescencia, etc.).

2.7. Programación de Operaciones Productivas

La programación de las operaciones es realizada por todas las empresas que han planificado en forma correcta y están listas para poner en práctica dichos planes (plan agregado, plan maestro de producción, etc.). Por tanto, requieren establecer en una línea de

tiempo los recursos (tiempo, personal, financiamiento, etc.) que se deberían utilizar para cada actividad planificada. Al respecto, Heizer y Render (2009) indicaron que su realización tenía una importancia estratégica por tres motivos: (a) una correcta programación representa una mayor rotación de recursos y un mejor uso de los activos, lo que a su vez brinda una mayor capacidad por dólar invertido y una reducción consecuente de los costos; (b) la producción más veloz, junto con una capacidad agregada, brinda mayor flexibilidad al proceso, lo que a su vez logra entregas más rápidas a los clientes y por consecuencia un mejor servicio; (c) una programación consistente tiende a generar entregas confiables y realistas.

Por otro lado Chase, Aquilano y Jacobs (2009) indicaron que para una correcta programación se deberían ejecutar cuatro pasos: (a) planificar a corto plazo, asignando pedidos, equipo y personal a los puestos de trabajo y demás ubicaciones necesarias; (b) establecer las prioridades laborales, es decir, determinar la secuencia en que se realizarán los pedidos; (c) despachar los pedidos o, mejor dicho, iniciar el trabajo programado; (d) controlar las actividades del taller, revisando el progreso de los pedidos y poniendo especial atención en los pedidos retrasados o muy importantes.

En toda programación existe un factor de incertidumbre que, de no tenerlo presupuestado, puede volver ineficaz cualquier programación. Por eso es que los métodos para realizar la programación son influenciados tanto por el grado de incertidumbre de los eventos, como por el tipo de producción, por lo que, según Monks (1991), existen tres grandes grupos de herramientas:

- La programación lineal, que generalmente se desarrolla en un contexto de certidumbre con producción masiva o continua y está orientado a la optimización, la maximización de beneficios o la minimización de costos.
- En el otro extremo se encuentra la teoría de juegos, que se desarrolla en un entorno de incertidumbre total, cuando se conoce algo, pero no su probabilidad de

ocurrencia, y el objetivo de programar es generar probabilidades confiables para aplicar las técnicas de administración del riesgo (probabilidades y estadística, teoría de colas, árboles de decisión, valor esperado, etc.).

- En el medio se tienen las redes PERT/CPM, cuando el entorno no es ni totalmente cierto, ni totalmente incierto, y el objetivo es hallar el tiempo más probable.

Otro buen resumen de las herramientas cuantitativas que todo buen gerente de Operaciones debe tener en su arsenal lo presentaron Levin, Kickpatrick y Rubin (1982) en su clasificación de diez tipos:

- Probabilidades y estadística, utilizadas en ambientes de riesgo e incertidumbre, cuando la información es limitada y sus usos más comunes se dan en los muestreos, estrategias gerenciales y elementos que tienden a fallar con el tiempo.
- Pronósticos, muy usado cuando la gerencia tiene que tomar decisiones futuras sobre la base de hechos históricos.
- Teoría de la decisión, generalmente utilizado en un entorno de bajo riesgo, donde se pueden tomar en cuenta probabilidades, y una de las herramientas más usadas son los árboles de decisión, que combinan las probabilidades y los valores esperados para esquematizar muchas opciones de decisión. Otro elemento de esta categoría muy usado es el análisis costo-volumen-utilidad con condiciones de incertidumbre en el costo y la demanda.
- Modelos de inventarios, que sirven para controlar los costos totales del inventario, optimizando el tiempo y la cantidad, a la par que reducen el costo total de adquisición, de almacenamiento y procesamiento.
- Programación lineal, utilizado por lo general cuando se tienen varias opciones y muchas combinaciones y se desea obtener la combinación óptima mediante el uso de *software* de computadora. También tiene aplicaciones específicas como el método

de transporte y de asignación que, por lo común, está relacionada con la producción masiva y continua.

- Simulación, se estudia el estado de un problema bajo condiciones probabilísticas con un uso intensivo de las capacidades computacionales.
- Teoría de colas, que se utiliza para medir la capacidad de un sistema con llegadas erráticas de pedidos de servicio, calculando la longitud de las futuras colas, el tiempo promedio de espera entre otras medidas que sirven para diseñar el sistema; generalmente está relacionado con producciones en lotes o serie.
- Teoría de redes, orientada a la producción única y proyectos, y permite planificar productos complejos usando PERT, CPM PERT/costo y programación con limitación de recursos.
- Análisis de Markov, que permite conocer las preferencias de los consumidores en el tiempo.
- El uso de gráficas, facilitando el convencimiento y el análisis de una situación dada.

2.8. Gestión de Costos

Se sabe que toda empresa tiene que administrar correctamente sus costos, los cuales fueron definidos por Horngren, Datar y Rajan (2012) como un sacrificio de recursos que se destinan para lograr una meta específica, aclarando algunos conceptos como:

- Costo (como los materiales directos, la publicidad o el servicio de luz), que normalmente se mide por una cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes o servicios.
- Costo real, es aquel en que ya se ha incurrido al momento de la medición (un costo histórico o costo del pasado).

A diferencia de un costo presupuestado, el cual es un costo predicho o pronosticado (también denominado costo futuro); si la empresa desea ser competitiva y ante márgenes

reducidos poder seguir creciendo sostenidamente, y si a este contexto de continua competencia se agrega el ingrediente de crisis (económica o incluso sectorial; o particular de la empresa específica, como puede ser baja rentabilidad, pérdidas financieras, pérdida de participación de mercado, etc.), el manejo de los costos se vuelve esencial. Entonces, el objetivo estratégico de la disminución de dichos costos primará tanto en los directivos, como en los accionistas, incluso en los trabajadores (que se juegan sus puestos de trabajo y el sostén de sus familias). No obstante, eso no significa que se deba tratar el tema enfocándose en la eliminación de todos los costos a diestra y siniestra, sino, más bien, todo lo contrario, de manera estratégica y planificada. Por ejemplo, algunas empresas y directores generales entran en pánico y toman las siguientes o únicas medidas:

- Reducción en capacitación e investigación. Esto constituye un grave error que pone en riesgo el mediano y corto plazo de la empresa.
- Despido desordenado de personal. Tal vez la medida más común aplicada para reducir costos es el despido de personal, pero casi en todos los casos esto acarrea más problemas que soluciones, pues se puede ir de la empresa a los competidores capital muy valioso, además que quienes se quedan están en un estado de desmotivación y nerviosismo tal que la productividad en general siempre baja.
- Reducción de publicidad. En los momentos de crisis es cuando más se necesita de la fidelidad de los clientes, y si se opta por la reducción de la publicidad, lo único que se está haciendo es hacerle más fácil la vida a la competencia.
- Adquirir insumos o servicios de menor calidad. En definitiva, la búsqueda de proveedores más económicos por lo general traerá consigo una baja de la calidad de sus productos y servicios, lo cual, aunado a la crisis existente, podría acarrear una fuga masiva de la fidelidad de los clientes.

Para poder medir los costos de una empresa, los contadores administrativos poseen varias herramientas metodológicas. En este caso, Horngren, Datar y Rajan (2012) identificaron los siguientes sistemas principales:

- El sistema de costeo por órdenes de trabajo, que fue diseñado para costear unidades diferenciadas de un bien o servicio, como por ejemplo una campaña publicitaria, un proyecto de construcción, un servicio de reparación de un auto de lujo, etc., donde estas unidades independientes se denominan “orden de trabajo” y son el objeto del costo
- Sistema de costeo por procesos, orientado cuando la empresa produce unidades idénticas o similares de un bien o servicio, como por ejemplo el iPhone, el servicio de depósito de un banco, etc.
- Sistema de costeo basado en actividades. Es considerada una herramienta de mejoramiento del sistema de costos, donde el objeto del costo es la actividad, el cual es un evento, una tarea o una unidad de trabajo que posee un objetivo específico, como por ejemplo el diseño de productos, la distribución de productos o la configuración de máquinas, donde se calcularán los costos como la sumatoria de los costos de cada actividad que las componen.

Según Polimeni, Fabozzi y Adelberg (1994) el costeo por órdenes de trabajo es un sistema más apropiado para productos que tienen diferentes requerimientos de materiales y de conversión, es decir que cada producto se fabrica de acuerdo con los requerimientos particulares de los clientes y el precio cotizado está muy ligado al costo estimado, lo cual es muy común en trabajos de impresión, astilleros, aeronáutica, construcción, ingeniería, etc. La forma como funciona es básicamente acumulando los tres elementos básicos del costo (materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación) de acuerdo con las órdenes de trabajo, manteniendo una numeración e identificación separada para cada una,

tomando en cuenta que los costos indirectos luego de la acumulación por departamentos se distribuirán por medio de una tasa de aplicación, que sea la más adecuada a la tarea o negocio específico (horas hombre, participación en utilidades o costos directos, etc.).

Tal vez el método más difundido de costeo sea el costeo basado en actividades (ABC por sus siglas en inglés) y tenemos que según Cárdenas (1995) está orientado a medir el costo y desempeño de las actividades, basado en el uso de recursos, así como organizando las relaciones de los responsables de los centros de costos de cada actividad particular; por otro lado Horngren, Sundem y Stratton (2001) definieron que era un sistema que en primer lugar acumula los costos indirectos de cada actividad de una organización y luego asigna los costos de las actividades a los productos, servicios u otros objetos del costo que causaron dicha actividad. En tanto Uribe (2011) planteó tres ventajas del costeo ABC que es interesante mencionar: (a) permite analizar costos de diferentes puntos de vista y proporciona información importante para la planeación, el control interno, la fijación de precios de venta y la generación de nuevos procesos de producción; (b) aumenta la confianza en la información de costos para los tomadores de decisiones al tener una forma más precisa de asignación de los costos indirectos de producción, comercialización y de administración; (c) brinda información sobre las actividades que realiza la empresa, determinando cuáles nos brindan valor agregado y cuales no lo hacen, por lo que son candidatas a eliminación usando técnicas de mejoramiento continuo como Lean Six Sigma o similares.

Pero el mismo autor también nos plantea tres desventajas que cabría la pena mencionar: (a) algunas veces no se puede descartar de inmediato el sistema actual y tradicional de costeo, pues su implementación puede ser costosa y generar un estado de caos en el proceso, si no se lo hace ordenadamente; (b) requiere para su implementación un cambio de cultura organizacional, pues la empresa tiene que volver a aprender y su

resistencia al cambio puede impedir muchas veces su implementación; (c) el sistema puede llegar a ser muy complejo y su mantenibilidad puede ser costosa.

2.9. Gestión Logística

El pensamiento logístico ha ido cambiando con el tiempo; es así como Fontena (2003) comentó que, por ejemplo, después de la Segunda Guerra Mundial, hasta fines de la década de los años 50, la función de producción era por mucho la más importante de la empresa. La idea era producir al máximo (incrementando al máximo los inventarios). La función de la logística en ese esquema consideraba solo la labor de adquisición, de almacenamiento y de transporte.

Durante las décadas de los años 60 y 70, el mundo empresarial empezó a preocuparse más por el marketing. La función de producción en este nuevo esquema había de orientarla para evitar la acumulación de inventarios que tenían un costo que era imperioso disminuir en un ambiente en que la demanda se hizo más selectiva y sin las tasas de crecimiento de los años anteriores. Durante los años 80, el mundo vivió una crisis económica que generó un escenario de contracción de la demanda, inflación y escasez de capital. La respuesta de las empresas fue prestar más atención al área de Finanzas; en esta época se empiezan a aplicar en forma intensiva la tecnología informática y existe una mayor integración con la gestión de materiales y el comercio se empieza a globalizar. En los años 90, las nuevas tecnologías de los equipos y de las comunicaciones (EDI, PC, laptops, RFID) significaron un cambio en la forma de gestionar las empresas y sus inventarios; la producción quedó subordinada a la logística.

La logística es una parte básica para brindar soporte a las operaciones productivas, y está presente –según D’Alessio (2012)– en cinco partes o procesos productivos:

- En la entrada de insumos, llamándose logística de entrada.
- En el ingreso de indirectos, o logística del proceso o de los indirectos.

- A la salida, denominada logística de salida o de productos.
- También menciona la logística del diseño del producto.
- La logística del servicio posventa.

La preocupación principal de la logística es no tener muchos inventarios (ni a la entrada, ni a la salida) que eleven los costos, ni tener pocos que hagan que el proceso se paralice o se pierda una venta, con la consecuente pérdida del costo de oportunidad. Por tanto, son temas relevantes en las decisiones logísticas todo lo relacionado a los inventarios y en especial la cantidad óptima de compra, también llamada lote económico de compra o EOQ (Economic Order Quantity, por sus siglas en inglés).

¿Qué es un inventario? Según Soto (2007), los inventarios son una parte muy importante para los sistemas de la contabilidad de mercancías, porque la venta del inventario es el corazón del negocio. El inventario es, por lo general, el activo mayor en sus balances generales; y los gastos por inventarios, llamados costo de mercancías vendidas, son de modo usual el gasto mayor en el estado de resultados. Morales (1982) indicó que los inventarios de mercancía son el corazón mismo de la empresa. Ante esta relevancia significativa de los inventarios para la empresa, Perdomo (2002) puntualizó que el objetivo de la administración de inventarios era producir condiciones para una óptima productividad y rentabilidad. Es así como se puede ir notando que los inventarios son muy importantes para toda empresa, por estar muy ligados a buena parte de los costos, gastos y las unidades productivas.

Para poder administrar de modo correcto los inventarios, primero se debe saber distinguir entre sus tipos o clases. Es así que Brigham (2005) clasificó los inventarios en cuatro tipos: (a) de insumos, (b) de materias primas, (c) de trabajos en proceso y (d) de productos terminados. Por otra parte, Brito (2001) indicó que los inventarios pueden estar compuestos por los siete sub-rubros: (a) mercancía comprada a terceros, (b) productos terminados, (c) productos en proceso, (d) materia prima, (e) suministros de fábrica, (f)

material de empaque y (g) mercancía en tránsito. Krajewski, Ritzman y Malhotra (2013) incluyeron una clasificación de los inventarios por la forma en que se creó:

- Inventario de ciclo. Es la parte del inventario total que varía directamente proporcional con el tamaño del lote, el cual, a su vez, varía en relación directa con el tiempo transcurrido o el ciclo entre órdenes.
- Inventario de seguridad. Es un registro excedente que protege contra las incertidumbres en la demanda, el tiempo de entrega y los cambios de suministros.
- Inventario de previsión. Es el inventario utilizado para absorber tasas dispares de demanda o entrega, que con frecuencia enfrentan las empresas.
- Inventario de tránsito. Es el inventario creado cuando se emite una orden para un artículo, pero este no se ha recibido todavía.

Se puede notar que todas las clasificaciones poseen una característica en común, y es que todas tratan de describir el flujo de los materiales y productos en la empresa, lo cual brinda una clara idea que los inventarios son un producto natural de las operaciones de toda empresa.

Tal vez el aspecto más relevante de los inventarios sean los costos relacionados con ellos. Es así que Chase, Aquilano y Jacobs (2009) clasificaron en cuatro los costos de los inventarios:

- Costo de pedir el inventario (C_s). Son los costos de suministrar los productos tanto a la entrada como a la salida del proceso, y entre sus componentes más importantes están los costos administrativos de preparar una orden de compra, producción y todo lo relacionado con el pedido.
- Costos de adquirir el inventario (C_a) o producirlo (C_p). Están relacionados con la compra o fabricación de equipos, materiales, tiempos, etc.

- Costos de mantenimiento de inventario (Ch). Son los costos relacionados con la tenencia de los inventarios a la entrada o salida de los procesos. Entre ellos se tiene el almacenamiento, los seguros, las mermas, la obsolescencia, la depreciación, los costos de oportunidad, etc.
- Costos de rotura del inventario (Cb). Son los costos ocasionados por el desabastecimiento de un insumo o producto y sus respectivas reposiciones; son difíciles de calcular, pero se puede expresar por rangos.

2.10. Gestión y Control de la Calidad

Existen diferentes autores y puntos de vista respecto a la definición de calidad, pero entre los más resaltantes tenemos que Ishikawa (1988), definió que la calidad está relacionada con el desarrollo, diseño, manufactura y manutención de un producto de la manera más económica, útil y siempre satisfactoria para el consumidor; Deming (1989), definió la calidad como el grado predecible de uniformidad y fiabilidad a un costo reducido y al mismo tiempo que cubra las necesidades del mercado, es decir que la calidad no era otra cosa más que un conjunto de herramientas que conllevaban al mejoramiento continuo; por su parte Crosby (1989), puntualizó que la calidad se relacionaba con la entrega a los clientes y a los compañeros de trabajos, productos y servicios sin defectos dentro de los plazos establecidos; Yamaguchi (1989) citado por Armas (2006), indicó que la calidad es el conjunto de propiedades o características que definen su capacidad para satisfacer correctamente las necesidades identificadas; Juran (1993), en su *Manual de Control de la Calidad* definió que calidad era el conjunto de características que satisfacen plenamente las necesidades de los clientes, además para hablar de calidad, se debe de hablar de no tener deficiencias, es decir la calidad se convertía en la forma como se adecuaban las necesidades de los clientes para satisfacerlo; Feigenbaum (1994), consideró a la calidad como un sistema eficaz para integrar los esfuerzos de mejora de la gestión, de los distintos grupos de la

organización para proporcionar productos y servicios a niveles que permitan la satisfacción del cliente, a un costo que sea económico para la empresa; además agregó que la calidad es la resultante de una combinación de características de ingeniería y de fabricación, determinantes del grado de satisfacción que el producto proporcione al consumidor durante su uso; Hansen (1996) citado por López (2005), señaló que la calidad es el grado o nivel de excelencia, es una medida de lo bueno de un producto o servicio; Barba, Boix & Cuatrecasas (1998), consideraron la calidad como el conjunto de características que posee un producto o servicio obtenidos en un sistema productivo, así como su capacidad de satisfacción de los requisitos del usuario; según el modelo de la norma ISO 9000 (2005), la calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos y finalmente la Real Academia Española define el término calidad simplemente como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor (Real Academia, 2017). Así podemos darnos cuenta que todas las definiciones de calidad tienen elementos comunes como la satisfacción de los clientes como norte, lo cual debe ser traducido en requerimientos operativos que satisfagan correctamente dichas expectativas, además de poseer herramientas que aseguren que el producto o servicio se encuentre dentro de las especificaciones o estándares de calidad normado por sistemas de gestión como la ISO 9000, para lo cual es necesario tener procesos robustos que soporten los más exigentes y competitivos mercados.

Pero el concepto de calidad ha ido evolucionando también con las necesidades de los individuos y pueblos en el tiempo, por lo que Marez (2007) nos habla de cinco etapas o eras de la calidad: (a) la era de inspección, cuando en los años cercanos a 1920 la calidad sólo estaba referida al cumplimiento de las especificaciones; (b) la era del control de la calidad, cuando cerca de 1950 se descubren y utilizan algunas herramientas que permitían medir y satisfacer los requisitos de calidad; (c) la era del aseguramiento de la calidad, establecido cerca del año 1970, cuando la calidad tenía como objetivo crear confianza en la satisfacción

tanto dentro de la organización como fuera de la misma a clientes externos y las autoridades; (d) la era de la gestión de calidad, en los años 90 se sistematiza todos los conceptos previos en modelos que ayudan a gestionar la calidad de una forma más profesional, brindando políticas, planificación y mejora de la misma; (e) la era de la excelencia empresarial, considerada a partir del año 2000 en adelante, y es una extensión de la gestión de calidad no sólo a los miembros de la organización, sino que trascienda a la sociedad en general.

Existen muchas herramientas para el control de los procesos con el objetivo del aseguramiento de la calidad, pero entre las más populares por su simplicidad y eficacia se encuentran las siete herramientas recopiladas por Deming (1989): (a) diagramas causa-efecto, denominados también como espina de pescado (por su forma), o diagramas Ishikawa (por su creador), y se utilizan para determinar todas las causas reales y potenciales de un problema dado, donde la cabeza del pescado es el efecto no deseado (oportunidad de mejora o problema detectado), en tanto que las espinas oblicuas son las causas principales, las cuales a su vez pueden contener espinas o causas secundarias; (b) diagramas de flujo, usados para describir la secuencia de las actividades de un proceso, y consta de simbología estándar que facilita su lectura, y sirve para realizar comparaciones de nuestros procesos con otros similares pero con mejor desempeño, para verificar la eficiencia o ineficiencia de los pasos realizados, así como para tener una idea lógica del proceso antes de introducir cualquier mejora o forma de medición; (c) diagrama de Pareto, también conocido como la regla 80-20 o distribución ABC, que no es más que una distribución acumulada de frecuencias expresada en porcentajes, donde nos muestra el 20% de causas que producen el 80% de problemas, y sobre los cuales se deben enfocar los esfuerzos de mejora; (d) gráficas de tendencia, los cuales representan la evolución de una variable en función del tiempo y permite identificar tendencias o ciclos; (e) histogramas, son fotografías de la población y se representan como la frecuencia de ocurrencia de un evento, y ayudan a establecer límites de control y patrones de

comportamiento; (f) diagramas de dispersión, que representan el grado de relación entre dos variables, denominadas “X” o variable independiente (causa) e “Y” o variable dependiente (efecto); (g) gráficas de control, miden la tendencia central de una variable relevante del proceso que deseamos controlar su calidad, y mediante los límites superior e inferior nos permite medir los impactos de las mejoras en la variabilidad del proceso, lo que nos da una excelente herramienta para evaluar el desempeño e implementar el concepto *Kaizen* o mejora continua.

En la actualidad se han desarrollado diversas *especializaciones* en la gestión de la calidad de una organización, pues se tienen los sistemas de gestión de procesos (los más antiguos y extensos como el ISO 9000), los de gestión de gestión ambiental (como el ISO 14000), los sistemas de gestión laboral o de prevención de riesgos laborales (como el ISO 18001 o ISO 45001), entre otros. Respecto a las operaciones mineras tanto los efectos ambientales como los costos laborales son las variables que últimamente se ha extendido su investigación y desarrollo, y es de especial mención los costos ocultos de los accidentes laborales, pues como indicaron Bird y Germain (1985) por cada unidad monetaria asegurada hay entre 6 a 53 veces una cantidad de pérdida adicional causada tanto por los costos observables pero no considerados, como por los subjetivos, pues como indicaron Grimaldi & Simonds (1975) y Imre (1974) entre los costos no asegurables están los más onerosos como por ejemplo: (a) tiempo perdido, (b) primeros auxilios, (c) casos médicos, (d) casos sin lesión, es así que Pérez, J. (2007) nos comenta que la correcta implementación de un Sistema de Seguridad y Salud reduce aproximadamente entre 8% a 15% los costos por año en los casos relacionados con días perdidos, y puede llegar a una reducción de alrededor del 50% y 70% en cinco años; y para abundar en esta línea de ideas la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (2008) afirma que la inversión en un buen sistema SST supone un rendimiento de hasta 12:1, es decir 12 unidades monetarias de retorno por cada

unidad invertida. Asimismo, existen varios métodos para estimar los costos de los accidentes, entre los cuales destaca el enunciado propuesto por Heinrich (1931) donde indica que los costos indirectos (u ocultos) de un accidente son cuatro veces los costos directos, basado en sus estudios en empresas estadounidenses donde también determinó que, por cada accidente grave, existían 29 accidentes leves y aproximadamente 300 accidentes sin lesión.

Rumbo a la excelencia en la calidad tanto los investigadores, como los empresarios han realizado esfuerzos interesantes para aglutinar las herramientas más útiles y eficientes con las cuales muchas empresas han destacado en el aspecto de la calidad, entre ellas tenemos la Manufactura Esbelta (Lean) y el Seis Sigma (Six Sigma en inglés), es así como Buzby, Gerstenfeld, Voss y Zeng (2002) definieron el primero de ellos como un sistema enfocado a la reducción de desperdicios y actividades que no agregan valor; en tanto que Eckes (2004) definió el principal objetivo del sistema Six Sigma como el de reducir la variabilidad. Estos dos sistemas incluso han sido combinados en la metodología Lean Six Sigma que utiliza la potencialidad y herramientas de ambas, entre las cuales tenemos: cinco “S”, Andon, Value Stream Map, Kamban, Mantenimiento Productivo Total (TPM), Poka Yoke, Gantt, SIPOC, análisis ANOVA, diseño de experimentos, análisis de regresión, control estadístico de procesos (SPC), entre otras

2.11. Gestión del Mantenimiento

González (2007) indicó que desde el mismo inicio de la industria se da el nacimiento del mantenimiento como una necesidad de mantener operativas los equipos y la producción, pero era vista como un gasto y como una actividad que no agregaba valor al producto o servicio, pero esta visión ha ido evolucionando y Moubray (1997) lo logró clasificar en cuatro etapas cada una con sus propias características: (a) la primera etapa la localiza luego de la primera guerra mundial hasta los años 50, y se caracteriza porque las expectativas del mantenimiento rondaban solamente en la reparación de los equipos cuando fallaban, la visión

sobre los equipos era que simplemente todos se desgastan y las habilidades técnicas que se requerían sólo era en reparación; (b) la segunda etapa la localiza entre los años 1950 y 1970, donde las expectativas del mantenimiento estaba en tener equipos con mayor disponibilidad, que duren más y que tengan bajos costos de mantenimiento, la visión sobre las fallas en los equipos se introdujo la “curva de la bañera” y las técnicas de mantenimiento se ampliaron a mantenimientos mayores planeados o programados, sistemas de planificación y control de los trabajos (PERT, Gantt, etc.) y se apoyaban en computadores grandes y lentos; (c) la tercera generación la localiza entre los años 1970 y 2000, donde las expectativas del mantenimiento se centra en equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad, se aumenta el interés en la seguridad, en el cuidado del medio ambiente, en la calidad del producto y la mayor duración de los equipos, la visión de las fallas se amplía a seis patrones de fallas en los equipos, entre las técnicas que se utilizan en esta época aparece el mantenimiento predictivo, el diseño basado en la confiabilidad y mantenibilidad, el estudio de riesgos, el estudio de modos de falla y sus efectos (FMEA, FMECA, etc.), trabajo en equipos y empoderamiento, sistemas expertos, basados en computadores pequeños y rápidos; (d) ahora nos encontramos con la cuarta generación a partir del año 2000, donde las expectativas del mantenimiento incluyen todas las de la tercera generación más aspectos como incremento en el ratio costo/efectividad, manejo del riesgo (legislación, procedimientos, entrenamientos, globalización, etc.), los errores de los equipos se ven desde la teoría de la confiabilidad operacional (errores humanos, errores de sistemas, errores de diseño y errores de selección), y entre las herramientas y técnicas más innovadoras se tiene el monitoreo por condición, uso de técnicas especializadas (RCA, RCM, TPM, PMO, modelamiento de confiabilidad, optimización de repuestos, etc.), se usan los módulos de mantenimiento ERP, se explota al máximo el outsourcing y el internet global. Podemos ver como los aspectos de mantenimiento han ido evolucionando de una visión necesaria a una estratégica, soportada por una gama cada vez

más especializada de herramientas y técnicas facilitada y potenciada por la tecnología computacional y el internet

Existen diferentes tipos o estrategias de mantenimiento, entre las más comunes tenemos las tres principales que Duffuaa, Raouf y Dixon (2005) identificaron como: (a) mantenimiento correctivo, definida como un conjunto de acciones requeridas para devolver al equipo las condiciones operativas aplicadas luego de la aparición de una falla, es un mantenimiento reactivo y se aplica generalmente en máquinas que presentan fallas aleatorias; (b) mantenimiento preventivo, que se realizan con paradas programadas para realizar inspecciones, pruebas, reparaciones, cambios, etc. y cuyo objetivo es incrementar la continuidad de la operación y reducir al mínimo el costoso mantenimiento correctivo, éste puede ser sistemático (a intervalos regulares) o condicional (definiendo una condición específica del sistema), sin embargo también posee algunas desventajas, como son el mantener un inventario alto de suministros y piezas, realizar cambios innecesarios basados sólo en la vida útil teórica de la pieza, fallas en los reinicios de operación, por diferencias en la estabilidad, alineación, calibración, etc.; (c) mantenimiento predictivo, definido como el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico del sistema (monitoreo) que previenen la aparición del fallo en base a los síntomas definidos y monitoreados, éste concepto se basa en el hecho de que la mayoría de las fallas se producen lentamente y de manera previa muestran indicios de un fallo futuro, por lo que vigilando y midiendo variables como la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la resistencia eléctrica, las vibraciones, entre otras se puede prever el fallo y actuar con mucha antelación; existen dos escenarios donde el mantenimiento predictivo no es factible realizar, y es cuando las causas no existe forma de preverlas, es decir son fortuitas, y la segunda es cuando el monitoreo es más costoso que los beneficios, la excepción a ésta última la constituyen las fallas que ponen en peligro la seguridad del personal. Por otro lado hay autores como Monchy (1990) que agregaron dos

categorías más a éstas tres clásicas: (a) el mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) realiza una clasificación de los equipos críticos y realiza una medición de su confiabilidad (probabilidad de falla) realizado sólo los mantenimientos estrictamente necesarios, evitando así las fallas de reinicio del sistema; (b) el mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés), el cual nace como parte de la filosofía japonesa de cero defectos y fallas, para lo cual trasladan varios trabajos de mantenimiento a los operarios, como son tareas de limpieza, lubricación, ajustes y reparaciones menores, lo cual unido a las técnicas de monitoreo y cultura de mejora continua constituyen un objetivo a lograr para cualquier empresa de clase mundial. Como un interesante resumen de los tipos de mantenimientos y su momento de aplicar se tiene la Figura 8.

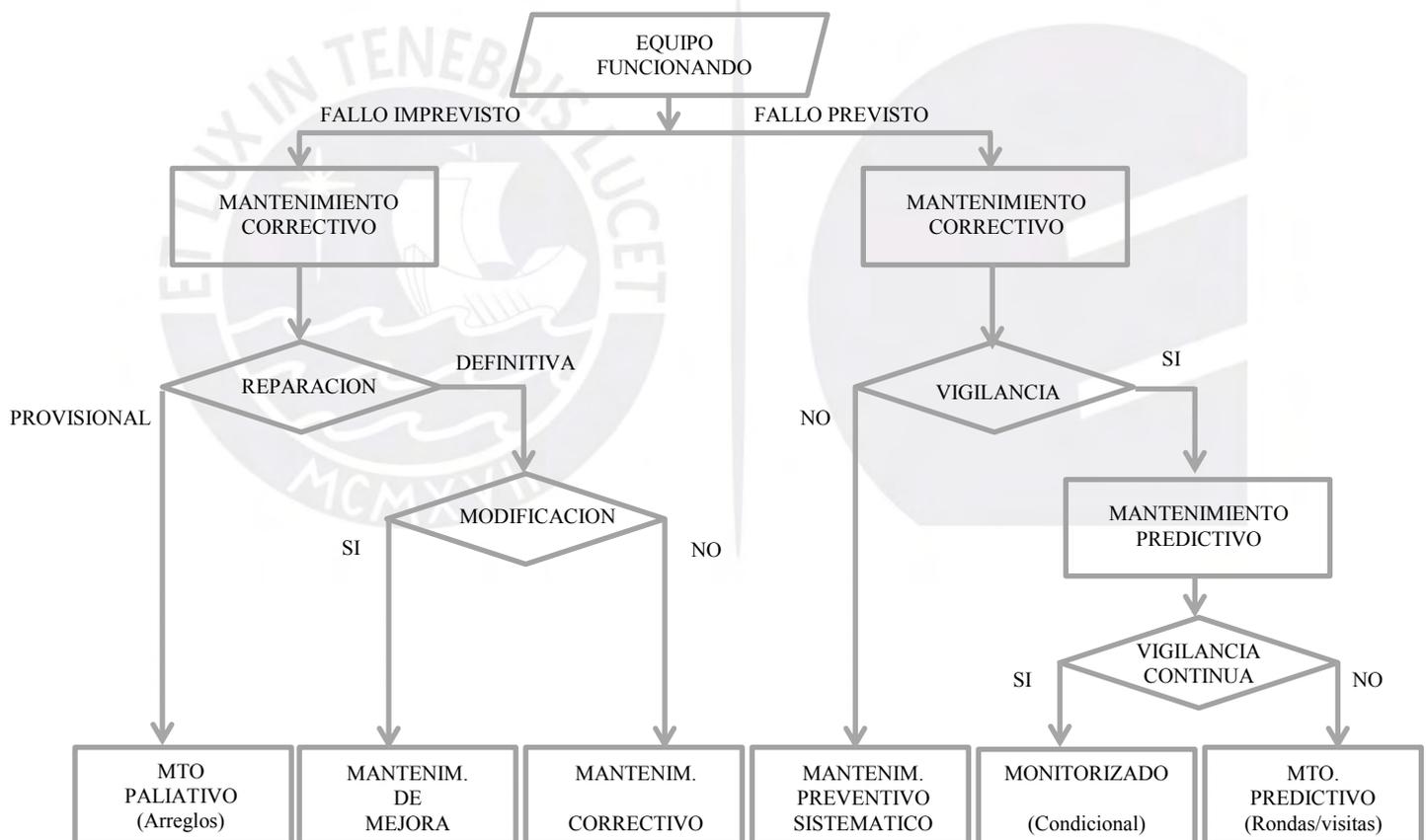


Figura 8. Flujograma de Decisiones para el tipo de mantenimiento
Adaptado de Monchy (1990)

2.12. Cadena de suministro

La cadena de suministro según Chopra y Meindl (2008) es un sistema compuesto por todas las partes involucradas directa o indirectamente en satisfacer una solicitud de un cliente, tales como: proveedores, transportistas, fabricantes, almacenistas, operadores logísticos, distribuidores, detallistas, entre otros. Por otro lado la Administración de la Cadena de Suministro o Supply Chain Management (SCM por sus siglas en inglés) son según Ballou (2004) todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes o servicios desde las etapas iniciales extractivas hasta la entrega al usuario final, esto incluye también los flujos de información; por su parte Stock y Lambert (2001) definieron a la cadena de suministro como la integración de las principales funciones de una organización, iniciando en el usuario final y llegando hasta los proveedores originales de los productos o servicios, agregando valor a todos los grupos interesados o *Stakeholders*. Además, clasificaron en dos tipos de miembros de la cadena de suministros: (a) los primarios, referidas a aquellas empresas autónomas que realizan sus actividades para satisfacer las necesidades de sus clientes; (b) las de soporte, que proveen los recursos a las primarias para que cumplan con sus objetivos. Así tenemos que D'Alessio (2012) clasifica cinco partes o etapas clásicas de una cadena de suministros: (a) clientes, (b) minoristas, (c) distribuidores o mayoristas, (d) fabricantes y (e) proveedores de componentes y materias primas.

Heizer y Render (2009) clasificó cinco estrategias básicas de cadena de suministro: (a) muchos proveedores, donde se hace competir a los competidores, y donde generalmente gana el que ofrece el precio más bajo, su meta no es una sociedad a largo plazo, y se traslada la responsabilidad de satisfacer las necesidades de tecnología, experiencia, pronóstico, costos y calidad al proveedor; (b) pocos proveedores, donde al contrario de la anterior se busca forjar relaciones de largo plazo, con proveedores seleccionados que sean socios tanto en el crecimiento, investigación y beneficios, es el modelo clásico utilizado por sistemas Justo a

Tiempo (JIT, por sus siglas en inglés), pero también implica algunos riesgos como la extrema dependencia mutua, el alto costo de cambio o incluso la generación de competencia al compartir información clave del negocio; (c) integración vertical, existen dos formas de integración vertical, hacia atrás, es decir que la empresa compra a sus proveedores, o hacia adelante, es decir que la empresa vende ahora los productos de sus clientes, ésta estrategia puede brindar reducción de costos, mayor control sobre la calidad y entrega de tiempo, pero puede implicar riesgos pues la filosofía de hacer de todo está pasando rápidamente de moda, dado a que no se puede ser bueno en todo y una empresa gigantesca tiende a ser burocrática, perdiendo eficiencia frente a su competencia, más pequeña, especializada y flexible, sin embargo cuando una empresa posee el talento y el tamaño para realizarlo muchas veces lo hacen, el reto es mantener las ventajas en el tiempo; (d) redes keiretsu, es una estrategia que los japoneses han diseñado para combinar los modelos de pocos proveedores e integración vertical, y consiste en brindar préstamos o propiedad a sus proveedores de primer, segundo y hasta tercer nivel, con los cuales crean relaciones a largo plazo y esperan que se comporten como socios de la cadena de suministro; (e) compañías virtuales, es la estrategia donde todo o casi todo es realizada con servicios de proveedores de corto, mediano y largo plazo, donde los objetivos logrados son flexibilidad y eficiencia, por ejemplo en sector de vestidos para damas, utiliza proveedores externos como diseñadores, talleres de costura, mano de obra, donde la empresa posee pocos gastos generales y a su vez es muy flexible y puede lograr la eficiencia si sus proveedores son seleccionados cuidadosamente.

Para lograr la eficiencia y flexibilidad como se comentó en la estrategia de las compañías virtuales, muchas veces se tiene que hacer uso de la tercerización, pero ¿qué es exactamente la tercerización? así por ejemplo Fernández R. (2007) indicó que es la transferencia de la propiedad de un proceso de negocio por parte de la empresa hacia

un proveedor suplidor donde la clave de la definición es el aspecto de la transferencia de control, que les permite a las empresas ser más flexibles en su estructura organizacional y optimizar su estructura de costos operativos; Alarcón, J. (2007) mencionó que implica la contratación y posterior delegación a largo plazo de uno o más procesos no críticos para un negocio, a un proveedor más especializado con el fin de conseguir una mayor efectividad, que permita orientar los mejores esfuerzos de una compañía a las necesidades neurálgicas para el cumplimiento de una misión; Morales, G (2007) definió que es una estrategia de administración por medio de la cual una empresa delega la ejecución de ciertas actividades a empresas altamente especializadas; Maynard, A.B. (2005) afirmó que es la acción de recurrir a una agencia externa para operar una función que anteriormente se realizaba dentro de la compañía; Schneider, B. (2004) lo definió como un método mediante el cual las empresas desprenden alguna actividad, que no forme parte de sus habilidades principales, a un tercero especializado. Por habilidades principales o centrales se entiende todas aquellas actividades que forman el negocio central de la empresa y en las que se tienen ventajas competitivas con respecto a la competencia.

En definitiva, la tercerización u outsourcing es algo que toda cadena de suministro debe de tomar en cuenta para el diseño de la misma, teniendo en cuenta que se debe de tercerizar todo menos lo esencial o denominado *CORE del negocio*, aquello que nos da la diferenciación y generación de beneficios. Algunas ventajas y beneficios de la tercerización según Greaver (1999) están divididos en cinco grupos: (a) razones organizacionales (mejora la eficacia por enfocarse en lo que se hace mejor, aumenta la flexibilidad para adaptarse a los cambios, etc.); (b) razones de mejora (mejora el desempeño operativo aumentando la calidad y la productividad, se gana experiencia, capacidades y tecnología del proveedor, adquiere ideas innovadoras, etc.); (c) razones financieras (reduce la inversión en activos y libera recursos financieros, genera efectivo por la transferencia de activos al proveedor, etc.); (d)

razones de utilidades (se gana acceso al mercado a través de la red del proveedor, se acelera la expansión apalancado por las competencias del proveedor, etc.); (e) razones de costos (se reducen los costos por un mejor desempeño y una estructura de costos menor del proveedor, se gana las economías de escala del proveedor, los costos fijos se vuelven variables, etc.). Pero a su vez Chopra y Meidl (2008) nos advirtieron de algunos riesgos de la tercerización: (a) si el proceso es defectuoso, la tercerización sólo empeora el control; (b) subestimar el costo de la coordinación, el cual puede llegar a ser muy alto, especialmente si tiene varias funciones subcontratadas; (c) se reduce el contacto con el cliente y proveedores, esto es especialmente cierto cuando se terceriza el cobro o entregas de productos; (d) pérdida de capacidad interna y crecimiento del poder del tercero, lo cual aumenta su poder de negociación y nos deja vulnerables; (e) fuga de datos confidenciales, siempre está latente esta posibilidad por lo que se debe identificar bien que funciones tercerizar; (f) contratos ineficaces, que muchas veces colocan metas con efectos negativos, pues los incentivos restan eficiencia muchas veces al desempeño de la subcontratación; (g) despidos masivos de personal, al no necesitar la mano de obra se puede incurrir en despidos masivos lo cual acarreará problemas con los sindicatos, incluso cuando éstos sean contratados por el tercero, pues generalmente les brindarán menores sueldos y prestaciones.

Capítulo III. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

Este capítulo contiene información de la ubicación de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, y sus principales áreas de operación. La mina, planta de procesamiento de minerales, talleres, oficinas generales, almacenes, campamento, dique de relaves, son algunas de las principales instalaciones. La ubicación de un yacimiento minero responde a muchos factores geológicos y tectónicos que no se pueden controlar, no se puede definir ni escoger la ubicación de los mismos. Las plantas de procesamiento y el resto de áreas e instalaciones auxiliares dependen de la ubicación del yacimiento. Para realizar en forma adecuada el análisis, se consideró los costos de toda operación minera, el acarreo de mineral y el movimiento de tierras en general, siendo una de las labores más costosas del costo operativo, por lo que generalmente la planta se ubica de manera muy cercana a la mina. En algunos casos y dependiendo de las condiciones geográficas del yacimiento, se define reemplazar el transporte de mineral por medio de volquetes, y usar fajas transportadoras del mineral hasta la planta de procesamiento.

El resto de instalaciones auxiliares, incluyendo las oficinas administrativas, talleres, almacenes, subestaciones eléctricas, campamentos y depósitos de relaves, se adecúan al espacio disponible. Dependiendo del tamaño de la operación, esta definición puede ser muy compleja o muy simple; un adecuado equilibrio entre los costos de capital (*CAPEX*) y los costos operativos (*OPEX*), son considerados en el momento de tomar las decisiones de ubicación de la planta. En el caso específico de la Unidad Operativa Selene, lo complicado de la geografía que rodea al proyecto, obligó a realizar movimientos de tierra masivos para preparar las plataformas donde se instalaron todas las áreas e instalaciones auxiliares de dicho emplazamiento. Las áreas que tienen prioridad, luego de la definición de la ubicación de la mina, son la planta de procesamiento de minerales, el botadero de desmonte y la presa de relaves.

3.1. Dimensionamiento de Planta

Todo proyecto minero se inicia con la prospección de un yacimiento minero, sobre el cual se realizan varias perforaciones diamantinas, para validar el potencial del yacimiento, el contenido metálico y su cantidad disponible. Esto hace que, junto con otras variables ambientales, económicas y sociales, se pueda definir si un yacimiento minero es viable a convertirse en una operación minera rentable.

Luego de tenerse la validación del tamaño y calidad del yacimiento por parte de los estudios geológicos, se inicia la definición del tipo de minado que será usado para la extracción del mineral, el tipo de proceso metalúrgico a usar, y el tamaño de planta que se requiere para su beneficio. La ingeniería se desarrolla en varias etapas, empezando desde el estudio de pre factibilidad del proyecto, factibilidad, ingeniería básica y la ingeniería de detalle. Parte importante de los estudios previos y de factibilidad es confirmar el potencial del yacimiento, el tamaño de la planta de procesamiento y el tiempo de vida del proyecto bajo diferentes escenarios de explotación. Esta información, junto con los estimados de requerimiento de capital y las proyecciones de precio de los metales a producir, definen si el proyecto es financiera y técnicamente viable. Adicionalmente a la definición de la capacidad de la planta y el costo estimado de capital, una serie de variables financieras, técnicas y ambientales, entran se toman en consideración para definir el tamaño óptimo de la planta de procesamiento.

Una vez que se tiene en el tamaño óptimo de planta, el cual incluye el equilibrio entre su capacidad procesamiento por día y la cantidad comprobada de mineral en el yacimiento, se analizó la data de producción de los años 2015 y 2016 de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, determinándose una tasa de utilización promedio en esos años de 85.53%. Asimismo, en el 2016 la tasa de utilización fue menor en 28.54%. Eso se produjo porque en noviembre y diciembre, se detuvieron las actividades productivas debido a una medida de

fuerza de las comunidades aleñadas a la unidad minera, que bloquearon los accesos a la mina y a la planta concentradora. La Tabla 2 muestra los tonelajes de mineral tratado en la planta concentradora los años 2015 y 2016.

Tabla 2

Tonelaje de Mineral Tratado en la Planta (2015-2016)

Meses	2015		2016	
	Tonelaje estimado	Tonelaje Real	Tonelaje estimado	Tonelaje Real
Enero	45463.9	45463.9	21992.3	21992.3
Febrero	48305.9	48305.9	23473.1	23473.1
Marzo	54952.5	54952.5	23957.7	23957.7
Abril	50474.9	50474.5	20618.9	20618.9
Mayo	46891.3	46891.3	20461.4	20461.4
Junio	43463.3	43463.3	25232.9	25232.9
Julio	44118.4	43991.6	27643.8	27643.8
Agosto	42592.0	43355.3	25843.0	25640.3
Setiembre	39208.1	38213.1	28863.4	28863.4
Octubre	36054.5	36387.5	26658.6	26881.2
Noviembre	34607.8	35542.9	26655.5	0.0
Diciembre	37355.9	35389.2	43727.7	0.0
Total	523488.4	522431	315128.2	244764.9
% de utilización de planta		99.80%		71.25%

Nota. Tomado del «Reporte anual» (p. 8), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

La tasa de utilización de promedio 85.52% de la planta en ambos años se ve reflejada con el costo unitario por onza equivalente de plata recuperada, ya que se observa una disminución de 29.61% entre el año 2015 y el 2016, obedeciendo la economía de escala, que a mayor volumen de producción menor será el costo unitario. La Tabla 3 muestra el costo unitario de onzas equivalentes de plata los años 2015 y 2016, la cual considera el costo unitario y los costos de venta equivalentes por el metal contenido.

3.2. Ubicación de Planta

La compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se encuentra ubicada a 22 Kilómetros de la Unidad Minera Pallancata (yacimiento minero), en el departamento de Apurímac, al sur del Perú, a una altura de 4,600 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar). La Figura 9 muestra una referencia grafica de la ubicación de la planta.

Tabla 3

Costo unitario de onzas equivalentes en plata de mineral (2015 – 2016)

Meses	2015				2016			
	Toneladas Tratadas	Onzas eq Ag	Costo total (\$)	Costo unitario (\$/Onzas eq Ag)	Toneladas Tratadas	Onzas eq Ag	Costo total (\$)	Costo unitario (\$/Onzas eq Ag)
Enero	45,463.9	357,741.2	764,790.0	2.1	21,992.3	260,297.4	404,619.8	1.6
Febrero	48,305.9	380,638.3	812,302.0	2.1	23,473.1	272,725.3	364,985.0	1.3
Marzo	54,952.5	417,021.2	860,124.0	2.1	23,957.7	308,311.1	387,910.0	1.3
Abril	50,474.5	461,418.5	742,251.0	1.6	20,618.9	281,622.9	352,571.0	1.3
Mayo	46,891.3	422,598.9	716,904.0	1.7	20,461.4	300,818.9	371,663.0	1.2
Junio	43,463.3	415,435.7	627,629.0	1.5	25,232.9	320,796.1	395,794.0	1.2
Julio	43,991.6	415,369.0	601,042.0	1.4	27,643.8	407,825.3	394,817.0	1.0
Agosto	43,355.3	397,578.2	576,118.0	1.4	25,640.3	426,788.3	395,905.0	0.9
Setiembre	38,213.1	366,032.1	501,176.0	1.4	28,863.4	530,877.8	406,903.0	0.8
Octubre	36,387.5	311,414.0	472,373.0	1.5	26,881.2	425,702.8	381,924.0	0.9
Noviembre	35,542.9	324,402.5	448,933.0	1.4				
Diciembre	35,389.2	379,802.9	445,492.0	1.2				
Total	43,535.9	387,454.4	630,761.2	1.6	24,476.5	353,576.6	385,709.2	1.1

Nota. Tomado del «Reporte anual» (p. 10), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.



Figura 9. Ubicación Geográfica Unidad Operativa Selene. Adaptado de Google Maps, 2017 y Mapas Perú Físico.gif. (<https://www.google.com.pe/maps/place/Selene>)

A continuación, se muestra la Tabla 4, donde se realizó la ponderación de los factores asignándole un puntaje y un peso porcentual. Los valores fueron determinados en consenso por los integrantes del grupo investigación de esta tesis. La Figura 10 presenta de manera gráfica la distribución obtenida por cada factor de localización, evidenciando que el factor de cercanía a la materia prima, mano de obra, abastecimiento de agua y energía, son los más significativos para el análisis de ubicación de la planta.

Tabla 4

Matriz de puntaje y ponderación de los factores de ubicación de planta

Factores	Codificación	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Puntaje	Ponderación
Proximidad a materias primas	A	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11.0	12.9%
Cercanía al Mercado	B	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	5.0	5.9%
Disponibilidad de mano de obra	C	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10.0	11.8%
Abastecimiento energía eléctrica	D	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9.0	10.6%
Abastecimiento de agua	E	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9.0	10.6%
Servicios de transporte y fletes	F	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	8.0	9.4%
Disponibilidad de terreno y costos	G	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	6.0	7.1%
Clima	H	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5.0	5.9%
Eliminación de deshechos	I	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	7.0	8.2%
Leyes y reglamentos fiscales	J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3.0	3.5%
Servicios de construcción y montaje	K	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	5.0	5.9%
Condiciones de vida	L	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	7.0	8.2%
Total														85.0	100.0%

Asimismo, se determinó la escala de calificación que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 *Escala de puntaje para la calificación de los factores de ubicación de planta*

Escala de puntaje para la calificación de los factores de ubicación de planta

Escala	Puntaje
Bueno	4.0
Regular	2.0
Deficiente	0.0

Se procedió a asignar el puntaje según la escala a cada propuesta de ubicación geográfica para la planta concentradora que recibirá y procesará el mineral. De las tres alternativas para la ubicación, se determinó que la alternativa Selene es la con mayor puntaje, como se observa en la Tabla 6.

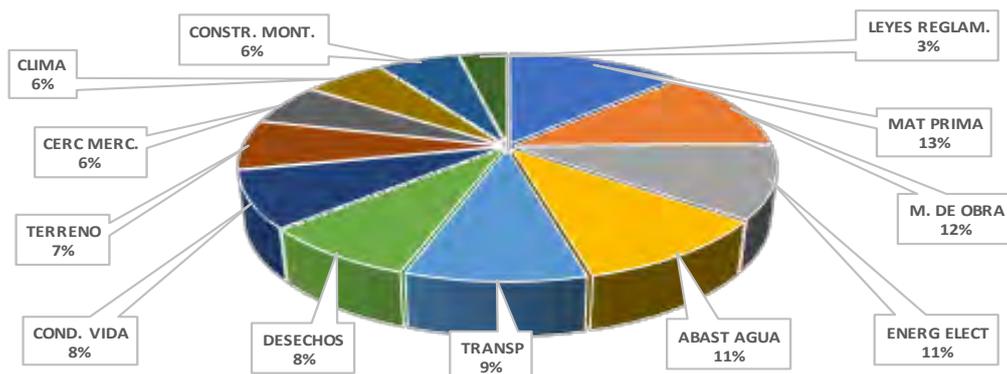


Figura 10. Distribución de los factores en la ubicación de la planta

Tabla 6

Matriz de puntaje y ponderación de las propuestas de ubicación de planta

Codificación de Factores	Ponderación	Selene		Orcopampa		Santo Domingo	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A	12.9%	4.0	0.5	2.0	0.3	0.0	0.0
B	5.9%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C	11.8%	2.0	0.2	2.0	0.2	4.0	0.5
D	10.6%	2.0	0.2	2.0	0.2	2.0	0.2
E	10.6%	4.0	0.4	2.0	0.2	2.0	0.2
F	9.4%	2.0	0.2	2.0	0.2	2.0	0.2
G	7.1%	4.0	0.3	4.0	0.3	2.0	0.1
H	5.9%	2.0	0.1	2.0	0.1	2.0	0.1
I	8.2%	2.0	0.2	4.0	0.3	4.0	0.3
J	3.5%	4.0	0.1	4.0	0.1	4.0	0.1
K	5.9%	2.0	0.1	2.0	0.1	4.0	0.2
L	8.2%	2.0	0.2	2.0	0.2	2.0	0.2
Total	100.0%		2.6		2.3		2.2

3.3. Propuestas de Mejora

Con respecto al análisis de la capacidad instalada y ubicación de la planta concentradora Selene, se ha determinado lo siguiente:

- No hay propuesta de mejora, con respecto a la capacidad instalada de procesamiento de la planta concentradora, ya que satisface la demanda actual para el procesamiento de minerales provenientes de la mina Pallancata. Los planes de producción de los siguientes cinco años de la mina Pallancata, están acorde al rango actual de capacidad de la planta concentradora Selene; por lo que no se espera requerir nuevas ampliaciones de planta en este periodo.

- No hay propuesta de mejora, con respecto a la ubicación de la planta en Selene, ya que se determinó que la ubicación de la planta concentrada es la adecuada, obteniendo un puntaje mayor con respecto a las otras dos opciones, reubicar la planta o construir una nueva.
- Es importante considerar que las operaciones de la mina se iniciaron con la mina Selene, luego al agotar esta sus recursos, la exploración de las áreas circundantes a la mina dieron como resultado el hallazgo del yacimiento Pallancata. Desde donde actualmente se está alimentando mineral a la planta concentradora Selene.

3.4. Conclusiones

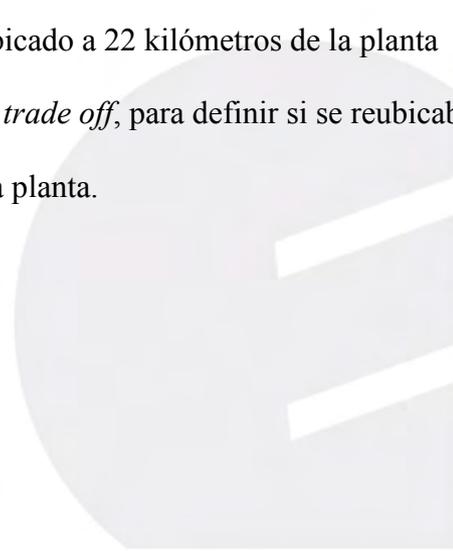
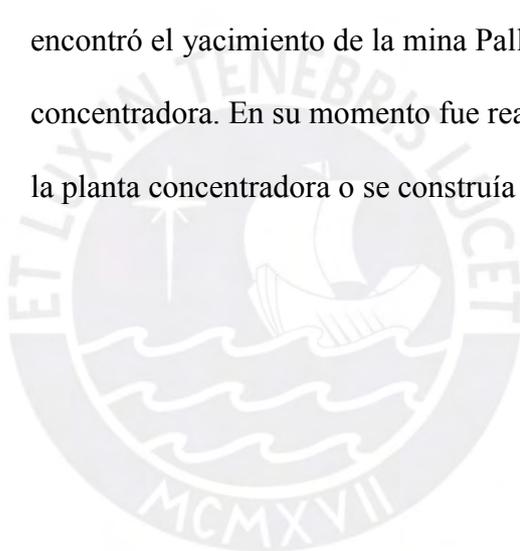
- Para dimensionar la planta de Selene, se requiere analizar el proceso productivo completo y determinar el tipo de equipamiento a utilizar, ya que la elección de la maquinaria está definida por el tipo de material que ingresa al proceso. Del análisis sobre los tonelajes tratados en la planta con respecto a los proyectados en los planes de producción, se ha obtenido una tasa de utilización promedio de 85.53% en los últimos dos años (2015 y 2016), evidenciando que la capacidad instalada es suficiente para atender la demanda o tonelaje proyectado.
- Durante el 2015 y el 2016, parte de la planta trabajo solo en dos turnos, y se tenía una línea de molienda detenida; esto, debido a la falta de frentes de mineral. Para el 2017, con la recuperación de frentes de minado, la mina podrá abastecer la capacidad completa de la planta concentradora. Ello implica que Mantenimiento tendrá que adecuarse y optimizar sus tiempos para los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, de tal manera que no impacten en la disponibilidad mecánica de la planta, y por ende afectar los planes de producción definidos para el referido año.
- Una opción que fue evaluada en su momento fue la de instalar una faja transportadora de 22 kilómetros de largo, pero esta opción fue desestimada debido al alto costo de

capital y lo agreste de la geografía. Para el nivel de tonelaje diario que requiere la planta concentradora, basta con el uso de camiones mineros de 20 m³.

- Los factores de cercanía a la materia prima, mano de obra, abastecimiento de agua y energía tienen mayor grado de significancia o valoración. Para dimensionar la planta de Selene, se requiere analizar el proceso productivo y determinar el tipo de maquinaria a utilizar, ya que la elección de esta se define por el tipo de material que ingresa al proceso, el proceso productivo *core* y la disposición final o almacenamiento temporal del producto (concentrado de pulpa del mineral).

- La planta concentradora Selene inició sus operaciones en la mina Selene.

Posteriormente, al acabarse la veta de mineral y durante las etapas de exploración, se encontró el yacimiento de la mina Pallancata, ubicado a 22 kilómetros de la planta concentradora. En su momento fue realizado un *trade off*, para definir si se reubicaba la planta concentradora o se construía una nueva planta.



Capítulo IV. Planeamiento y Diseño de los Productos

En este capítulo se tratará el diseño y planeamiento de los productos de la Compañía Minera Ares, Unidad Minera Selene; sin embargo, considerando que se trata de un *comoditie*, el producto no requiere diseño, este debe seguir estándares del mercado minero a nivel mundial. Los contenidos de metal, impurezas y humedad son las principales características que debe cumplir un concentrado de minerales para ser vendido en el mercado internacional de metales. Por lo tanto, no se requiere realizar desarrollo del diseño de producto, sino, se requiere garantizar que se cumple con los mínimos estándares internacionales de calidad para un concentrado de plata y oro sin sufrir penalidades en la cotización del producto.

La generación de la idea enfocada en el mercado, en este caso, tratándose de un concentrado de metales preciosos, solo debe cumplir los límites de concentración e impurezas, debido a que estas características son las que marcan el precio de venta. Las expectativas del mercado son tener un concentrado con el mayor contenido metálico posible y con mínimos contenidos de impurezas para el proceso posterior que será procesarlo por fundición. La tecnología utilizada para la obtención del producto es concentración por flotación y depende de factores controlables y no controlables, como la calidad de la alimentación de mineral, el tipo de reactivos de flotación y otros factores propios del diseño de la planta.

El desarrollo de prototipos y el diseño preliminar del producto, es reemplazado por pruebas metalúrgicas y prospección de minerales en la mina, con lo que se logra simular cual será la calidad del mineral que se alimentará a la planta. Estas pruebas de laboratorio definen el tipo de proceso que será usado para el beneficio de los minerales disponibles.

Generalmente los minerales se presentan en dos grupos mayores, en forma de óxidos o en forma de sulfuros; en el caso de los yacimientos Selene y Pallancata, el tipo de mineral es sulfurado, lo que obliga a usar el proceso de concentración.

Para el estudio de aceptación del producto en el mercado mundial, se evaluó factores como la evolución del precio de la plata y el oro en el mercado mundial. Se evaluó el balance de oferta y demanda, el cual marcaría si los precios de venta futura, confirman que el yacimiento sería rentable. Debido a que se trata de un *comoditie*, no se requiere un estudio de aceptación del producto, este es aceptado en el mercado de metales. Si los rangos de concentración e impurezas cumplen con los estándares internacionales, el precio de venta del concentrado no sufrirá penalidades. Estos factores fueron considerados en el diseño final del producto, pero mayormente enfocado en el proceso de producción en sí, más que el propio producto final. El diseño del producto final contempla las leyes de mineral que se espera obtener desde mina y el diseño de la planta concentradora. Las pruebas piloto de laboratorio, confirman la disposición final que deberá tener la planta, para cumplir con las características que el mercado internacional de metales requiere.

Ya se mencionó anteriormente que, en el caso de una planta de procesos metalúrgicos, la calidad del mineral que se recibe de mina no puede ser controlada, se tienen planes de extracción de mineral, pero siempre es muy complejo mantener uniforme la salida de mineral. Ya sea por mezcla de zonas de mineralización de alta ley con otras de mineral de baja ley, lo ideal es que la planta de procesamiento reciba un mineral con características uniformes y estables. Por lo general, esto no ocurre en la realidad; por eso la planta deberá adecuarse a las condiciones y calidad del mineral que se reciba. De otro lado, considerando inclusive que en la mayoría de los casos las gerencias responsables de mina y de planta, tienen distintas responsabilidades y líneas funcionales, el conflicto entre estas dos secciones del proceso genera muchas veces problemas de control de calidad y de productividad que pueden ser significativamente optimizados con el uso de información en tiempo real.

4.1. Secuencia del Planeamiento y Aspectos que se deben Considerar

El planeamiento de la calidad del concentrado final, se basa en la información que genera Geología, quienes, con programas de perforación diamantina, obtienen muestras representativas del mineral que será próximamente extraído de mina. Sus pruebas indican la calidad y cantidad de mineral que será entregado mes a mes a la planta concentradora. Los encargados del proceso metalúrgico, usan esta información para definir los ajustes necesarios al proceso, como cambio de tiempo de residencia, ajustes en chancado y molienda y, sobre todo, ajustes en reactivos y etapas de la flotación. Se realiza pruebas en laboratorio, para confirmar el ajuste de parámetros y reactivos y se prepara la planta para recibir a este tipo de mineral. Finalmente, con estos datos y el tonelaje estimado a procesar por cada mes, define la cantidad de concentrado que será producido y el grado de recuperación esperado. El tonelaje de concentrado producido a su vez es reportado a Finanzas y al Departamento Comercial para que puedan comercializar el concentrado obtenido. En el caso específico de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, al tratarse de concentrados de metales preciosos y ser estos comercializados en la bolsa de metales de Londres, se venden inclusive antes de que sean minados. Esto genera mucha presión en los departamentos comerciales y en las operaciones para cumplir con los clientes, quienes pagan por adelantado producción que aún no ha salido de la mina. El precio de venta pactado, depende de la oferta y la demanda del momento, lo que genera aún más incertidumbre y variabilidad en el momento de realizar los planes de producción.

4.1.1. Idoneidad

Donde se identificaron la compatibilidad de estos productos con el objetivo de la empresa. A continuación, en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9, se detalla que la idea del producto actual (concentrados con contenidos de onzas de plata y oro) es la adecuada para el modelo

de negocios de la empresa, ya que se logra un puntaje de 46, que es mayor a 35 (puntaje medio) de la escala.

Tabla 7

Matriz de Idoneidad del Producto

Objetivos básicos	Mucho	Bastante	Algo	Poco	Muy poco
Retorno de la inversión	X				
Beneficio sobre ventas		X			
Crecimiento de las ventas		X			
Imagen de empresa		X			
Diversificación de productos					X
Diversificación de mercados/Clientes					X
Penetración de mercado		X			

Tabla 8

Escala de Puntaje

Escala	Puntuación
Mucho	10.00
Bastante	8.00
Algo	6.00
Poco	4.00
Muy poco	2.00

4.1.2. Viabilidad y Valoración

Este análisis permitió identificar el impacto del producto actual (concentrados embalados en bolsas *BigBag* de 1 TM, con contenidos de onzas de plata y oro), con las diferentes áreas de la empresa, desde minado, hasta operaciones y comercial. Como se muestra en la Tabla 10, el análisis realizado indica que se obtiene un puntaje de 81, ratificando que la idea o producto actual se alinea al modelo de negocio de la empresa.

Para determinar esta cifra se consideró como escalas de valoración que, si el puntaje es menor a 50, se rechaza el producto; si esta entre 50 y 75, el producto puede ser viable con modificaciones requeridas; y si es mayor a 75, el producto es el más adecuado y debe ser tomado en consideración por la empresa para el planeamiento de sus productos. Los resultados numéricos nos confirman que el producto es idóneo para la Compañía Minera Ares, Unidad Minera Selene.

Tabla 9

Matriz de Idoneidad del Producto – Puntaje

Objetivos básicos	Mucho	Bastante	Algo	Poco	Muy poco	Puntaje
Retorno de la inversión	10.00					10.00
Beneficio sobre ventas		8.00				8.00
Crecimiento de las ventas		8.00				8.00
Imagen de empresa		8.00				8.00
Diversificación de productos					2.00	2.00
Diversificación de mercados/Clientes					2.00	2.00
Penetración de mercado		8.00				8.00
					Total	46.00

Tabla 10

Matriz de viabilidad y valoración del producto – Puntaje

Potenciales de la empresa	Valoración	Mucho	Bastante	Algo	Poco	Muy poco	Puntaje
Compras	1.00		8.00				8.00
Comercialización	1.00		8.00				8.00
Imagen de empresa	1.50		8.00				12.00
Investigación y desarrollo	1.50			6.00			9.00
Personal	1.00		8.00				8.00
Tecnología	1.00		8.00				8.00
Producción	2.00	10.00					20.00
Finanzas	1.00		8.00				8.00
Total	10.00						81.00

4.2. Aseguramiento de la Calidad del Diseño

El producto, concentrado con contenido de onzas de oro y plata, al no tener un grado alto de especialización en el diseño final, se ajusta a las especificaciones del cliente internacional, para esto se maneja los siguientes parámetros de calidad con sus correspondiente indicadores y especificaciones, como se muestra en la Tabla 11.

4.3. Propuesta de Mejora

Luego de realizar el análisis de viabilidad, valoración e idoneidad del producto final con respecto a la realidad operativa de la compañía, no se encontraron propuestas de mejora. Debido al tipo de proceso extractivo de minerales de plata y oro, y al volumen de producción que tiene la empresa en la Unidad Minera Selene, no se justifica la transformación posterior del concentrado de plata y oro en metal refinado.

Normalmente las empresas que procesan concentrados de plata y oro requieren de grandes volúmenes de mineral concentrado para la capacidad instalada de sus plantas; por lo que normalmente compran concentrados de diversos proveedores a nivel global. El procesamiento de mineral sulfurado de plata y oro requiere procesos especiales y complejos de fundición. Adicionalmente se debe tener en cuenta que los procesos de fundición requieren complejos y complicados permisos ambientales. El volumen de producción de la planta concentradora Selene, no justifica la complicación ambiental de implementar una fundición.

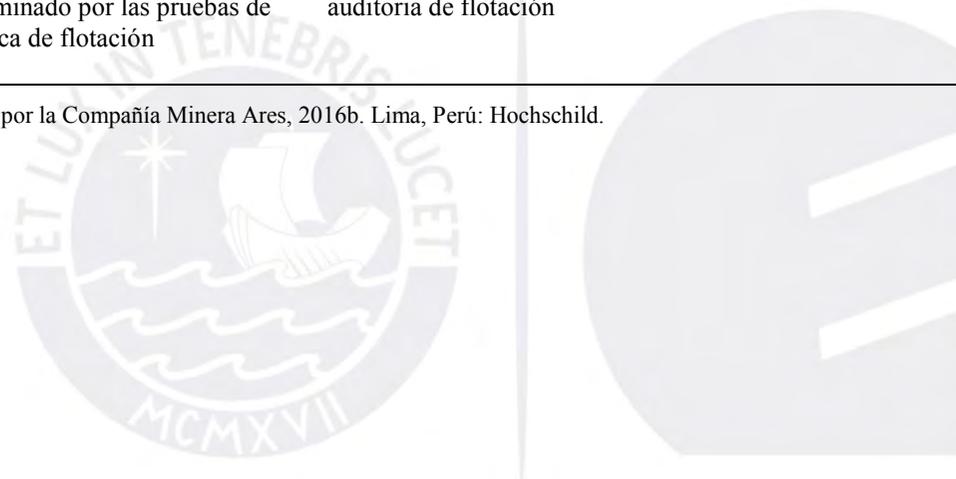
Pensar en implementar una fundición en la Unidad Minera Selene, no es económicamente viable. Al realizar el análisis de viabilidad, valoración e idoneidad, se identificó que el producto actual (concentrado con contenido de onzas de oro y plata), son las más adecuadas al diseño del producto que se requiere para satisfacer la demanda del mercado de metales. Así mismo el producto en su fase de diseño final, solo debe cumplir con los estándares de calidad, establecidos por el mercado, para su comercialización, como son calidad del concentrado, consumo de reactivos, humedad contenida y contenidos máximos de impurezas principalmente arsénico y antimonio.

Tabla 11

Matriz de Diseño Final – Especificaciones del Producto

Necesidad / Requerimiento	Parámetros de calidad críticos	Indicador	Especificación	Tasa
Calidad de concentrado mayor o igual a lo requerido por el cliente	Calidad de concentrado por guardia mayor a 20Kg/ton de concentrado	Calidad de concentrado analizado por laboratorio químico por guardia	≥ 20 Kg/ton	% de guardias que cumplen la calidad mayor a 20 Kg/ton
Consumo de reactivos por tonelada tratada menor o igual al presupuestado	Consumo de reactivos menor o igual al presupuestado por guardia de operación	Consumo de reactivo medido por guardia	≤ 0.143 Kg/ton	% de guardias que consumen reactivo menor o igual al presupuestado
Tiempo de residencia en las celdas de flotación	Tiempo de residencia igual o mayor al tiempo de residencia determinado por las pruebas de cinética de flotación	Tiempo de residencia de la pulpa en el circuito calculado en la auditoria de flotación	≥ 25 min	% de guardias que controlan el tiempo de resistencia en las celdas de flotación, sea igual al tiempo estándar determinado mediante pruebas

Nota. Adaptado de la «Memoria anual» (p. 20), por la Compañía Minera Ares, 2016b. Lima, Perú: Hochschild.



4.4. Conclusiones

- La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, oferta un producto que cumple y se alinea con los objetivos de la empresa, ya que ha logrado un puntaje de 46 en idoneidad; y un puntaje de 81, en viabilidad y valoración.
- El producto (onzas de plata y oro) que oferta la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, al ser un *commoditie*, no posee un alto grado de especialización en la fase de diseño final.
- Se ha identificado que el objetivo de retorno de inversión es el que mayor puntaje posee en la evaluación de idoneidad y en las más bajas el de diversificación de cliente, mercados y productos, ya que la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, solo oferta un tipo de producto (onzas de plata y oro), apuntando a un solo tipo de mercado, el cual es el de metales o bolsa de metales, sin poder diversificar.
- Dentro de los potenciales de la empresa para evaluar la viabilidad y valorización del producto, la variable que posee mayor puntaje es la de producción, al tener una estrategia de tipo *push*, le permite aumentar su volumen de ventas en relación directa con el volumen de producción de la planta. Esto se debe a que el mercado de metales compra (adquiere) en forma total toda la producción, sea real (con el producto elaborado) o potencial (producto por extraer u obtener del tajo de mineral).

Capítulo V. Planeamiento y Diseño del Proceso

El proceso en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, tiene el objetivo de concentrar mineral de plata y oro proveniente de la mina. Según el mineral analizado, el proceso de mayor grado de significación e importancia es el de flotación. No obstante, para que este proceso pueda llevarse a cabo, requiere procesos unitarios previos, como son el proceso de chancado, que es la reducción de tamaño sin presencia de agua. En la planta concentradora, la reducción en esta etapa se da de un tamaño de 16" hasta 3/8", que es almacenado en las tolvas de finos. De allí pasa al proceso de molienda en donde el producto se reduce por chancado de 3/8" hasta menos de 74 μ m. En molienda, el proceso se da con adición de agua para formar la pulpa requerida que hará posible la flotación, que es el proceso donde se da el valor agregado al mineral proveniente de mina.

5.1. Mapeo de los Procesos

Los procesos de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene son estratégicos, de soporte y operativos, que son monitoreados por el proceso de medición, análisis y mejora, del sistema de gestión, y por el Laboratorio Químico e Investigaciones Metalúrgicas. En los procesos operativos, el único que provee valor agregado al producto final es el proceso de flotación. Antes de esta fase, se tienen los procesos de reducción de tamaño (operación unitaria); y después, los procesos de preparación del producto final, para poder ser despachado de acuerdo con los requerimientos de humedad que el cliente requiere. El mapeo de procesos puede verse en la Figura 11. Es necesario controlar el tamaño de partículas en tiempo real para asegurar la calidad de granulometría (tamaño de partícula) que se requiere para el proceso de flotación.

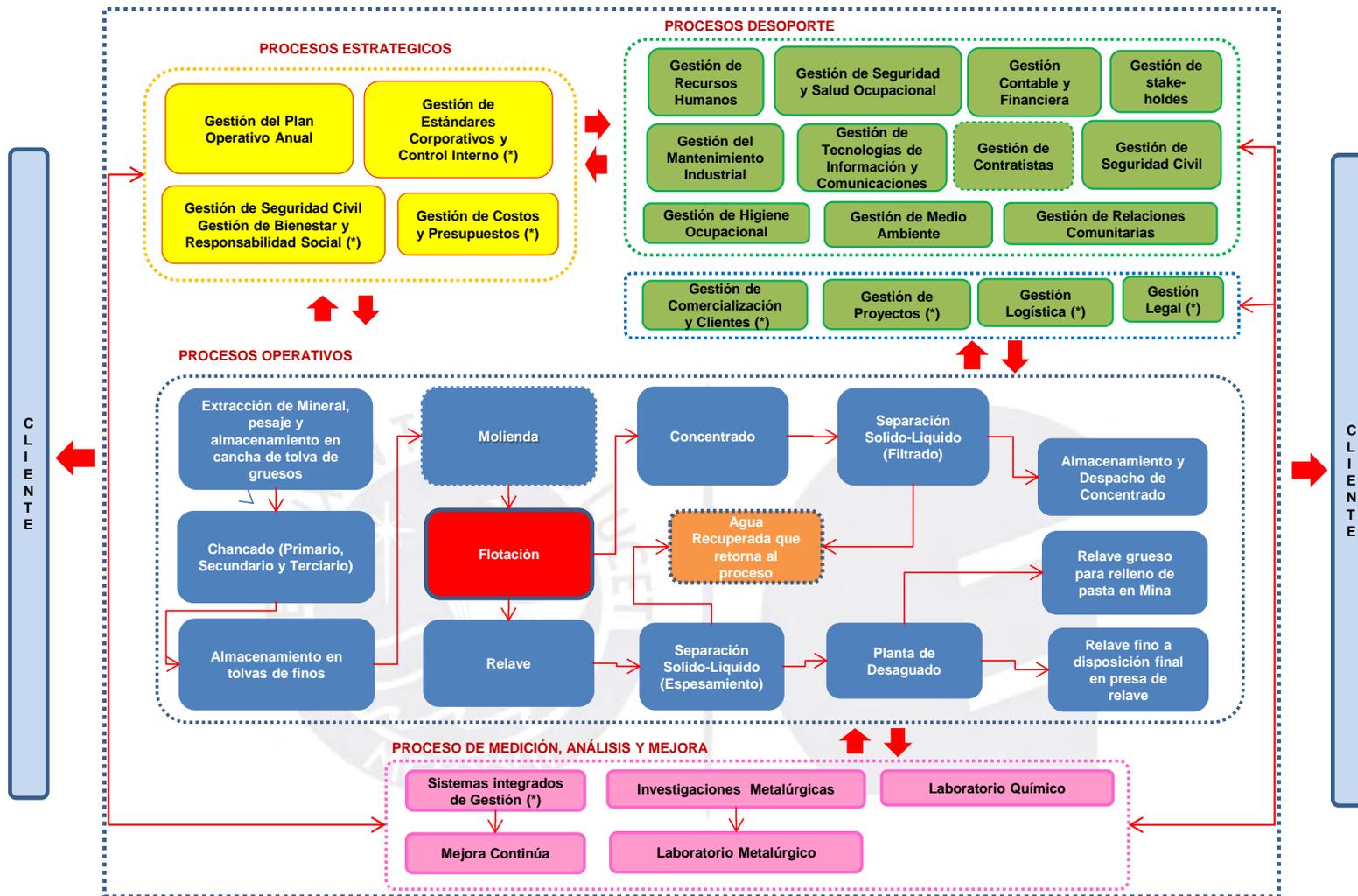


Figura 11. Mapa de procesos gestionados corporativamente
 Adaptado de «Reporte anual» (p. 21), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Se necesita retirar las partículas extrañas al proceso de flotación, como son maderas y plásticos provenientes de la voladura en mina, ya que obstruyen las descargas de las celdas de flotación. Estas, podrían infiltrarse en el producto final de concentrado, lo cual afectaría su calidad. Asimismo, se necesita controlar la densidad de pulpa en el ingreso de las celdas de flotación, para permitir un flujo uniforme entre las diferentes etapas del proceso flotación, disminuir la variabilidad de los resultados metalúrgicos e impactar en la calidad del producto.

5.1.1. Proceso Productivo

A continuación, se detalla el proceso productivo de la planta de Selene

5.1.1.1. Chancado. El mineral proveniente de Mina se recibe en canchas, de estas se alimenta a una tolva de gruesos con capacidad de 180 toneladas, previamente pesadas en una balanza de camiones Toledo de 80 toneladas. La reducción de tamaño se realiza en tres etapas, en la primera el mineral se reduce de 16" a 4" en una chancadora de quijadas Nordberg C 100 de 30" x 40" que opera en circuito abierto con una Zaranda Vibratoria Metso doble *deck* de 4" x 10", la segunda etapa se reduce de 4" a 2" en una Chancadora Cónica Nordberg cabeza corta de 300 HP que opera en circuito abierto con una Zaranda Vibratoria Osborn doble *deck* de 5" x 10" y la tercera etapa se reduce de 2" a 3/8" en tres Chancadoras Cónicas Nordberg cabeza corta de 200 HP cada chancadora opera en circuito cerrado con una Zaranda Vibratoria Osborn de 6" x 14", el grueso de estas tres zarandas (Dos Osborn y una Metso) se almacena en tres tolvas intermedias. El producto fino de chancado se almacena en siete silos; tres de 200 tonelada y cuatro de 400 tonelada. Un esquema lo podemos ver en la Figura 12.

5.1.1.2. Lavado de minerales. Antes de ingresar a la chancadora primaria C-100, *el mineral* es clasificado por una zaranda Grizzly de 3.5" de abertura. El mineral que pasa por esta abertura es transportado mediante fajas a la Planta de Lavado de Minerales, el cual consta de un tambor lavador, una zaranda de triple *deck*, un ciclón *Gmax* de 15", un

decantador y una zaranda de alta frecuencia, donde se realiza el lavado para retirar todas las partículas menores a $\frac{1}{4}$ ", las cuales se envían directamente a molienda. El mineral mayor a $\frac{1}{4}$ " es retornado al circuito de chancado para continuar con la reducción de su tamaño.

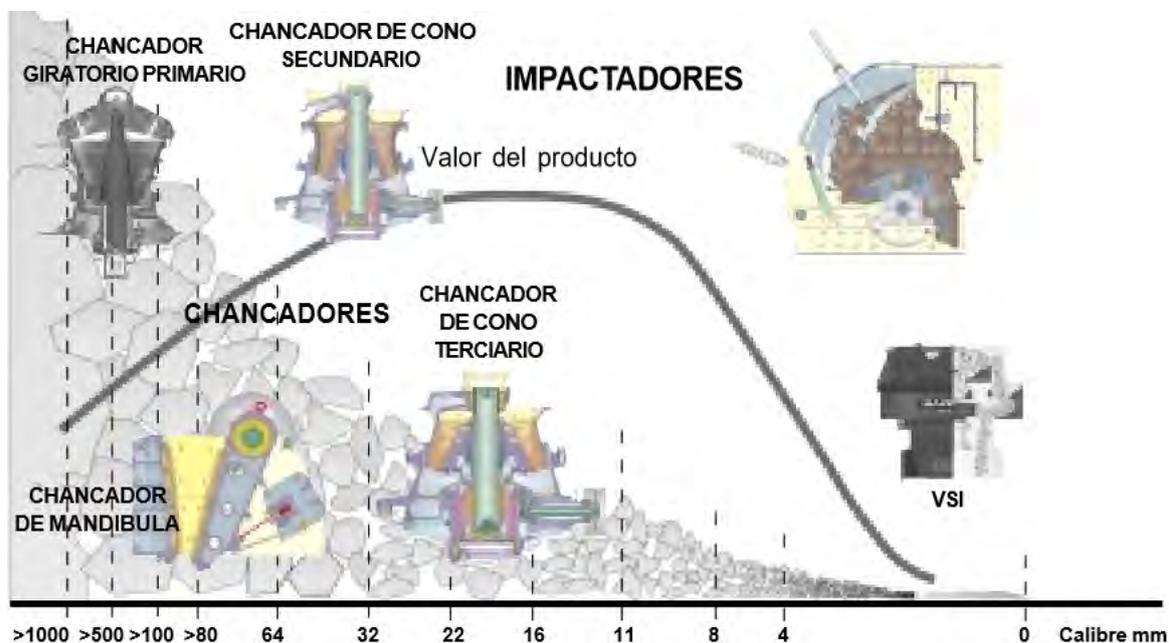


Figura 12. Tamaño de partículas de acuerdo con tipo de equipo de chancado. Tomado de «Conocimientos básicos en el procesamiento de minerales» (5a ed., p. 11), por METSO Minerales, 2004. Lima, Perú: METSO.

5.1.1.3. Molienda y clasificación. La capacidad de procesamiento de la planta es 100 toneladas secas por hora y opera 24 horas del día para alcanzar hasta 2,400 toneladas por día. El mineral es procesado en dos circuitos con capacidades de 38 toneladas y 62 toneladas secas por hora, cada una. De acuerdo con la potencia instalada y el tamaño de los equipos, la capacidad máxima de procesamiento es ligeramente mayor; sin embargo, se considera el rango de capacidad de diseño de la planta de molienda.

5.1.1.4. Circuito de molienda y clasificación I. Este circuito trata 38 toneladas secas por hora de mineral. El mineral de los silos de finos de 200 toneladas de capacidad, es transportado mediante fajas al circuito de molienda primaria, donde se agregan los reactivos para iniciar la separación de la parte valiosa del mineral: Xantato, Danafloat 771, MIBC. Esta

molienda primaria se realiza en un molino de bolas Comesa de 9 1/2" x 8" en circuito cerrado-directo, con una zaranda Derrick de cinco *decks*. La mitad del producto grueso de esta zaranda Derrick es enviada a la molienda secundaria, que se realiza con dos molinos de bolas de 7" x 7" Comesa y Denver, en circuito inverso cerrado con dos hidrociclones G-max de 15". El material fino de la zaranda Derrick e hidrociclones se distribuye en tres acondicionadores por un distribuidor de pulpa.

5.1.1.5. Circuito de molienda clasificación II. Este circuito trata 62 toneladas secas por hora de mineral. El mineral de los silos de fino de 400 toneladas es transportado mediante fajas al circuito de molienda primaria, donde se agregan los reactivos para iniciar el beneficio: Xantato, Danafloat 771, MIBC. Esta molienda primaria se realiza en un molino de bolas Comesa de 9 1/2" x 15" en circuito cerrado-directo, con dos zarandas Derrick de cinco *decks*. La mitad del producto grueso de estas zarandas Derrick es enviada a la molienda secundaria, que se realiza en un molino de bolas Comesa de 9 1/2"x 12", en circuito inverso cerrado con dos hidrociclones G-max de 15". El material fino de las zarandas Derrick e hidrociclones es enviado al mismo distribuidor de pulpa del circuito I.

Este proceso puede observarse detallado en la Figura 13.

5.1.1.6. Flotación. El tonelaje total que se procesa en estos circuitos es de hasta 100 toneladas secas por hora. El producto de molienda ingresa a un distribuidor de pulpa que genera tres partes iguales de 33.3 tonelada secas por hora, y estas ingresan a la etapa de concentración por flotación en tres bancos *Wemco*, cada una con seis celdas de flotación de 250 ft³: dos para *Rougher I*, dos para *Rougher II* y dos para *Scavenger* (véase la Figura 14).

Las espumas del *Rougher I* se envían a la etapa de *Cleaner*; esta se realiza con cuatro columnas de flotación *Goldex*, dos de Ø 5" (primera *Cleaner*) y dos de Ø 3" (segunda *Cleaner*) por nueve metros de altura, respectivamente. Los concentrados son las espumas obtenidas en las columnas de Ø 3" (segunda *Cleaner*). El relave que en conjunto son las colas

de los *Scavenger* se envían a la etapa de separación sólido-líquido. Para retornar las cargas circulantes en flotación se utilizan bombas horizontales Denver de diferentes dimensiones

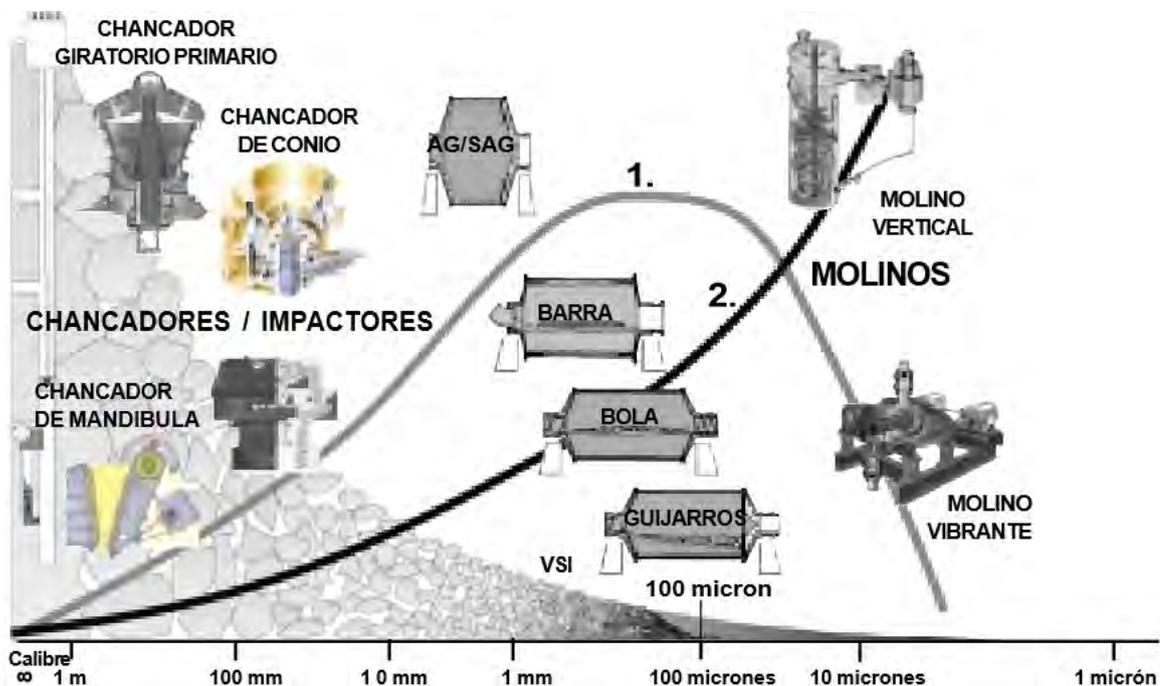


Figura 13. Tamaño de partículas de acuerdo con tipo de equipo de molienda. Tomado de «Conocimientos básicos en el procesamiento de minerales» (5a ed., p. 22), por METSO Minerales, 2004. Lima, Perú: METSO.

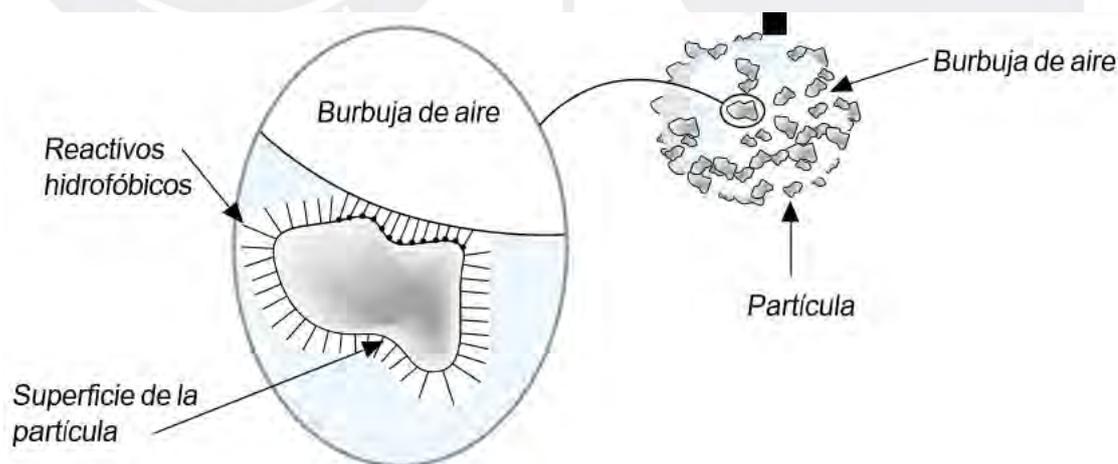


Figura 14. Principio del proceso de flotación. Tomado de «Procesamiento de minerales», por J. Manzaneda, 2012. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

5.1.1.7. Espesamiento y Filtrado de Concentrado. La pulpa de concentrado que se obtiene del proceso de flotación contiene 1.10 toneladas secas por hora de concentrado. Este alimenta a dos espesadores de 20" de diámetro. Estos espesadores descargan (*underflow*) la pulpa con una densidad de 1,500 gr/l, que se acumulan en un tanque repulpador. Por otro lado, el rebose (*overflow*) de estos espesadores es usado como agua recirculante. La operación de los espesadores se realiza con la adición de floculante AR-3250.

La descarga (*underflow*) de concentrado procedente del espesador alimenta a dos filtros, uno de marca Eimco con prensa de 25 cámaras; y otro Cidelco, de 19 cámaras; los cuales trabaja en *batch*. Los filtros descargan el queque de concentrado con una humedad estimada del 18%. Este concentrado es secado en un horno *Holoflite*, para bajar la humedad a rangos de 12%, y es llenado en bolsas *big bag* de polietileno, con capacidad de una tonelada, que serán controladas en una balanza de dos toneladas de capacidad. Después que los *big bag* son muestreados con una sonda de 1" de diámetro, son amarrados colocándose una identificación de rafia de colores, codificados por el guardia de producción. Los *big bag* son almacenados en el patio de concentrados y serán cargados a los camiones de despacho ubicados convenientemente en una rampa de acceso.

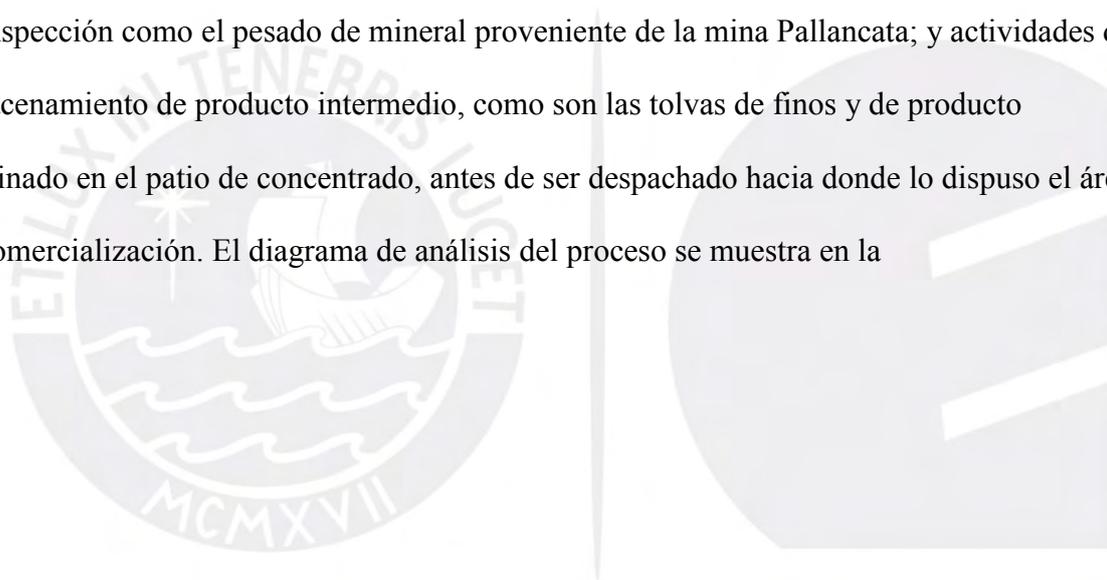
5.1.1.8. Espesamiento de Relaves. El relave que se obtiene del circuito de flotación alimenta a tres espesadores de 50" de diámetro, los cuales espesan en promedio cada uno 33 toneladas por hora de relave con floculante *Superflow* A-110. Los 75 m³/h de agua que rebozan (*overflow*) de cada espesador retornan al sistema como agua recuperada. La descarga (*underflow*) de los espesadores, de una densidad de 1,400 gr/l, será bombeada a la planta de desaguado.

5.1.1.9. Disposición de relaves. El relave proveniente de la planta concentradora es clasificado en dos plantas de desaguado. La primera planta consta de una zaranda VD12 y la segunda planta de una zaranda VD15, con las cuales se recupera la parte gruesa del relave en

un 40 % a 45 % del total, los cuales se transportan a la mina Pallancata para el relleno en pasta. Lo restante es depositado en la cancha de relaves. En la Tabla 12, se muestra el inventario de equipos. Partiendo del proceso productivo, se ha estimado el requerimiento de 48 equipos, los cuales son importantes para el desarrollo de las actividades productivas, que son el soporte físico del proceso

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

El diagrama de actividades de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, está definida por la planta concentradora, desde que llega el mineral proveniente de la mina Pallancata hasta el despacho de concentrado hacia los almacenes en Lima, teniendo actividades netamente operativas como el chancado, la molienda, la flotación; y operaciones de inspección como el pesado de mineral proveniente de la mina Pallancata; y actividades de almacenamiento de producto intermedio, como son las tolvas de finos y de producto terminado en el patio de concentrado, antes de ser despachado hacia donde lo dispuso el área de comercialización. El diagrama de análisis del proceso se muestra en la



D. A. P. FLUJO DEL PROCESO U. O. SELENE PLANTA CONCENTRADORA								Descripción
Recursos humanos (personas)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Operación	Transporte	Inspección	Demoras	Almacenamiento	
1	22	21,000	60	○	→	□	▽	Transporte de mineral de la mina Pallancata en Volquetes
2	1		10	○	→	□	▽	Balanza de pesaje de Volquetes con mineral
3		14,400		○	→	□	▽	Almacenamiento de mineral en cancha de tolva de gruesos
4	6	600	●	→	□	□	▽	Chancado
5	40	2	○	→	□	□	▽	Traslado a tolvas de finos
6	1	600	○	→	□	□	▽	Almacenamiento en tolvas de finos
7	1	40	●	→	□	□	▽	Molienda
8	2	147	●	→	□	□	▽	Flotación
9	1	480	●	→	□	□	▽	Filtrado
10	2	360	●	→	□	□	▽	Llenado de <i>big bag</i> de concentrado
11	2	120	○	→	□	□	▽	Pesaje de cada <i>big bag</i> de concentrado con 1000 Kg netos
12		7,200	○	→	□	□	▽	Almacenamiento de concentrado
13	2	15	120	○	→	□	▽	Traslado a Semitrailers con concentrado
14	2	120	○	→	□	□	▽	Precintado y pesaje de Semitrailers con concentrado
15	5	640,000	2,160	○	→	□	▽	Traslado a almacenes en Matarani
16	7	4,320	●	→	□	□	▽	Homogenizado y secado de concentrado
17	7	1,440	●	→	□	□	▽	Envasado de <i>Big bag</i> de concentrado
18	5	952,000	2,448	○	→	□	▽	Traslado a almacenes en Lima
19		14,400	○	→	□	□	▽	Almacenamiento de concentrado en puerto del Callao
Total	66	1,613,055	49,027					

Figura 15.

5.3. Herramientas para mejorar los Procesos

Tomando como base el mapeo de procesos de la Unidad Operativa Selene, se procedió a realizar un análisis de puntuación, asignando un valor a cada proceso *core* de la empresa, mediante las variables críticas de calidad, tiempo y costos, denominadas *CTQ*, *CTC* y *CTT* (por sus siglas en inglés). Al realizar el análisis, se identificó que el proceso con mayor puntaje es el de flotación, ya que es donde se realiza la recuperación del mineral (concentrado de oro y plata). Cualquier tipo de variación en el proceso de flotación ocasionaría que el producto sea defectuoso. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el puntaje de cada proceso. Luego, se procedió a identificar los principales recursos, entradas, salidas, procesos y clientes de la Unidad Operativa Selene.

Tabla 12

Inventario de equipos y máquinas de la planta

Equipo	Cantidad	Descripción	Potencia (HP)
400-MU-005	1.00	Muestreador de cola	0.50
500-MU-001	1.00	Muestreador de relaves	0.50
500-BS-003	1.00	Bomba de sumidero	10.00
500-FP-001	1.00	Filtro prensa y componentes.	45.00
500-AC-002	1.00	Compresora	120.00
500-AG-002	1.00	Agitador de repulpado 10x10	20.00
500-BH-011	1.00	Bomba de repulpado	40.00
310-ZD-001	1.00	Zaranda Derrick	5.00
310-ZD-002	1.00	Zaranda Derrick	5.00
210-TF-017	1.00	Faja transportadora no 17	7.50
210-TF-018	1.00	Faja transportadora no 18	7.50
310-TV-006	1.00	Tolva de Finos 300 t.	0.00
310-TV-007	1.00	Tolva de Finos 300 t.	0.00
310-TF-019	1.00	Faja transportadora N° 19 modificada	7.50
310-TF-020	1.00	Faja transportadora N°20 modificada	7.50
310-TF-024	1.00	Faja transportadora N° 24	7.50
310-TF-025	1.00	Faja transportadora N° 25	7.50
310-TF-021	1.00	Faja transportadora N° 21 modificada	10.00
310-TF-026	1.00	Faja transportadora N°26	7.50
310-TF-022	1.00	Faja transportadora N° 22 modificada	15.00
400-TF-0027	1.00	Faja transportadora N° 27	5.00
310-MB-005	1.00	Molino de Bolas 9.5 X 12	600.00
310-CA-029	1.00	Caja de bomba # 01	0.00
310-BH-007/008	2.00	Bombas dúplex #01	150.00
400-AC-003	1.00	Acondicionador	15.00
400-CR-009/010	2.00	Celda de flotación - Rougher I 500 P3	100.00
400-CA-007	1.00	Caja de bomba N° 2	0.00
400-BH-013/014	2.00	Bombas dúplex N° 2	15.00
400-CR-011/012	2.00	Celda de flotación - Rougher Ii 500 P3	100.00
400-CA-008	1.00	Caja de bomba N° 3	0.00
400-BH-015/016	2.00	Bombas dúplex N° 3	30.00
400-MP-001	1.00	Distribuidor de pulpa Ø5" X 3 salidas	0.00
400-MP-002	1.00	Distribuidor de pulpa Ø5" X 2 salidas	0.00
400-CS-005/006	2.00	Celda de flotación - Scavenger - 500 P3	100.00
400-CA-009	1.00	Caja de bomba N° 4	0.00
400-BH17/18	2.00	Bombas dúplexN° 4	15.00
400-CC-003	1.00	Celda de flotación - columna Ø0.915m X 9m	0.00
400-CA-010	1.00	Caja de bomba N° 5	0.00
400-BH-19/20	2.00	Bombas dúplex N° 5	15.00
400-CC-004	1.00	Celda de flotación - columna Ø1.5m X 9m	0.00
400-CA-011	1.00	Caja de bomba N° 6	0.00
400-BH-021/022	2.00	Bombas dúplex N° 6	15.00
500-ES-004	1.00	Espesador N° 4 (20 X 10)	5.00
500-ES-005	1.00	Espesador N° 5 (50 X 10)	5.00
500-CA-012	1.00	Caja de bomba N° 7	0.00
500-BE-023/024	2.00	Bombas dúplexN°7	80.00
400-CA-013	0.00	Caja de bomba N° 8	0.00
500-BH-025/026	2.00	Bombas dúplex N° 8	200.00
400-MU-004	1.00	Muestreador de Cabeza	0.50

Nota. Adaptado del «Reporte anual» (p. 23), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Se seleccionó el proceso de flotación, por lo siguiente:

- Es el proceso donde efectivamente se separa la parte valiosa de la estéril. La dosificación de los reactivos es muy crítica al costo y calidad.
- Se usan reactivos acondicionadores, modificadores y espumantes, muy costosos. Su dosificación está asociada directamente a un ratio de reactivo por tonelaje de mineral.
- Mayor impacto de los *CTQ*, *CTT* y *CTC*.
- El grado de liberación del mineral es crítico y está asociado a la distribución granulométrica del mineral entregado por molienda.

Se realizó el análisis del proceso de flotación mediante la herramienta VSM (mapa de flujo de valor), como se muestra en la Figura 16. El *lead time* de cada circuito I, II y III está definido tal como se presenta en la Tabla 14, así mismo se muestra las metas o *targets*, del proceso de flotación (véase la Tabla 15).

Tabla 13 Selección del Proceso

Selección del Proceso Crítico

Selección Del Proceso Crítico				
Proceso	CTT	CTQ	CTC	Total
Exploración	1.00	2.00	3.00	6.00
Perforación	1.00	1.00	4.00	6.00
Voladura	2.00	1.00	4.00	7.00
Transporte de mineral	3.00	0.00	4.00	7.00
Chancado primario	3.00	0.00	4.00	7.00
Chancado secundario	2.00	1.00	5.00	8.00
Chancado terciario	3.00	2.00	6.00	11.00
Lavado de mineral	3.00	2.00	2.00	7.00
Molienda	5.00	6.00	8.00	19.00
Clasificación	2.00	6.00	2.00	10.00
Flotación	6.00	9.00	7.00	22.00
Espesamiento de concentrado	4.00	0.00	3.00	7.00
Filtración de concentrado	5.00	3.00	4.00	12.00
Espesamiento de relaves	3.00	0.00	4.00	7.00
Disposición de relaves	1.00	0.00	3.00	4.00

Nota. Se valida la criticidad de cada subproceso con un valor de 0 a 9, luego se suman los parciales para definir el proceso más crítico. Adaptado del «Reporte anual» (p. 24), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

D. A. P. FLUJO DEL PROCESO U. O. SELENE PLANTA CONCENTRADORA									
	Recursos humanos (personas)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Operación	Transporte	Inspección	Demoras	Almacenamiento	Descripción
1	22	21,000	60	○	➔	□	D	▽	Transporte de mineral de la mina Pallancata en Volquetes
2	1		10	○	➔	■	D	▽	Balanza de pesaje de Volquetes con mineral
3			14,400	○	➔	□	D	▽	Almacenamiento de mineral en cancha de tolva de gruesos
4	6		600	●	➔	□	D	▽	Chancado
5		40	2	○	➔	□	D	▽	Traslado a tolvas de finos
6	1		600	○	➔	□	D	▽	Almacenamiento en tolvas de finos
7	1		40	●	➔	□	D	▽	Molienda
8	2		147	●	➔	□	D	▽	Flotación
9	1		480	●	➔	□	D	▽	Filtrado
10	2		360	●	➔	□	D	▽	Llenado de <i>big bag</i> de concentrado
11	2		120	○	➔	■	D	▽	Pesaje de cada <i>big bag</i> de concentrado con 1000 Kg netos
12			7,200	○	➔	□	D	▽	Almacenamiento de concentrado
13	2	15	120	○	➔	□	D	▽	Traslado a Semitrailers con concentrado
14	2		120	○	➔	■	D	▽	Precintado y pesaje de Semitrailers con concentrado
15	5	640,000	2,160	○	➔	□	D	▽	Traslado a almacenes en Matarani
16	7		4,320	●	➔	□	D	▽	Homogenizado y secado de concentrado
17	7		1,440	●	➔	□	D	▽	Envasado de <i>Big bag</i> de concentrado
18	5	952,000	2,448	○	➔	□	D	▽	Traslado a almacenes en Lima
19			14,400	○	➔	□	D	▽	Almacenamiento de concentrado en puerto del Callao
Total	66	1,613,055	49,027						

Figura 15. Diagrama de análisis del proceso DAP. Adaptado del «Reporte anual» (p. 25), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

5.4. Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos

Según el VSM (mapa de flujo de valor) actual del proceso de flotación, las potenciales oportunidades de mejoras son:

- Diferentes flujos de alimentación a los tres circuitos. El distribuidor de pulpa no cumple su función de alimentar uniformemente a los tres circuitos de flotación.
- Diferentes tiempos de flotación para cada circuito, pero esto se concatena con igualar los flujos en los tres circuitos. Diferentes bombas de flotación en los puntos de bombeo. Se tienen bombas 5" x 4" y bombas 3" x 3" de menor capacidad que limitan el bombeo de los flujos.

VSM - ACTUAL DEL PROCESO DE FLOTACIÓN - UNIDAD OPERATIVA SELENE													
	Recepción en el distribuidor de pulpa	Circuito I								Circuito común para los circuitos I,II y III			
		Acondicionador 1	Bombeo de pulpa	Rougher 1	Bombeo de pulpa	Rougher 2	Bombeo de pulpa	Scavenger	Bombeo de pulpa	Cleaner 1 celda columna 1	Cleaner 2 celda columna 2	Cleaner 1 celda columna 3	Cleaner 2 celda columna 4
Encargado		Personal de flotación y reactivación											
Recursos		02 personas											
Tonelaje por hora	97.65	30.16		39.44		37.52		31.98		6.71	1.25	6.15	1.04
Tiempo (min)		11.24	1.75	10.13	1.75	8.08	1.75	10.73	1.75	51.68	56.03	53.87	85.87
Circuito II													
Personal de flotación y reactivación													
02 personas													
Encargado		33.79		43.75		49.77		43.25					
Recursos													
Tonelaje por hora				9.83		5.72		6.25					
Tiempo (min)		10.69	1.75		1.75		1.75		6.25				
Circuito III													
Personal de flotación y reactivación													
02 personas													
Encargado		33.70		41.44		39.35		35.01					
Recursos													
Tonelaje por hora				10.35		7.26		9.01					
Tiempo (min)		9.99	1.75		1.75		1.75		9.01				

Figura 16. Diagrama VSM actual del proceso de flotación.

Tabla 14

Detalle de actividades por circuito (sin Cleaner)

Clasificación	Circuito I		Circuito II		Circuito III	
	Actividad	Tiempo (min)	Actividad	Tiempo (min)	Actividad	Tiempo (min)
No agrega valor	Acondicionador 1	11.24	Acondicionador 2	10.69	Acondicionador 3	9.99
Agrega valor	Rougher 1	10.13	Rougher 1	9.83	Rougher 1	10.35
Agrega valor	Rougher 2	8.08	Rougher 2	5.72	Rougher 2	7.26
No agrega valor	Bomba de agua	7.00	Bomba de agua	7.00	Bomba de agua	7.00
Agrega valor	Scavenger	10.73	Scavenger	6.25	Scavenger	9.01
	Lead time	47.17	Lead time	39.48	Lead time	43.62
	Touch time	28.94	Touch time	21.80	Touch time	26.63
	% Touch time	61.34%	% Touch time	55.20%	% Touch time	61.05%

Tabla 15

Base Line de los Tres Circuitos

Estado Actual / Base Line			
	% Touch time	Ingreso de Pulpa	% Ingreso de Pulpa
Circuito I	61.34%	30.16	30.89%
Circuito II	55.20%	33.79	34.60%
Circuito III	61.05%	33.70	34.51%
Promedio	59.20%	97.65	
Target /meta			
% Touch time promedio	Valor promedio mayor a 70% de los circuitos I, II y III		
Ingreso de pulpa	Balancear el proceso para que el ingreso este repartido en un 33.33% en cada circuito I, II y III		

- Saturación de las bombas de operación de las espumas de *Rougher 2* del circuito 3 a *Rougher 1*, restringiendo el flujo a ese punto.
- Se identifica que la actividad de acondicionamiento en cada circuito toma más tiempo, solo en los circuitos I y II. En el circuito I toma 11.24 minutos; y en el circuito II, 10.69 minutos. En el circuito III, la actividad que toma mayor tiempo es en el *Rougher 1* de 10.35 minutos, y la actividad de acondicionamiento se realiza en 9.99 minutos.

5.5. Propuestas de Mejora

5.5.1. Eliminación de Actividades no Productivas del Proceso

Partiendo del VSM actual, se procedió a obtener los datos de tonelaje por hora de mineral que ingresa al proceso de flotación. Asimismo, se enfocaron los circuitos I, II y III, ya que se evidencia que hay actividades que no agregan valor al proceso de obtención del concentrado de mineral, determinándose los datos del proceso de flotación que se muestran en la Tabla 16 y la Tabla 17.

Tabla 16

Demanda por Circuito y Takt Time Inicial

Demanda	T/h	97.65
	T/día	2343.62
	T/día para cada circuito	781.21
Tiempo de trabajo	min/día	1440.00
<i>Takt time</i>		1.84

Nota. Adaptado del «Reporte anual» (p. 29), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 17. *Balace de línea de proceso de flotación*

Balace de línea del proceso de flotación

Balance del proceso flotación		Circuito I	Circuito II	Circuito III	Total
Proceso actual	FTE	23.71	22.23	24.50	70.45
	Lead time (min)	47.17	39.48	43.62	130.27
	tn/hr	30.16	33.79	33.70	
	tn/día - capacidad	723.91	810.94	808.77	
Proceso balanceado	FTE necesarios	28.94	21.80	26.63	77.36
	Takt time	1.84	1.84	1.84	
	Touch time	15.70	11.82	14.45	41.97
	tn/día - capacidad	781.21	781.21	781.21	
				% Touch Time	59.38%
				Ahorro FTE	-6.91

Se identificó un % de *touch time* de 59.38%, correspondiente al proceso de flotación. Asimismo, se identifica que para tener un proceso balanceado en capacidad uniforme de 781.21 tn/día, se requiere aumentar 6.91 o 7 FTE con respecto al proceso actual de flotación. Como se evidencia en el VSM propuesto, al eliminar la actividad de acondicionador, se logró incrementar el tonelaje por hora de valor inicial de 97.65, al valor final de 124.63, teniendo

un incremento aproximado de 27.63%. A su vez, se identificaron nuevos cuellos de botella, que por ser máquinas críticas en el proceso, se podría modificar la ingeniería de la estructura o realizar una reingeniería del proceso, evaluando nuevas tecnologías para realizar la flotación y posterior obtención del concentrado de mineral. En la Figura 17, se presenta el VSM propuesto del proceso de flotación.

5.5.2. Mejoras en el Sistema de Clasificación en Molienda

Las etapas previas de chancado permiten que el mineral pueda ingresar al molino con el tamaño adecuado, pero hay estudios que correlacionan los efectos de una adecuada voladura (en mina) y el grado de liberación de mineral en molienda. El objetivo del proceso de molienda es reducir el tamaño del mineral, mediante la fricción y abrasión producida por los elementos moledores (bolas de acero), dentro del molino. Sin embargo, un punto muy importante a considerar es que la molienda no es uniforme y debe clasificarse el mineral.

Este proceso se realiza por medio de dos tipos de equipos que usan la gravimetría para separar las partículas más pesadas de las más livianas; y justamente esta propiedad es usada para lograr la separación del material fino del material grueso. El material que no está suficientemente molido retorna al molino para reducir su tamaño. A este fenómeno se le conoce como “carga circulante”, que es un tonelaje de mineral que está ocupando el sitio de un nuevo mineral fresco. Si este valor es muy alto, se pierde eficiencia de operación y por ende la capacidad de tratamiento de mineral.

El problema de una mala clasificación redonda en un incremento de la carga circulante, el incremento de consumo de energía y la baja de la eficiencia de la planta de molienda. En la actualidad, este proceso es controlado mediante la recolección de una muestra por cada turno de 12 horas. Luego, esta muestra es analizada en el laboratorio metalúrgico, perdiéndose mucho tiempo en esta fase hasta la obtención de resultados, que llegan al operador o el jefe, por lo general del siguiente turno.

VSM - PROPUESTO DEL PROCESO DE FLOTACIÓN - UNIDAD OPERATIVA SELENE													
		Recepción en el distribuidor de pulpa	Circuito I							Circuito común para los circuitos I,II y III			
			Bombeo de pulpa	Rougher 1	Bombeo de pulpa	Rougher 2	Bombeo de pulpa	Scavenger	Bombeo de pulpa	Cleaner 1 celda columna 1	Cleaner 2 celda columna 2	Cleaner 1 celda columna 3	Cleaner 2 celda columna 4
Encargado			Personal de flotación							Personal de flotación			
Recursos			02 personas							02 personas			
Tonelaje por hora		124.63		39.44		37.52		31.98		6.71	1.25	6.15	1.04
Tiempo (min)			1.75	10.13	1.75	8.08	1.75	10.73	1.75	51.68	56.03	53.87	85.87
			Circuito II										
Encargado			Personal de flotación										
Recursos			02 personas										
Tonelaje por hora				43.75		49.77		43.25					
Tiempo (min)			1.75	9.83	1.75	5.72	1.75	6.25	1.75				
			Circuito III										
Encargado			Personal de flotación										
Recursos			02 personas										
Tonelaje por hora				41.44		39.35		35.01					
Tiempo (min)			1.75	10.35	1.75	7.26	1.75	9.01	1.75				

Figura 17. Diagrama VSM propuesto del proceso de flotación.

Frente a este caso, la siguiente guardia podría tomar ciertas previsiones, pero el turno anterior ya perdió la oportunidad de mejorar su proceso. La instalación de un analizador de granulometría en línea, que opere con el principio de medición por rayos X, permitirá tener datos en tiempo real del porcentaje de material que está pasando por la malla -200. Con este dato en tiempo real, se pueden realizar ciertos ajustes al proceso, como por ejemplo subir o bajar la carga de mineral fresco al molino, o detectar que alguno de los ciclones presenta desgaste y requiere ser cambiado. Por lo general, cuando un ciclón sufre desgaste, pierde eficiencia de funcionamiento y no clasifica bien, generando que el mineral valioso no se “libere” y se vaya en el relave.

El equipo que se plantea instalar será montado en la zona de molienda, donde se analizarán tres flujos con los multiplexores correspondientes: del flujo ingreso a los ciclones, la salida a flotación y el retorno a remolienda. Con estos tres flujos será factible monitorear el desempeño de la molienda e iniciar una serie de evaluaciones que apunte a la mejora de la eficiencia de molienda, con los objetivos principales de incrementar el *throughput* y mejorar el indicador de consumo de energía por tonelada de mineral molido.

La inversión esperada es de \$ 240,000, incluyendo los siguientes componentes principales:

- Equipo analizador de tamaño de partículas por rayos X.
- Multiplexor de tres flujos y sistema de lavado de tuberías.
- Sistema de bombas y tuberías de retorno de muestras.
- Interface de control y comunicación con el sistema central de Control.
- Sistema de alimentación eléctrica y de protección para campo (UPS, Pozo a tierra, cabina de protección, equipo de aire acondicionado).

Para asegurar la granulometría adecuada se necesita un equipo de rayos X (*PSI* por sus siglas en inglés) para el análisis de tamaño de partículas en tiempo real considerando los

puntos de muestreo adecuados y un equipo cuarteador automatizado que permita obtener una muestra real representativa. Los datos de este equipo deberán ser transferidos en tiempo real al sistema de control, permitiendo realizar los ajustes necesarios en el proceso de molienda para obtener la calidad requerida en granulometría en el proceso de flotación.

Esta nueva implementación, va a permitir controlar y realizar modificaciones a los parámetros de molienda permitiendo una granulometría más uniforme en el producto que se alimenta al proceso de flotación permitiendo una estabilidad en el proceso. Las pruebas realizadas en laboratorio químico indican que a mayo, en este caso a 60 % malla -200 va a permitir obtener 1% más de recuperación del programado anual del 2017, a continuación, se muestra la Tabla 18, donde se detalla los valores de ley de concentrado y recuperación de mineral.

Tabla 18 Ley de concentrado y recuperación

Ley de concentrado y recuperación del mineral

Prueba	Ley de Concentrado (g/tn)			Recuperación (%)		
	Ag	Au	Fe (%)	Ag	Au	Fe
55%-m200: 1201597	36,018.12	105.52	28.47	87.86	88.61	30.32
60%-m200: 1201597	36,922.70	108.09	28.47	88.80	89.46	29.81
65%-m200: 1201597	37,439.82	110.57	30.60	89.02	89.82	31.15

Nota. Adaptado del «Reporte anual» (p. 30), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

El programa de tratamiento para el 2017 contempla una recuperación de 87.22% en el caso de plata, por lo cual se tendrían 8, 929,871 onzas equivalentes, multiplicado por el precio actual de la plata (\$ 17.33 por cada onza), se obtendría una venta bruta de \$ 154, 754,659. Según la prueba realizada y manteniendo la granulometría en 60% -malla 200, se obtendrá una recuperación global de 88.22% en el año 2017, lo que permitiría obtener 9, 008,928.60 onzas equivalentes de plata, que multiplicado por su precio internacional (\$ 17.33 por onza) se obtendría una venta bruta de \$ 156, 124,733. La diferencia de lograr esta mejora

es de 79,057 onzas equivalentes de plata, que se producirían en el 2017 con una diferencia de \$ 1, 370,074 de ganancia.

La Figura 18 muestra el detalle de los componentes principales del Analizador de Partículas PSI 500 del fabricante finlandés *Outotec*. Donde se puede apreciar el sistema de muestreo y la unidad de análisis por rayos X, junto con la unidad de control.



Figura 18. Equipo de Análisis Granulométrico por Rayos X PSI 500 de Outotec
Tomado de http://www.outotec.com/globalassets/products/analyzers-and-automation/ote_psi_300_750x750_1.jpg

5.6. Conclusiones

- Del análisis realizado a la Unidad Operativa Selene, se identificó que el proceso que agrega un valor al producto es el de flotación. Dependiendo de los controles y

aplicación de reactivos al proceso, se logra actualmente un valor de recuperación del mineral de 87.86%.

- El *lead time* promedio actual en la etapa de flotación es 167.15 min, concentrándose con un valor promedio de 74.05% en la actividad de *Cleaner*, que recibe la pulpa tratada de los circuitos I, II y III. La actividad de *Cleaner* es donde se agrega valor al producto. Asimismo, se obtiene un valor promedio porcentual de *touch time* de 89.45%.
- Al realizar el análisis de los circuitos I, II y III, en forma aislada, sin considerar la actividad de *Cleaner*, se obtuvo un valor promedio de 59.20%. La eliminación de dicha actividad que no agrega valor al producto es una oportunidad de mejora.
- Para balancear el proceso actual, se realizó un análisis en aras de que la capacidad de alimentación de cada circuito sea uniforme, de 781.21 tn/día. Para ello, se requiere aumentar 6.91 o 7 FTE con respecto al proceso actual de flotación.
- Al eliminar el proceso de acondicionador (que no agrega valor) y uniformizar la entrada de alimentación de la pulpa, en cada circuito se logra un aumento del *touch time* de 78.65%, con respecto al escenario inicial. Esto cambios aumentarán el flujo de pulpa y por consiguiente el porcentaje de tratamiento y recuperación del mineral en casi 1%, pasando de una recuperación del mineral de 87.22% a 88.22%.
- Con la implementación e instalación de un analizador de granulometría en línea, medición por rayos X y malla -200 entre los procesos de molienda y flotación, se logra un incremento de capacidad y liberación en 1% de la recuperación del metal (plata y oro), lo que representa un incremento en las ventas de aproximadamente \$ 1,370,074.

Capítulo VI. Planeamiento y Diseño de la Planta

Este capítulo contiene información sobre el diseño de la planta de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, mediante la adecuada distribución de planta se logra la integración en una unidad operativa, que trabaje enfocado en la efectividad, minimizando los costos y elevando la productividad, al diseñar la planta, nos da un ordenamiento físico que permita hacer frente a los limitantes o restricciones que puedan limitar la capacidad de diseño.

6.1. Distribución de Planta

El tipo de distribución de planta que se asemeja o tiene similitud al proceso de la planta Selene, es de tipo de distribución por producto, ya que se basa en las secuencias de operaciones, que se realizar para la obtención del concentrado de minerales, en este caso onzas de plata, las máquinas y equipos se ordenan de acuerdo con las etapas del proceso productivo, con la finalidad de reducir la distancia que tiene que recorrer el material para completar la secuencia total de producción minimizando el tiempo muerto por transporte interno.

El tipo de proceso que se alinea a las operaciones de la Planta Concentradora Selene es el tipo de frecuencia continua, ya que, para la obtención del concentrado de mineral, pasa por diferentes áreas (molienda, chancado, flotación, etc.); además la producción produce grandes cantidades del producto estándar (concentrado en polvo con contenido de plata y oro), sobre las líneas que siguen la secuencia de actividades del proceso productivo.

Actualmente la planta concentradora de Selene, por la geografía del territorio y por el volumen de producción, se encuentran identificadas en seis grandes zonas, partiendo de la distribución física mostrada en la Figura 19:

- Zona de chancado
- Zona de molienda

- Zona de flotación
- Zona de filtrado
- Espesamiento de relaves
- Abastecimiento de aguas

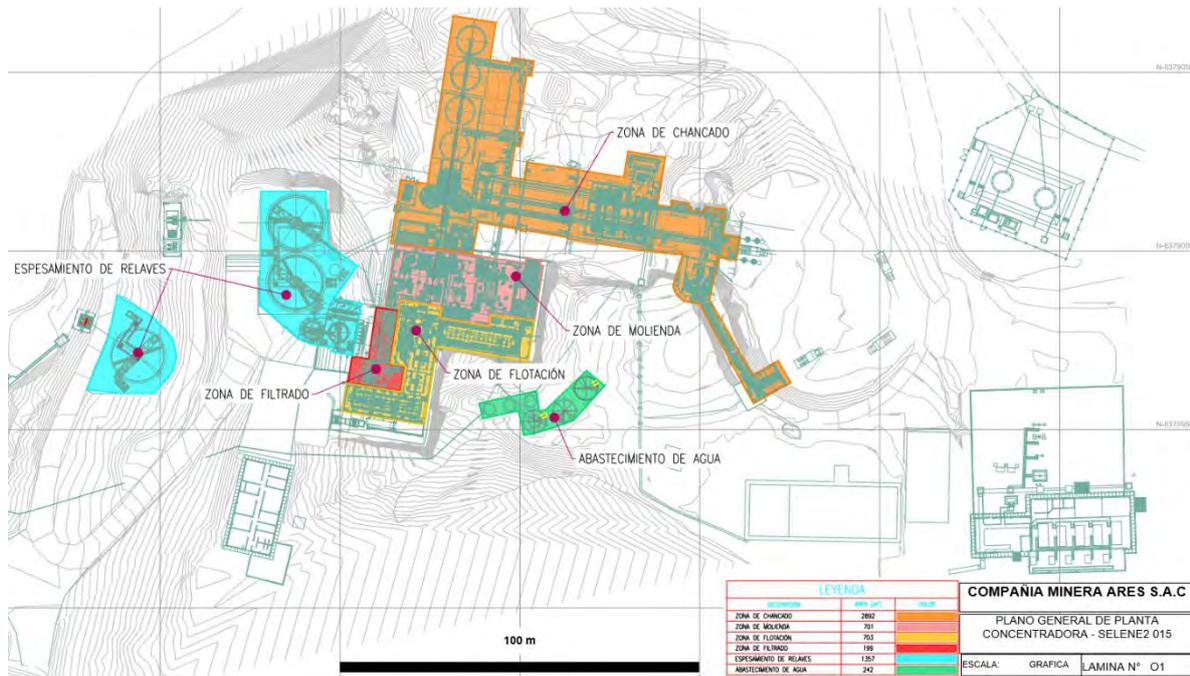


Figura 19. Distribución Física Actual de la Planta Selene. Tomado de «Nuestra Historia» (p. 3), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

6.2. Análisis de la Distribución de Planta

A continuación, se proceder a analizar la distribución actual de la planta, mediante el diagrama de relaciones entre actividades, tomando como base el DAP (diagrama de actividades el proceso), que fue presentado en el capítulo anterior. Así mismo se asignó un grado de calificación según la cercanía entre las áreas que forman parte del proceso productivo. La Figura 20 muestra el Diagrama de Muther de la Planta Selene construido con esta información.

Tabla 19

Relación de Actividades

Relación	Valores cercanos
Absolutamente necesario	A
Especialmente importante	E
Importante	I
Ordinario	O
Sin importancia	U
No deseable	X

Nota. Tomado de Muther R. (1977). Distribución en planta (3ª ed.). Barcelona, España: hispano Europea.

Tabla 20

Valores según la cercanía y uso de recursos

Criterio	Valor
Uso de registros comunes	1.00
Compartir personal	2.00
Compartir espacio	3.00
Grado de contacto personal	4.00
Grado de contacto documentario	5.00
Secuencia de flujo de trabajo	6.00
Ejecutar trabajo similar	7.00
Uso del mismo equipo	8.00
Posibles situaciones desagradable	9.00

Nota. Tomado de Muther R. (1977). Distribución en planta (3ª ed.). Barcelona, España: hispano Europea.

Una vez asignados los valores o calificaciones según la cercanía de las áreas, se procedió a realizar la Tabla 21. Con la información de la hoja de trabajo de la Tabla 21, que se realizó anteriormente, se procedió a llenar los patrones de la distribución en bloques, facilitando la visualización de las áreas que deben estar cercanas y cuales no lo deben estar. La Figura 21 muestra esta relación entre áreas.

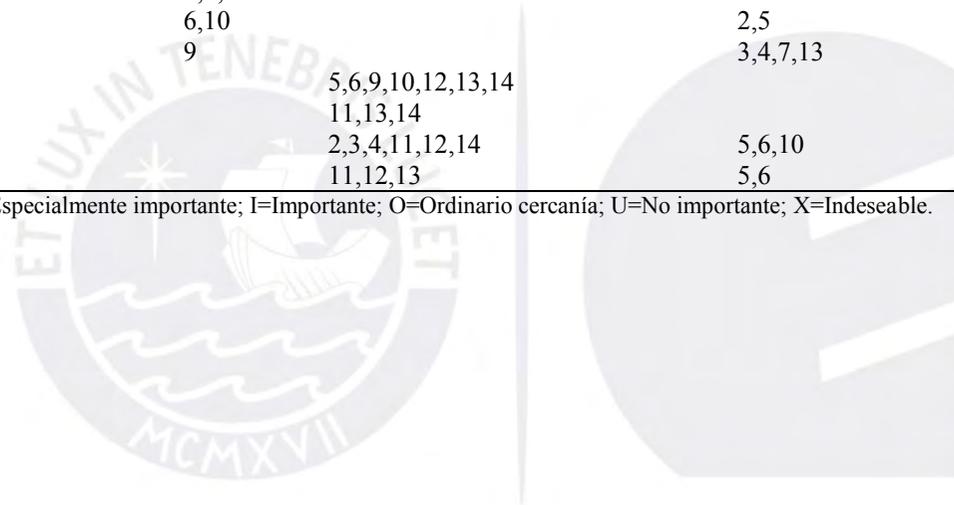
Una vez realizado e identificado los patrones de distribución y del diagrama de interrelaciones se llenará la matriz de relaciones de cercanía total (TCR), que nos ayudó en identificar cual es el área con mayor TCR, y por ende el que tiene mayor prioridad en la distribución de planta propuesto, como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 21

Hoja de trabajo para la producción de concentrado de mineral

Ítem	Área de Actividades	A	E	I	O	U	X
1	Almacén cancha de tolva de gruesos	2			3,5,6,10		4,7,8,9,11,12,13,14
2	Zona de chancado	1,3	13		4,7,9		5,6,8,10,11,12,14
3	Zona de molienda	2,4,8	5,13		1,6,10		7,9,11,12,14
4	Almacén tolvas de finos	3,5	6,13		2,10		1,7,8,9,11,12,14
5	Zona de flotación	4,6,8	3,11		1,7,9,13,14		2,10,12
6	Zona de filtración / Separación	5,7,8,9	4,11		1,3,13,14		2,10,12
7	Planta de desaguado	6			2,5,10		1,3,4,8,9,11,12,13,14
8	Abastecimiento de aguas /desarenador	3,5,6					1,2,3,4,7,9,10,11,12,13,14
9	almacén de concentrado	6,10			2,5		1,3,4,7,8,11,12,13,14
10	Zona de carga de semitrailers	9			3,4,7,13		1,2,5,6,8,11,12,14
11	Oficinas administrativas		5,6,9,10,12,13,14				1,2,3,4,7,8
12	Servicios alimenticios		11,13,14				1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
13	Área de mantenimiento		2,3,4,11,12,14		5,6,10		1,7,8,9
14	Servicios higiénicos		11,12,13		5,6		1,2,3,4,7,8,9,10

Nota. Donde A=Absolutamente necesario; E=Especialmente importante; I=Importante; O=Ordinario cercanía; U=No importante; X=Indeseable.



<p>A: 2 E: 3,5,6,10</p> <p>Almacén cancha de tolva de gruesos 1</p> <p>X: 4,7,8,9,11,12,13,14</p> <p>I: O: 1,3,13,14</p>	<p>A: 1,3 E: 13</p> <p>Zona de chancado 2</p> <p>X: 5,6,8,10,11,12,14</p> <p>I: O: 1,6,10</p>	<p>A: 2,4,8 E: 5,13</p> <p>Zona de molienda 3</p> <p>X: 7,9,11,12,14</p> <p>I: O: 1,6,10</p>
<p>A: 5,7,8,9 E: 4,11</p> <p>Zona de filtración / Separación 6</p> <p>X: 2,10,12</p> <p>I: O: 1,3,13,14</p>	<p>A: 4,6,8 E: 3,11</p> <p>Zona de flotación 5</p> <p>X: 2,10,12</p> <p>I: O: 1,7,9,13,14</p>	<p>A: 3,5 E: 6,13</p> <p>Almacén tolvas de finos 4</p> <p>X: 1,7,8,9,11,12,14</p> <p>I: O: 2,10</p>
<p>A: 6 E: 0</p> <p>Planta de desaguado 7</p> <p>X: 1,3,4,8,9,11,12,13,14</p> <p>I: O: 2,5,10</p>	<p>A: 3,5,6 E: 0</p> <p>Abastecimiento de aguas /desarenador 8</p> <p>X: 1,2,3,4,7,9,10,11,12,13,14</p> <p>I: O: 1,7,9,13,14</p>	<p>A: 6,10 E: 0</p> <p>almacén de concentrado 9</p> <p>X: 1,3,4,7,8,11,12,13,14</p> <p>I: O: 2,5</p>
<p>A: E: 11,13,14</p> <p>Servicios alimenticios 12</p> <p>X: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10</p> <p>I: O: 3,4,7,13</p>	<p>A: E: 5,6,9,10,12,13,14</p> <p>Oficinas administrativas 11</p> <p>X: 1,2,3,4,7,8</p> <p>I: O: 3,4,7,13</p>	<p>A: 9 E: 0</p> <p>Zona de carga de semitrailers 10</p> <p>X: 1,2,5,6,8,11,12,14</p> <p>I: O: 3,4,7,13</p>
<p>A: E: 2,3,4,11,12,14</p> <p>Área de mantenimiento 13</p> <p>X: 1,7,8,9</p> <p>I: O: 5,6,10</p>	<p>A: E: 11,12,13</p> <p>Servicios higiénicos 14</p> <p>X: 1,2,3,4,7,8,9,10</p> <p>I: O: 5,6</p>	

Figura 21. Patrones de la distribución en bloques

Tabla 22 *Relación de diagramas*

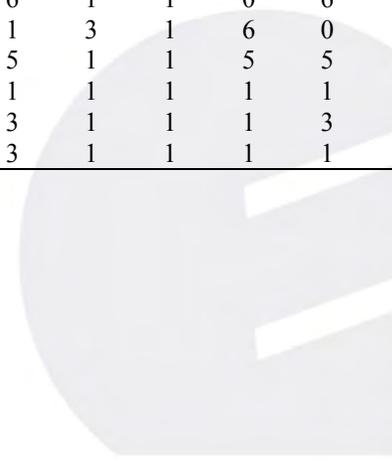
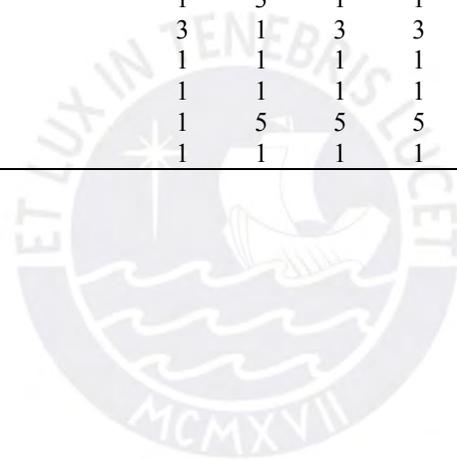
Relación de diagramas

Orden	Área	Nombre	Justificación
1	6	Zona de filtración / Separación	El mayor TCR
2	5	Zona de flotación	A(4)
3	3	Zona de molienda	A(2)
4	4	Almacén tolvas de finos	A(3)
5	8	Abastecimiento de aguas /desarenador	A(3)
6	2	Zona de chancado	A(1)
7	9	almacén de concentrado	A(6)
8	7	Planta de desaguado	A(6)
9	10	Zona de carga de semi-tráileres	A(9)
10	1	Almacén cancha de tolva de gruesos	A(2)
11	13	Área de mantenimiento	E(2)
12	11	Oficinas administrativas	E(5)
13	14	Servicios higiénicos	E(11) últimos TCR
14	12	Servicios alimenticios	E(11) últimos TCR

Tabla 23

Relación de cercanía total (TCR)

Ítem	Áreas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Puntaje
1	Almacén cancha de tolva de gruesos	0	6	3	1	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	26.00
2	Zona de chancado	6	0	6	3	1	1	3	1	3	1	1	1	5	1	33.00
3	Zona de molienda	3	6	0	6	5	3	1	6	1	3	1	1	5	1	42.00
4	Almacén tolvas de finos	1	3	6	0	6	5	1	1	1	3	1	1	5	1	35.00
5	Zona de flotación	3	1	5	6	0	6	3	6	3	1	5	1	3	3	46.00
6	Zona de filtración / Separación	3	1	3	5	6	0	6	6	6	1	5	1	3	3	49.00
7	Planta de desaguado	1	3	1	1	3	6	0	1	1	3	1	1	1	1	24.00
8	Abastecimiento de aguas /desarenador	1	1	6	1	6	6	1	0	1	1	1	1	1	1	28.00
9	almacén de concentrado	1	3	1	1	3	6	1	1	0	6	1	1	1	1	27.00
10	Zona de carga de semi-tráileres	3	1	3	3	1	1	3	1	6	0	1	1	3	1	28.00
11	Oficinas administrativas	1	1	1	1	5	5	1	1	5	5	0	1	3	1	31.00
12	Servicios alimenticios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	5	5	21.00
13	Área de mantenimiento	1	5	5	5	3	3	1	1	1	3	3	5	0	5	41.00
14	Servicios higiénicos	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	5	5	0	25.00



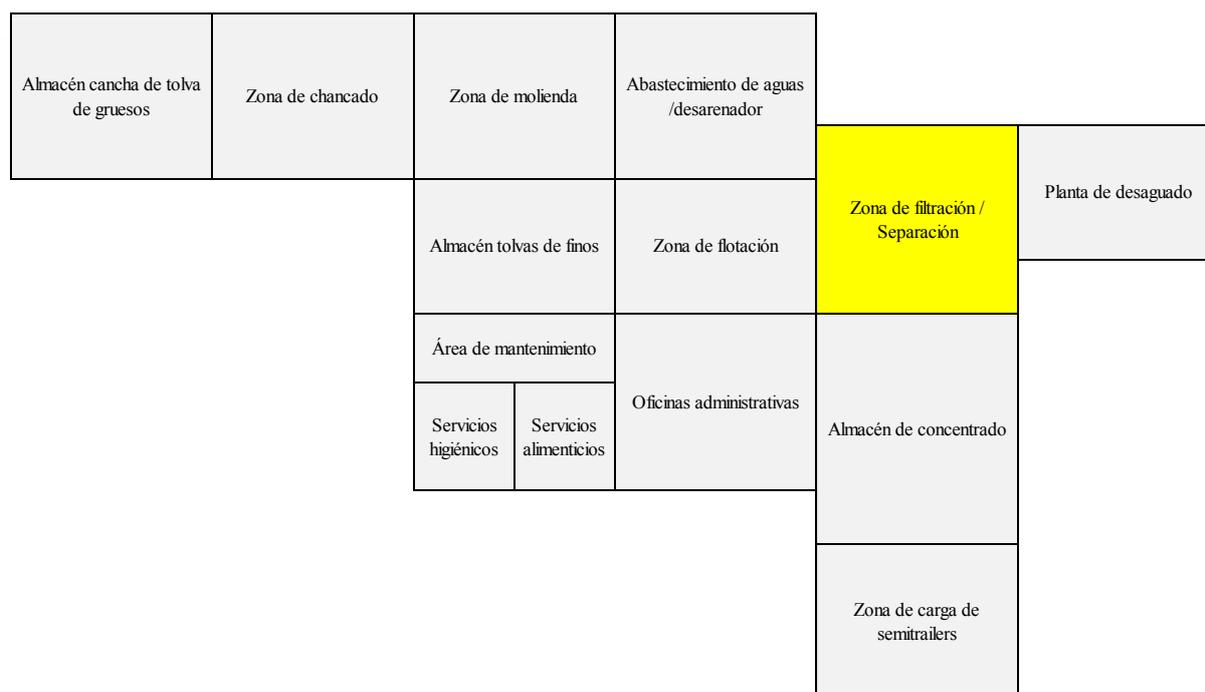


Figura 22. Distribución de planta Selene

Una vez determinado el TCR, el cual nos indica que la Zona de filtración / separación, es quien posee el mayor TCR, y por ende el de mayor relación e importancia en el proceso productivo, se procede a generar una distribución propuesta, como se muestra en la Tabla 23 y dando la distribución propuesta como se muestra en la Figura 22.

6.3. Propuestas de Mejora

Luego del análisis realizado, no se ha identificado ninguna propuesta de mejora, porque las áreas con mayor TCR y de calificación “A”, se encuentran con similares ubicaciones, ya que la zona de filtración /Separación (la de mayor TCR), está cerca de las zonas de flotación, abastecimiento de aguas /desarenador y de la zona de espesamientos de relaves o planta de desaguado, como se muestra en la Figura 23.

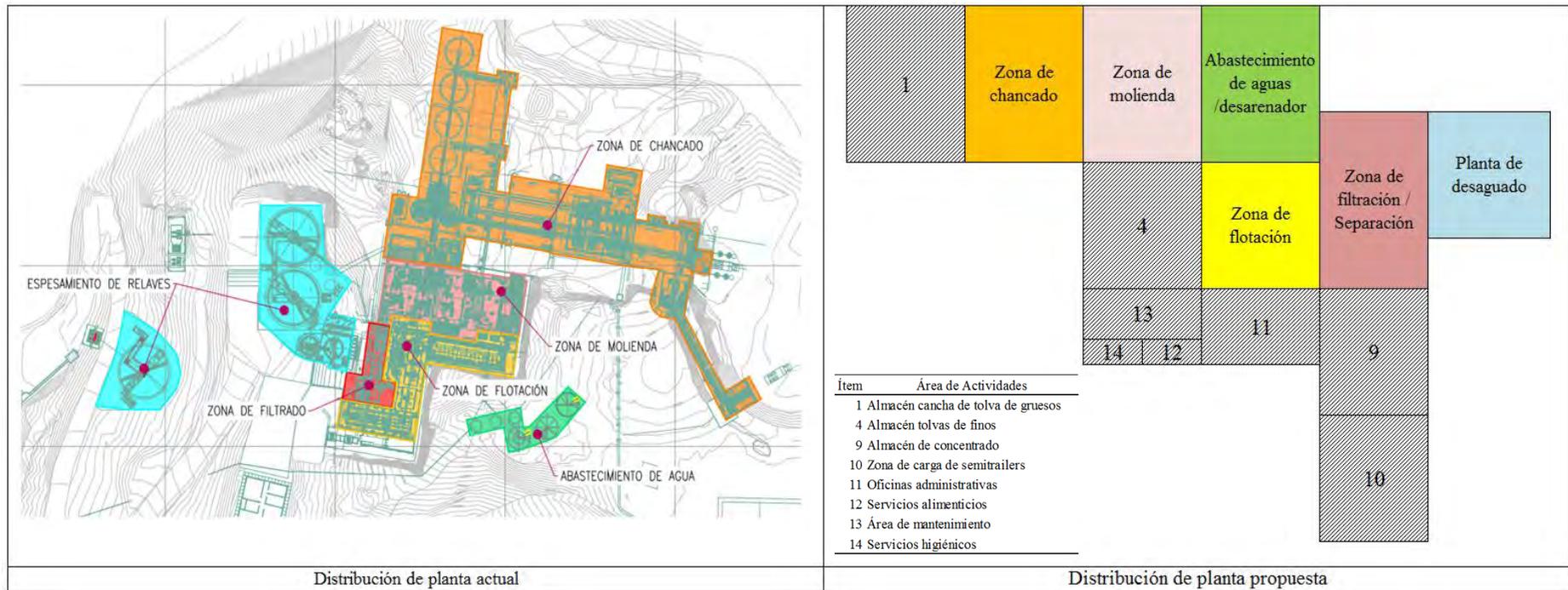


Figura 23. Comparativo de distribuciones de planta actual y propuesta

6.4. Conclusiones

- Se concluye que partiendo del DAP (Diagrama de análisis del proceso) se puede determinar la disposición o distribución de las áreas priorizando la cercanía e importancia en cada etapa del proceso productivo, enfocándose en la integración total, mínima distancia, flujo óptimo, espacio cubico, satisfacción y seguridad y por último flexibilidad.
- La zona de mayor TCR con un puntaje de 49, es la zona de filtración /Separación, ya que esta zona viene hacer el último eslabón para la obtención del concentrado de mineral, que será almacenado temporalmente para su traslado a los puertos de Matarani y Callao para su posterior exportación.
- Las áreas o zonas de mayor relevancia en el proceso para la obtención de concentrado de mineral (onzas de plata) son: zonas de flotación, abastecimiento de aguas / desarenador y de la zona de espesamientos de relaves o planta de desaguado.
- La disposición o distribución de la planta, se ve afectada por las zonas geográficas, limitaciones financieras y de seguridad, tal es el caso de la planta Selene, que por el volumen de producción y por lo accidentado de la geografía, las zonas o áreas no se encuentran tan cercanas (mayor distancia entre cada área) como en el caso de otras empresas.

Capítulo VII. Planeamiento y Diseño del Trabajo

Este capítulo contiene información sobre el diseño de los puestos de trabajo de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, la importancia de las especificaciones del puesto de trabajo y su impacto en el rendimiento del personal, que se ve reflejado en el cumplimiento de metas, así mismo se ha mencionado indicadores referentes a la satisfacción del personal y el clima laboral, porcentaje de ausentismo y rotación de personal, el recurso humano está distribuido en las diferentes áreas de la unidad; el mayor número de trabajadores está en la parte operativa, pudiendo llegar a estar en el 80% de la fuerza laboral. En el caso de la Unidad Operativa Selene, el personal asignado a la planta concentradora es de 69 personas (distribuidas en las tres guardias), de un universo de personal exclusivamente perteneciente a la Compañía de 168 personas que representa el 41.07 % de la fuerza laboral dedicada a la operación en la planta concentradora.

7.1 Planeamiento del trabajo

El personal de planta está dimensionado y distribuido a partir de los tonelajes programados para el año 2016, estableciéndose de dos hasta tres guardias en puestos específicos como son operador de balanza, de equipo pesado y de planta de desaguado, estos puestos trabajan con otras áreas, para cumplir con sus funciones se requiere de una coordinación continua y permanente, como en el caso del operador de balanza y de equipo pesado que recibe y acumula en mineral respectivamente de mina. En el año 2016 se tenía una programación para el tratamiento de mineral en la planta concentradora, donde se estableció como horizonte de tiempo menos de 20 días, para cumplir con esta meta se decidió realizar los trabajos en campañas y en turnos de guardia. En la programación del año 2017 los tonelajes han sufrido un aumento promedio de 2,400 toneladas secas tratadas por día, al ser la demanda de tonelaje mayor que la capacidad de personal, se tomó la decisión de reactivar

la tercera guardia, a continuación se muestra la Tabla 24 detallando el plan de campañas de producción.

Tabla 24

Plan de Campañas de Producción Planta Concentradora Selene

Mes	Total días de tratamiento	Tonelaje tratado
Enero	0.00	0.00
Febrero	20.00	37,618.00
Marzo	20.00	38,784.00
Abril	15.00	30,125.00
Mayo	21.00	35,501.00
Junio	26.00	48,645.00
Julio	28.00	48,659.00
Agosto	27.00	49,709.00
Setiembre	27.00	63,718.00
Octubre	30.00	72,000.00
Noviembre	29.00	69,600.00
Diciembre	30.00	72,000.00
Total	273.00	566,359.00

Nota. Tomado del «Reporte anual» (p. 15), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

El personal de operación de la planta concentradora está en un sistema atípico de trabajo de 14 días trabajados por siete días de descanso, para poder cumplir con el tonelaje estimado para ser procesado en la planta concentradora se ha modificado los turnos de la operación, desde el inicio de las operaciones se trabajó con turnos, el turno “A” iniciaba a las 00:00 horas hasta las 12:00 horas y el turno “B” era de las 12:00 horas hasta las 24:00 horas y se realizaba el cambio de guardia al final de cada turno, A partir de Octubre 2016 el horario de los turnos se ha modificado iniciando el turno “A” a las 19:00 horas y culminando a las 7:00 horas y el turno “B” inicia a las 7:00 horas y termina a las 19:00 horas permitiendo un mejor descanso de los operadores. En la Tabla 25 y Tabla 26, se muestra la distribución y estimación de requerimiento de personal, donde se muestra puestos vacantes, los cuales van a ser cubiertos por personal ingresante, permitiendo el ingreso de personal de la comunidad de influencia de la operación de la planta solo en los puestos operativos o clasificación de obrero.

La política de relaciones comunitarias establecida por la empresa, establece claramente que los puestos de trabajo donde aplica mano de obra no calificada, deben ser cubiertos por personas de las comunidades de las áreas directas de influencia de la operación minera. Los programas de entrenamiento y los primeros meses de trabajo son críticos porque la curva de aprendizaje es muy variable dependiendo del nivel de instrucción, edad y puesto que cubre el trabajador.

7.2 Organigrama de Operaciones de la Planta

La descripción de puestos de la empresa está establecida por un formato de 12 puntos donde se describe las funciones, así como a quien reportan estas posiciones; estos doce puntos son:

- Datos del puesto, donde se describe el tipo de puesto, categoría profesional, nivel de riesgo, clasificación (si está sujeto a fiscalización), área y sub-área.
- Dependencia del puesto, donde se describe a quien va a reportar y a quien va a supervisar.
- Misión del puesto, donde se describe la misión del área a la cual pertenece el puesto.
- Principales responsabilidades, donde se describe cuáles son las responsabilidades del puesto a realizar.
- Indicadores de gestión, donde se describe cuáles son los principales KPI a controlar del área.
- Viajes, si el puesto tiene opción de realizar viajes fuera de la unidad.
- Licencias, si el puesto va a requerir licencias internas para manejar diferentes vehículos desde camionetas, camiones o equipos pesados como cargador frontal, montacargas.
- Certificaciones, si el puesto requiere certificaciones de empresa externas para poder realizar los trabajos.

- Conocimientos y competencias técnicas, requeridas para el puesto.
- Estudios superiores, en caso se requiera según el puesto.
- Experiencia, describe si el puesto requiere de experiencia previa para poder asumir el cargo descrito.
- Competencias personales, donde se describe cuáles son las aptitudes de la persona como habilidades para orientar o liderazgo, por ejemplo.

El detalle de cada ítem es específico, para cada descripción de puesto de trabajo, se muestra en la Figura 24, donde se muestra un extracto de la plantilla utilizada para la descripción del puesto de trabajo.

7.2.1 Organigrama de la Planta

Los puestos en el área de planta concentradora se dividen en empleados y obreros y con diferentes cargos en cada división. Dicha distribución ha sido realizada en función a experiencias previas en plantas de procesamiento similares, la distribución del personal tanto empleado como obrero, ha sido definida por la ingeniería de detalle del proyecto original; esta distribución en sus inicios no ha contemplado que ciertas partes del proceso fueran posteriormente automatizadas.

A continuación, se muestra el organigrama de la planta concentradora Selene en la Figura 25. Alrededor de 84 personas, que no figuran en el organigrama, distribuidos entre las otras áreas de la siguiente manera: laboratorio químico (17), logística (5), mantenimiento (26) – (tanto eléctrico como mecánico), medio ambiente (12), recursos humanos (13), relaciones comunitarias (3), salud e higiene (5), seguridad Industrial (2) y seguridad Civil (1)

Tabla 25

Distribución personal planta por guardias

Distribución personal planta concentradora año 2017			
Puesto de trabajo	Guardia A	Guardia B	Guardia C
Superintendente de planta	1.00	0.00	0.00
Jefe de planta	0.00	0.00	1.00
Jefe de guardia	1.00	1.00	1.00
Supervisor	1.00	1.00	1.00
Secretario	1.00	0.00	0.00
Controlador de concentrado	0.00	1.00	1.00
Tolva de gruesos	1.00	1.00	1.00
Chancadora C-100(Primario)	1.00	1.00	1.00
Chancadora HP-300(Secundario)	1.00	1.00	1.00
Chancadora HP-200(Terciario)	1.00	1.00	1.00
Operador de fajas	1.00	1.00	1.00
Operador de planta lavado	1.00	1.00	1.00
Molienda	1.00	1.00	1.00
Reactivos	1.00	1.00	1.00
Flotación	1.00	1.00	1.00
Filtrado espesado	1.00	1.00	1.00
Ensacado	1.00	1.00	1.00
Relave	1.00	1.00	1.00
Balanza	1.00	1.00	1.00
Operador planta desaguado	2.00	2.00	2.00
Operador equipo pesado	2.00	2.00	2.00
Personal - vacacionista	2.00	3.00	2.00
Total personal	23.00	23.00	23.00

Nota. Tomado del «Reporte anual» (p. 15), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 26 *Estimación de requerimiento de personal**Estimación de requerimiento de personal*

Estimación de personal Planta año 2017				
Meses	Empleado		Obrero	
	Estimado	Real	Estimado	Real
Enero	7.00	7.00	46.00	46.00
Febrero	7.00	7.00	46.00	46.00
Marzo	9.00	7.00	60.00	46.00
Abril	9.00	8.00	60.00	46.00
Mayo	9.00	9.00	60.00	58.00
Junio	9.00	0.00	60.00	0.00
Julio	9.00	0.00	60.00	0.00
Agosto	9.00	0.00	60.00	0.00
Setiembre	9.00	0.00	60.00	0.00
Octubre	9.00	0.00	60.00	0.00
Noviembre	9.00	0.00	60.00	0.00
Diciembre	9.00	0.00	60.00	0.00
Total personal	104.00	38.00	692.00	242.00

Nota. Tomado del «Reporte anual» (p. 15), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Datos Del Puesto			
Tipo De Puesto		Categoría Profesional	
Mina		Empleado	
Nivel De Riesgo		Clasificación	
Alto		Puesto no sujeto a fiscalización	
Área		Sub-Área	
Operaciones		Planta	
Dependencias Del Puesto			
Reporta A	Jerárquicamente	Funcionalmente	Am bos
Gerente de unidad minera	X		
Gerente de metalurgia		X	
Supervisa A	Jerárquicamente	Funcionalmente	Am bos
Secretario de oficina			X
Jefe de sección planta			X
Jefe de Guardia			X
Misión Del Puesto			
Liderar las operaciones de producción de la planta, a fin de conseguir las metas de producción programadas, con un enfoque centrado en las personas, la seguridad, la responsabilidad social y ambiental			
Principales Responsabilidades			
1	Revisar y aprobar los planes y programas de producción metalúrgica mensual y anual de la planta		
2	Garantizar los recursos necesarios para el desarrollo de los planes y programas de producción metalúrgica		
3	Comparar los índices de gestión de la producción y establecer prioridades de gestión en el corto y mediano plazo		
4	Asegurar el cumplimiento de los planes y programas de mantenimiento en coordinación con las áreas correspondientes		
5	Elaborar y gestionar el presupuesto total de la producción de planta		
6	Asegurar el control del consumo mensual de los insumos químicos fiscalizados y emitir los informes correspondientes a las entidades responsables		
7	Revisar y aprobar los informes metalúrgicos, de costos y el informe final de producción		
8	Formular las acciones correspondientes, ante los problemas presentados en la planta, mediante reuniones de sub comités de laboratorio, mantenimiento, planta, almacén, así como de comités de operaciones		
9	Garantizar el cumplimiento de las políticas, estándares y procedimientos de seguridad y medioambiente.		
10	Liderar y sustentar el desarrollo de los proyectos de mejora del área de planta		
11	Implementar y mantener la Política Ambiental		
12	Identificar y evaluar los aspectos ambientales		
13	Identificar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos		
14	Establecer, implementar y mantener objetivos y metas ambientales		
15	Asegurar que el personal que pueda impactar significativamente al ambiente sea competente		
16	Identificar las necesidades de formación relacionadas a los aspectos ambientales		
17	Elaborar, revisar, controlar y aprobar los documentos del SGA.		
18	Identificar, planificar e implementar controles operacionales para los aspectos ambientales significativos		
19	Conocer las situaciones de emergencia y participar en simulacros.		
20	Establecer, implementar y mantener el seguimiento y medición de las operaciones con impactos significativos al medio ambiente		
21	Tratar las no conformidades reales y potenciales y tomar acciones correctivas y acciones preventivas.		
22	Controlar los registros del SGA		
23	Demostrar liderazgo y compromiso en la ejecución y cumplimiento de las actividades establecidas para alcanzar los objetivos trazados para la exitosa gestión de seguridad, salud en el trabajo, medio ambiente y relaciones comunitarias, de acuerdo a las directrices establecidas en el SIGR HM DNV – descritas en el documento SIG-ANX-DGU01-07-00		
24	Responsable de velar por el cumplimiento de la legislación vigente de acuerdo a los artículos (Art. 38 del		

Figura 24. Descripción de puestos de trabajo – Superintendente de Planta
Tomado de «Nuestro Modelo de Negocio» (p. 12), por la Compañía Minera Ares, 2016.
Lima, Perú: Hochschild.

ORGANIGRAMA PLANTA CONCENTRADORA SELENE Ppto-2017

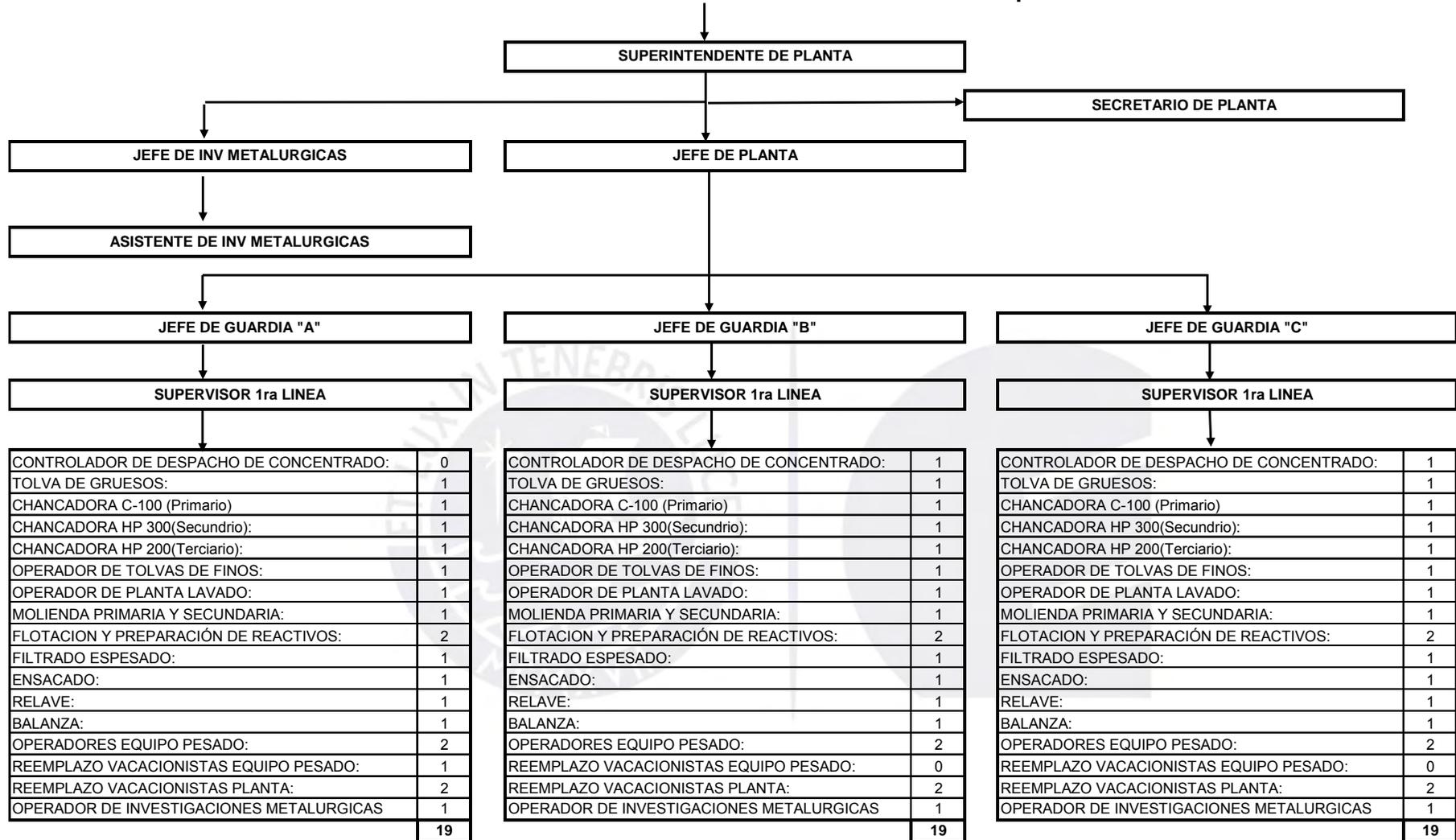


Figura 25. Organigrama de la planta concentradora

Tomado de «Nuestra Historia» (p. 7), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

7.2.2 Indicadores Estratégicos

Los indicadores que se tiene, en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, para evaluar la gestión sobre la fuerza laboral están gestionados por el área de recursos humanos que permite visualizar oportunidades de mejora para reforzar la productividad del personal, estos indicadores miden como se va efectuando la línea de carrera de los trabajadores, viendo el porcentaje de promociones en función de las vacantes ofertadas, si no se tiene promociones o trabajadores que puedan cumplir esta función, está vacante es cubierta por personal externo que es integrado a la empresa. En el año 2016 solo se pudo cubrir el 8.2% de las vacantes ofertadas con promoción interna, el 91.8% fue cubierto por personal externo, como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Promoción Interna de Personal Año 2016

Promoción interna del personal			
Mes	Nro. de vacantes cubiertas	Total de vacantes solicitadas	Tasa de promoción
Enero	1.00	1.00	100.00%
Febrero	2.00	46.00	4.00%
Marzo	1.00	6.00	17.00%
Abril	0.00	2.00	0.00%
Mayo	0.00	4.00	0.00%
Junio	0.00	4.00	0.00%
Julio	1.00	8.00	13.00%
Agosto	0.00	4.00	0.00%
Setiembre	2.00	11.00	18.00%
Octubre	0.00	8.00	0.00%
Noviembre	1.00	2.00	50.00%
Diciembre	0.00	1.00	0.00%
Total anual	8.00	97.00	

Nota. Tomado del «Memoria anual» (p. 35), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

El porcentaje de personal perteneciente a las comunidades aledañas, permite identificar cuanto personal de las comunidades trabaja en la unidad operativa Selene, el porcentaje de trabajadores pertenecientes a las comunidades de influencia fue de 27.6 %, como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28

Fuerza Laboral de la Comunidad Año 2016

Mes	Nro. de trabajadores de comunidad	Nro. total de trabajadores	Tasa de fuerza
Enero	158.00	542.00	29.00%
Febrero	156.00	564.00	28.00%
Marzo	154.00	562.00	27.00%
Abril	154.00	558.00	28.00%
Mayo	154.00	558.00	28.00%
Junio	154.00	553.00	28.00%
Julio	154.00	554.00	28.00%
Agosto	156.00	551.00	28.00%
Setiembre	158.00	550.00	29.00%
Octubre	159.00	553.00	29.00%
Noviembre	159.00	568.00	28.00%
Diciembre	159.00	699.00	23.00%
Total anual	156.25	567.67	

Nota. Tomado del «Memoria anual» (p. 36), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

La rotación de personal es otro indicador que da información sobre las condiciones laborales favorables o desfavorables que tienen en la empresa, en el mes de Febrero la renuncia de un técnico instrumentista, encargado de la instrumentación, otro evento se dio el mes de Marzo, donde se tuvo la renuncia de un Analista *Senior* de Logística y un Jefe de guardia de Mina, en el mes de Mayo se tuvo la renuncia voluntaria de un técnico de SIG (Sistema Integrado de Gestión) y en el mes de Octubre se tuvo la renuncia de una Asistentita Social. Durante el 2016 se obtuvo el porcentaje de rotación de 4.3%, como se muestra en la Tabla 29, esta baja rotación también estaría explicada por la desaceleración del sector minero no habiéndose abierto proyectos nuevos que podrían permitir un mayor dinamismo del sector.

Las horas de capacitación sobre el DS 055-2010 es un requisito legal, por ende obligatorio su cumplimiento, las horas hombre (H H) de capacitación durante el año deben ser en un total de 60, durante el año 2016 el promedio fue de 62 horas hombre de capacitación, pese a que los meses de noviembre y diciembre no se realizó ninguna capacitación por conflictos sociales, ya que se presentó la huelga indefinida de la comunidad

de Pallancata, que afecto también las operaciones en la Unidad Operativa Selene como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 29

Rotación Voluntaria de Empleados

Rotación voluntaria empleados			
Mes	Nro. renuncias del personal empleado	Dotación del personal empleado	Tasa de rotación
Enero	0.00	134.00	0.00%
Febrero	1.00	132.00	0.80%
Marzo	2.00	135.00	1.50%
Abril	0.00	133.00	0.00%
Mayo	1.00	136.00	0.70%
Junio	0.00	144.00	0.00%
Julio	0.00	149.00	0.00%
Agosto	0.00	145.00	0.00%
Setiembre	0.00	148.00	0.00%
Octubre	1.00	147.00	0.70%
Noviembre	1.00	143.00	0.70%
Diciembre	0.00	146.00	0.00%
Total anual	6.00	141.00	

Nota. Tomado del «Memoria anual» (p. 37), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 30 *Horas de Capacitación en Seguridad (DS 055-2010)**Horas de Capacitación en Seguridad (DS 055-2010)*

Horas capacitación – seguridad			
Mes	H-H capacitación en seguridad	Nro. de trabajadores	Tasa de capacitación
Enero	4785.00	676.00	7.08
Febrero	4326.00	696.00	6.22
Marzo	3451.00	697.00	4.95
Abril	5714.00	691.00	8.27
Mayo	5406.00	694.00	7.79
Junio	5095.00	697.00	7.31
Julio	3601.00	703.00	5.12
Agosto	2291.00	696.00	3.29
Setiembre	4824.00	698.00	6.91
Octubre	3235.00	700.00	4.62
Noviembre	0.00	568.00	0.00
Diciembre	0.00	699.00	0.00
Total anual	42728.00	684.58	

Nota. Tomado del «Memoria anual» (p. 38), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

El clima laboral es un indicador que mide la percepción en cuanto a la satisfacción del personal a las condiciones de trabajo, la remuneración, evaluación de las jefaturas, los alimentos servidos por los concesionarios, el alojamiento en los campamentos, el transporte

de personal para hacer uso de los días libres. En el año 2016 el indicador corporativo estaba en 57.4 % de satisfacción y en la Unidades Operativas Selene el indicador estaba en 60.9 % como se muestra en la publicación del área de recursos humanos en la Figura 26.



Figura 26. Publicación resultados clima laboral Tomado de «Memoria anual» (p. 40), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

7.3 Propuestas de Mejora

Al realizar el análisis del puesto de trabajo y los indicadores estratégicos, se ha identificado que no se tiene una propuesta de mejora, ya que la descripción de puesto del trabajo se encuentra alienada a las exigencias y requerimientos del proceso productivo para la obtención del concentrado de mineral de oro y plata, se necesita de cierto grado de especialización y conocimientos que debe poseer los colaboradores para desempeñarse de forma eficiente en su puesto de trabajo, actualmente se tiene una tasa de 57.4% en satisfacción laboral y un 60.9 % en el indicador de clima laboral. Así mismo como se puede ver en Tabla 31, se tiene una variación entre el requerimiento de personal estimado y el real de -7.32% para categoría empleados y -11.03% para la categoría obrero, siendo en personal tres personas para empleado y treinta para obrero, esto representa un ahorro en las remuneraciones en \$ 33,789, siendo en la categoría de obrero, donde se da el mayor impacto

de reducción de aproximadamente 10.81%, como se muestra en la Tabla 32, con estos datos se identifica que la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, está realizando un seguimiento adecuado de los recursos humanos mediante sus políticas y planes de acción.

Tabla 31

Balance de personal de la Planta

Meses	Balance del personal de la Planta					
	Empleado		Obrero		Balance	
	Estimado	Real	Estimado	Real	Empleado	Obrero
Enero	7.00	7.00	46.00	46.00	0.00	0.00
Febrero	7.00	7.00	46.00	46.00	0.00	0.00
Marzo	9.00	7.00	60.00	46.00	2.00	14.00
Abril	9.00	8.00	60.00	46.00	1.00	14.00
Mayo	9.00	9.00	60.00	58.00	0.00	2.00
Total personal	41.00	38.00	272.00	242.00	3.00	30.00
Variación (%)	-7.32%		-11.03%			

Nota. Tomado del «Memoria anual» (p. 39), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 32.

Balance de remuneración del personal de la Planta

Meses	Balance de remuneración Planta					
	Empleado		Obrero		Balance	
	Estimado	Real	Estimado	Real	Empleado	Obrero
Enero	25,592.71	25,592.71	52,086.89	52,086.89	0.00	0.00
Febrero	25,592.71	25,592.71	52,086.89	52,086.89	0.00	0.00
Marzo	29,382.04	28,511.01	67,413.29	51,324.42	871.03	16,088.87
Abril	29,880.38	30,093.13	77,207.42	64,038.21	-212.75	13,169.21
Mayo	29,711.38	31,517.79	74,431.77	68,753.18	-1,806.41	5,678.59
Total	140,159.22	141,307.35	323,226.26	288,289.59	-1,148.13	34,936.67
Ahorro (\$)	-1,148		34,937		33,789	
Variación (%)	0.82%		-10.81%			

Nota. Tomado del «Memoria anual» (p. 39), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

7.4 Conclusiones

Las siguientes son las principales conclusiones luego del análisis realizado a la distribución del personal y los principales indicadores de recursos humanos:

- La descripción de puestos está definida en 12 puntos que permiten evaluar las competencias de las personas que postulan a estos puestos y así, poder seleccionar al personal idóneo para cada puesto, de acuerdo a los requerimientos estratégicos de la organización.

- La distribución del personal de operaciones en tres guardias con un total de 23 personas entre personal empleado y obrero, esta distribución va a permitir cumplir la programación realizada para el año 2017.
- La modificación de los horarios de planta, ha permitido la integración del personal de planta en actividades extra laborales que son organizadas por el área de recursos humanos. También se ha logrado cumplir con los requerimientos de capacitación en seguridad de la normativa del Ministerio de Energía y Minas, dictada por el DL 055, teniendo un total de 42,728 horas-hombre de capacitación durante el año 2016.
- Un buen indicativo de las condiciones labores es la baja tasa de rotación del personal de aproximadamente 4.3%, pero se este valor es contrastado con la baja participación de personal de comunidades cercanas a la operación de la planta Selene, representada solo el 27.6 %, indica que aún existe una brecha en la capacitación técnica al personal para su inclusión en las operaciones de la planta.
- Actualmente la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, posee un plan de acción para manejar de forma eficiente los recursos humanos (potencial humano), en especial en el área de planta, ya que se evidencia un ahorro en las remuneraciones en \$ 33,789, siendo en la categoría de obrero, donde se da el mayor impacto de reducción de aproximadamente 10.81%, con respecto a la estimación de requerimiento de personal y las remuneraciones que acarrea cada puesto de trabajo.

Capítulo VIII. Planeamiento Agregado

El planeamiento agregado de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se da principalmente en el proceso de extracción del mineral de la mina Pallancata, el cual es transportado y procesado en la planta concentradora Selene, obteniéndose como producto final el concentrado de mineral. Este producto es un metal precioso semielaborado clasificado como un producto *commoditie*, es decir que su precio lo fija la demanda del mercado mundial, muchas empresas mayoristas comercializadoras de metales, compran con dos a tres meses de anticipación, es decir hay producción que ya está vendida, pero que aún no ha sido explotada de la mina, siendo un factor que genera un escenario que ejerce presión para cumplir con los planes de producción.

8.1. Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado

Centrándonos en el caso específico de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, debemos considerar que la mina inició sus operaciones con la mina Selene, la cual luego de agotar sus reservas de mineral, realizó el proceso de cierre. Durante los últimos años de operación de la mina Selene, el departamento de exploraciones realizó sondeos de prospección minera en las áreas circundantes a la mina Selene, encontrando el yacimiento de Pallancata, a 22 kilómetros de la mina y planta concentradora Selene. Durante los primeros años de operación de la mina Pallancata, el tonelaje producido fue menor a la capacidad de procesamiento instalada en la planta concentradora Selene. Esto generó que la planta de chancado opere solo dos de sus tres turnos, es decir dieciséis horas al día; y la sección de molienda y flotación opera con dos de sus tres líneas de producción. Para el año 2017, la mina Pallancata ha llegado a un frente de mineral con vetas más anchas, las cuales permitirán incrementar el tonelaje producido y retomar los niveles de producción de diseño de la planta concentradora Selene.

Todo el planeamiento agregado de producción de mineral desde la mina Pallancata, está enfocado en el tonelaje total a producir; una vez que se tiene el plan de producción anual, las demás áreas planifican sus respectivos planeamientos agregados en función a este tonelaje. Por ejemplo, logística debe definir inicialmente la cantidad de equipos de perforación y cantidad de explosivos que serán consumidos, en función al tonelaje de mineral que será removido. La definición de cantidad equipos de acarreo y de carguío en el interior de mina, también son calculados en función al tonelaje a producir. En este punto, generalmente se utilizan ratios históricos de consumo, son los que guían la definición logística. Como por ejemplo kilos de explosivo por tonelada de mineral extraído de mina; o también la definición del número de volquetes que serán necesarios para el transporte, considerando la capacidad teórica de los volquetes adquiridos, siempre ha multiplicado por un factor de utilización el cual no nos da la disponibilidad mecánica de los equipos, y otro factor de carguío, el cual expresa porcentualmente que tan cargados van los volquetes.

Finanzas hace sus planes y sus estimaciones de gastos en función al plan de producción que reportan tanto la mina como la planta concentradora; las provisiones financieras para la compra de insumos como combustibles, explosivos, reactivos de flotación, bolas de acero, y hasta costo de mano de obra; están siempre relacionados a ratios e indicadores históricos en función al tonelaje producido anteriormente. En el caso una empresa minera es el departamento comercial el encargado de ofrecer la producción futura y poner en el mercado la oferta de su futura producción de concentrados. Es muy importante que operaciones y el departamento comercial estén adecuadamente comunicados y sincronizados, para manejar cualquier distorsión al plan de producción, y a que al tratarse de ventas adelantadas los clientes son muy exigentes cuando estos planes no se cumplen. Recursos humanos debe considerar el planeamiento agregado de la producción espera de todo el año para definir la cantidad de mano de obra que será requerida, analizar sí se requiere

contratación de nuevo personal, o como ocurrió este año, la contratación de mano de obra para poder activar el tercer turno de chancado.

Logística junto con finanzas es uno de los actores más importantes del planeamiento agregado, ya que, en función a los planes de producción reportados por operaciones, generan sus propios planes anuales de consumo de insumos, reactivos, repuestos, entre otros; luego de calcular sus requerimientos de materiales, debe considerar sus capacidades de almacenamiento y el proceso logístico que implica la compra de estos materiales.

La gerencia general es la encargada de recibir todos estos planes y aprobar el planeamiento agregado que generen las gerencias de operaciones mina y operaciones planta respectivamente. El seguimiento al cumplimiento de este planeamiento agregado es clave para el éxito y el cumplimiento de objetivos anuales.

8.2. Análisis del Planeamiento Agregado

De acuerdo lo indicado anteriormente, en minería la oferta y la demanda son los factores que equilibran el precio internacional del metal. Para el caso de concentrados hay algunas variantes que afectan el precio de venta, como por ejemplo el nivel de contaminantes, los cuales pueden ser por ejemplo arsénico o antimonio principalmente. Si el concentrado vendido contiene estos elementos en un porcentaje mayor al permitido, se castigará el precio de venta como un menor precio al que tiene el mercado en ese momento. Este factor debe ser considerado inclusive desde los estudios de pre factibilidad en los cuales se tomó muestras del mineral que saldrá en los siguientes años de mina, y se le realizan pruebas metalúrgicas para determinar cuál será el diseño del proceso necesario para extraer el metal valioso, y retirar los contaminantes. Algunas veces las pruebas metalúrgicas indican que cierto yacimiento de mineral es inviable o antieconómico al precio actual de mercado; ya que el incremento de costos de procesamiento para el retiro de altas impurezas, pueden hacer inviable el proyecto.

8.2.1. Variables Modificadoras de la Demanda

De acuerdo con lo que nos indica D'Alessio (2012), los factores que pueden influir en la demanda son el precio diferencial, la publicidad o promociones, que en el caso de minería no aplica esta definición. El precio diferencial en el caso de un concentrado de plata y oro, son principalmente el contenido de impurezas; esto debido a que el proceso posterior de refinamiento, el cual se realiza en una fundición, requerirá un consumo mayor de escorificantes; generando un costo mayor de procesamiento. Como el producto de la planta es vendido comercializadores mayoristas a nivel global, no es necesario una política de publicidad o promociones; es el propio mercado el que marca las variaciones en los precios de compra y venta. Normalmente los planes de producción y el correspondiente planeamiento agregado, considera que la planta opera permanentemente a máxima capacidad; sólo teniendo paradas programadas por mantenimientos mayores. Es debido a esto que normalmente no se tiene opción de hacer *backlog* o una producción reservada. Los espacios de almacenamiento son limitados en la unidad minera y de ser rápidamente trasladados para su entrega a los compradores. En el caso de concentrados de plata y oro, no hay un desarrollo de productos complementarios; en este caso no hay estacionalidad, salvo en la época de verano, donde debido a la época de lluvias en la zona, la producción puede verse afectada por la disponibilidad de energía eléctrica o a las condiciones atmosféricas extremas, como tormentas eléctricas o presencia de intensa neblina, lo cual dificulta las operaciones. Estos factores deben ser considerados en el planeamiento agregado junto con los tiempos estimados de paradas por mantenimiento.

8.2.2. Variables Modificadoras de la Oferta

De acuerdo con lo que nos indica D'Alessio (2012), los factores que pueden influir en la oferta dependen mucho del tipo de organización; y al tener cara una de las estrategias algunas debilidades o vías para el tipo de negocio, no siempre aplica la postergación de

demanda. En el caso de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, el año 2017, marca un retorno a los niveles normales de producción, con la planta de chancado operando tres turnos, y la planta de molienda con las tres líneas en operación. Para el caso particular de la Unidad operativa Selene, el límite lo establece la disponibilidad de los equipos, es por eso que considerar el sobretiempo para incrementar producción, no es un camino viable.

El uso de inventario para nivelación tampoco es una opción viable en minería, ya que, al ser una producción vendida de manera adelantada, los compradores requieren envío inmediato de la producción obtenida. Al estar el planeamiento agregado de la producción programada, compartida con los compradores, generalmente los contratos se hacen por compras anuales; sólo dejando el precio final de venta a la oferta y demanda del mercado. En el caso de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, al tratarse de un producto semielaborado considerado precioso, por el contenido metálico de plata y oro; siempre los compradores requieren que se les entregue inmediatamente la producción prometida. Sólo la oferta y demanda del mercado mundial son las que fijan los precios finales de venta.

Otros factores como la variación de la fuerza laboral no son factibles a corto plazo, pero como se dio entre los años 2014 y 2015, debido a la baja producción de la mina Pallancata, se tuvo que reducir el personal de una guardia de chancado. Esto fue adecuadamente programado, y ahora durante el 2017, se ha contemplado la contratación de personal para arrancar el tercer turno de chancado. Los tiempos de parada de planta vienen principalmente establecidos por los requerimientos de mantenimiento de equipos principales; es decir líneas que no tienen un equipo en *Standby* (a condición de espera), como por ejemplo subestaciones eléctricas o equipos mayores, requieren que se haga paradas de mantenimiento anuales. Aquí entran a tallar por ejemplo las estrategias de un mantenimiento y planificación adecuada de dichas paradas de planta, para minimizar los tiempos

programados y maximizar la producción mediante el uso de tiempo adicional operativo para la planta.

Los subcontratos o arreglos de cooperación para cubrir producción, no son factibles, debido a que no hay empresas mineras con producción no vendida o comprometida por adelante. Para el caso de minería en el que normalmente se opera 24 horas al día, una clave para el logro de cumplimientos y planes de producción programados, sería utilizar la capacidad instalada total. Ésta viene marcada por la interrelación de una serie de equipos en las plantas de chancado, molienda y flotación; donde normalmente los equipos operan a máxima capacidad. Algunos equipos en el proceso se convierten en los cuellos de botella, estos son adecuadamente evaluados y analizados, con el fin de hacer mejoras al proceso o los equipos y poder incrementar esta capacidad instalada total. Nuevamente el mantenimiento preventivo y correctivo es clave en este punto o para poder optimizar los niveles de producción y no tener paradas innecesarias que finalmente generarán pérdidas de producción y por ende de utilidades. Para los casos de mantenimiento programado, si es factible el uso de mano de obra eventual o especializada para las fechas de parada de planta. De esta manera será posible cumplir con los tiempos estimados de optimizar finalmente la capacidad instalada total de la planta. Finalmente, y no menos importante dentro de este grupo, estaría el corte de abastecimiento de insumos críticos para la operación; un adecuado equilibrio entre los consumos, planeamiento agregado, y disponibilidad de estos insumos clave para la operación, es necesario que sean adecuadamente controlados por el departamento de logística. La época de lluvia es especialmente vulnerable, debido a que, en algunos casos por cortes de carreteras de acceso a la mina, se ha detenido el abastecimiento de insumos críticos para el proceso; debiendo en casos extremos de tener las operaciones con la consiguiente pérdida de producción.

8.2.3. Estrategia Empresarial para el Planeamiento Agregado

Luego de realizar el análisis que aplica en la realidad de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, se plantea que la estrategia adecuada para planificar su planeamiento agregado, es una estrategia moderada, esto debido a que son los planes de producción de mina y por ende los de planta, los que permiten planificar las necesidades de mano de obra, reactivos, insumos y otros materiales. La demanda no sufre variación debido a que toda la producción de concentrados es vendida por adelantado, y los compradores requieren entrega inmediata del producto obtenido en la planta. Esto hace que la fuerza laboral necesaria para el proceso de producción sea constante y no tenga variaciones de corto plazo; sea en algunos casos a largo plazo como la reducción de producción que se tuvo en la planta entre los años 2014 y 2015, lo cual significó una reducción de mano de obra en el área operaciones de chancado.

En el caso específico de mantenimiento, si se puede utilizar una estrategia conservadora, debido a que normalmente el requerimiento de mano de obra para mantenimientos preventivos, es menor y constante; lo cual puede ser adecuadamente programado. Para los mantenimientos correctivos o paradas programadas de planta, es necesario que se programe adecuadamente el soporte adicional de empresas especializadas en mantenimiento o la contratación de personal adicional específicamente para estas fechas. Un punto de complica la facilidad de este planeamiento es la distancia que hay entre las operaciones mineras y los centros poblados donde se ubica esta mano de obra especializada; en el caso específico de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, muchas veces esta ayuda tiene que venir desde la ciudad de Arequipa, por lo que una ayuda inmediata en casos de emergencia no será viable de manera inmediata. Esto obliga a que la propia empresa haya desarrollado un equipo de gente especializada, con conocimientos básicos en diversas

especialidades del mantenimiento mecánico y eléctrico, para atender las emergencias más frecuentes y evitar impactar en la disponibilidad de planta.

8.3. Pronósticos y Modelación de la Demanda

El mercado de metales preciosos en este caso oro y plata, tiene una demanda más alta que la oferta ofrecida, este tipo de comportamiento en el mercado de metales, genera que la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, tenga mapeado sus procesos con la finalidad de aumentar la producción en la planta concentradora para lograr mayor cantidad de producto terminado para satisfacer los requerimientos de los actuales clientes que tenemos, Glencore, Nikko, Aurubis y Tek Cominco, a los tres primeros se les entrega el concentrado en el puerto de Matarani bajo dos modalidades de contrato según se requiera, Contrato SIP o Contrato FOP, esto se determina en base al día del mes que se realiza el carguío al barco realizando la negociación con estos tres clientes, a Tek Cominco se le entrega el concentrado en sus almacenes del puerto del Callao.

La demanda de estos clientes para el producto final de la planta concentradora está superando a la oferta producida, siendo el 50 % del producto final entregado a Tek Cominco, el 25 % de la producción a Nikko y el otro 25 % es entregado a Aurubis, uno de los limitantes para aumentar los niveles de tonelaje procesados por la planta concentradora, es la producción de mina (tonelaje extraído del yacimiento o beta del mineral), ya que actualmente se tiene una tasa de utilización de 70 % de la capacidad de planta, se estima que hasta el mes de Setiembre y los tres últimos meses de año 2017, se aumenta la tasa de utilización a un 100% , alcanzando una capacidad diaria de 2,400 toneladas tratadas. La producción es distribuida entre estos tres clientes de forma que se va entregando el concentrado de tal manera que se mantenga una buena relación con ellos.

8.4. Planeamiento de Recursos (Programa Maestro)

Los recursos necesarios para producir el concentrado final en la unidad operativa Selene están determinados en primer lugar por la materia prima que es el mineral proveniente de la mina Pallancata, este recurso está programado para todo el año y en base a este programa se realiza la programación de los otros recursos para obtener el producto final de la planta, en este caso el concentrado final. La Tabla 33 contiene el programa en base al tonelaje extraído y con la información que entrega Geología de las leyes de cabeza de las zonas de explotación y las recuperaciones que son calculadas por el área de investigaciones metalúrgicas que realiza pruebas de flotación a mineral de las diferentes zonas de explotación para determinar la recuperación, el ratio de concentración, para finalmente calcular las onzas finas a producir en plata y oro; y después calcular las onzas equivalentes de plata que se producirán.

Los recursos directos de planta son los reactivos que se usan para el proceso de flotación y las bolas de acero que se usan en el proceso de molienda que se han calculado en base a los consumos de los años anteriores y a las pruebas de flotación que se realizan al mineral de las zonas de explotación. Los reactivos que se usan en el proceso de flotación son el Xantato Z-6, que es un colector genérico para todo tipo de minerales sulfurados, el Aerofloat A-404, el Danafloat 771 son colectores específicos para minerales de plata y oro, y el MIBC (*Metil Isobutil Carbinol*) que es un espumante que sirve para formar y estabilizar las espumas indispensables para la recuperación de valores en la flotación, los tonelajes de febrero a mayo son datos de producción reales, los cuales se muestran en la Tabla 34 y en la Tabla 35, se muestra la variación del tonelaje tratado (programado – real), teniendo un valor promedio de 2.58%.

Tabla 33

Tratamiento Programado de Mineral 2017

Pallancata	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Toneladas extraídas	1,319.02	22,033.32	27,707.89	30,124.90	35,500.50	48,644.52	48,659.41	49,708.98	63,718.19	77,273.86	79,463.71	80,913.74
Au (gr/tn)	1.95	2.11	2.06	1.96	1.88	1.72	2.12	1.89	2.09	1.52	1.35	1.32
Ag (gr/tn)	563.50	465.80	462.82	444.03	448.56	426.89	536.68	478.70	595.80	418.64	359.85	344.91
TPD tratamiento	0.00	1,393.26	1,236.13	1,038.79	1,183.35	1,677.40	1,621.98	1,656.97	2,197.18	2,400.00	2,400.00	2,400.00
Toneladas tratadas	0.00	37,617.99	37,083.87	30,124.90	35,500.50	48,644.52	48,659.41	49,708.98	63,718.19	72,000.00	69,600.00	72,000.00
Au (gr/tn)	0.00	1.93	1.88	1.86	1.79	1.65	2.05	1.83	2.03	1.49	1.32	1.30
Ag (gr/tn)	0.00	455.92	451.06	437.35	443.01	422.75	532.56	474.87	592.65	414.72	355.80	341.93
Rec. Au%	0.00	88.22	83.87	83.03	83.27	83.76	84.43	84.38	84.89	84.74	84.68	84.48
Rec. Ag%	0.00	89.79	86.88	86.65	86.80	86.95	87.07	87.05	87.20	87.15	87.13	87.10
Ratio de concentrado	0.00	66.01	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Concentrado (tn)	0.00	569.86	529.77	430.36	507.15	694.92	695.13	710.13	910.26	1,028.57	994.29	1,028.57
Fino Au	0.00	2,060.25	1,879.17	1,493.40	1,702.95	2,161.97	2,706.17	2,470.65	3,537.15	2,918.28	2,503.73	2,542.25
Fino Ag	0.01	495,117.00	467,208.37	367,023.86	438,889.22	574,889.89	725,398.20	660,638.42	1,058,725.62	836,651.15	693,699.96	689,406.81
Oz eq. Ag atrib. (60%)	0.01	647,575.64	606,266.62	477,535.64	564,907.72	734,875.83	925,654.47	843,466.66	1,320,474.67	1,052,603.62	878,976.12	877,533.66

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 5), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

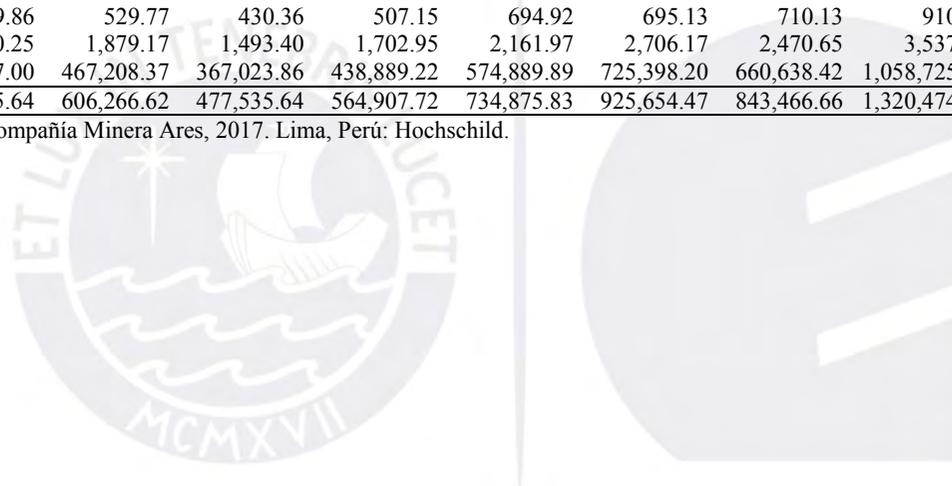


Tabla 34

Programa de Consumo de Bolas y Reactivos 2017

		Consumo de Bolas y Reactivos												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Tonelaje programado 2017		0.00	37,617.99	38,783.87	30,124.90	35,500.50	48,644.52	48,659.41	49,708.98	63,718.19	72,000.00	69,600.00	72,000.00	566,358.37
Consumo de Bolas	kg/tn	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Consumo total	kg	0.00	49,053.86	50,419.04	39,162.37	46,150.65	63,237.88	63,257.23	64,621.67	82,833.64	93,600.00	90,480.00	93,600.00	736,416.35
Bolas de acero de 2.5"	kg/tn	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Consumo	kg	0.00	4,821.12	5,041.90	3,916.24	4,615.07	6,323.79	6,325.72	6,462.17	8,283.36	9,360.00	9,048.00	9,360.00	73,557.37
Bolas de acero de 2"	kg/tn	0.36	0.47	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Consumo	kg	0.00	17,750.42	13,962.19	10,844.96	12,780.18	17,512.03	17,517.39	17,895.23	22,938.55	25,920.00	25,056.00	25,920.00	208,096.96
Bolas de acero de 1-1/2"	kg/tn	0.25	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Consumo	kg	0.00	5,754.80	9,695.97	7,531.23	8,875.13	12,161.13	12,164.85	12,427.24	15,929.55	18,000.00	17,400.00	18,000.00	137,939.89
Bolas de acero de 3.5"	kg/tn	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Consumo	kg	0.00	5,659.25	5,817.58	4,518.74	5,325.08	7,296.68	7,298.91	7,456.35	9,557.73	10,800.00	10,440.00	10,800.00	84,970.31
Bolas de acero de 3"	kg/tn	0.41	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Consumo	kg	0.00	15,068.64	15,901.39	12,351.21	14,555.21	19,944.25	19,950.36	20,380.68	26,124.46	29,520.00	28,536.00	29,520.00	231,852.19
Bolas de acero de 4"	kg/tn													
Consumo	kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consumo de reactivos														
Danafloat 771	kg/tn	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Consumo	kg	0.00	542.83	620.54	482.00	568.01	778.31	778.55	795.34	1,019.49	1,152.00	1,113.60	1,152.00	9,002.67
Methyl Isobutil Carbinol MIBC	kg/tn	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Consumo	kg	0.00	1,365.53	1,628.92	1,265.25	1,491.02	2,043.07	2,043.70	2,087.78	2,676.16	3,024.00	2,923.20	3,024.00	23,572.63
Xantato Z-6	kg/tn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Consumo	kg	0.00	1,827.48	1,939.19	1,506.25	1,775.03	2,432.23	2,432.97	2,485.45	3,185.91	3,600.00	3,480.00	3,600.00	28,264.50
Floculante AR3250	kg/tn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Consumo	kg	0.00	325.02	387.84	301.25	355.01	486.45	486.59	497.09	637.18	720.00	696.00	720.00	5,612.42
Aerofloat 404	kg/tn	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Consumo	kg	0.00	768.16	969.60	753.12	887.51	1,216.11	1,216.49	1,242.72	1,592.95	1,800.00	1,740.00	1,800.00	13,986.67
		0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 5), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 35

Programado – real tonelaje de mineral 2017

		Producción Programado - Real Año 2017					
Descripción	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Tonelaje programado	tonelada	0.00	37,617.99	37,083.87	30,124.90	35,500.50	48,644.52
Tonelaje Real	tonelada	0.00	37,617.99	34,043.98	34,036.87	37,804.55	49,440.30
Días Programados	días	30.00	27.00	30.00	29.00	30.00	29.00
Días Reales	días	0.00	18.78	15.85	15.79	17.08	22.00
Tratado día	tonelada/día	0.00	1,393.26	1,236.13	1,038.79	1,183.35	1,677.40
Tratado día Real	tonelada/día	0.00	2,003.09	2,147.32	2,155.60	2,212.95	2,247.29
Variación (%) programado-real			0.00%	-8.20%	12.99%	6.49%	1.64%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 5), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

El personal requerido para realizar los trabajos en planta son determinados por el número de procesos y sub procesos que se requiere controlar, en el caso de planta concentradora se tiene el personal distribuido para cumplir las necesidades de operación desde la balanza de pesaje de concentrado, operación de equipos pesados y los procesos unitarios de planta como son chancado, molienda, flotación, filtrado, relave, ensacado de concentrado, operación de planta de desaguado y también los puestos de control como supervisores de concentrado, Secretario, supervisores de primera línea, jefes de guardia, Jefe de Planta, Superintendente de Planta, contando con un número de 60 obreros y nueve empleados, haciendo un total de 69 trabajadores de planta concentradora involucrados directamente con el proceso productivo. Ya para el mes de mayo del 2017 se ha contratado la tercera guardia por lo cual ya se trabaja con tres guardias en un sistema atípico de 14 días de trabajo por siete días de descanso. La Tabla 36 contiene un resumen general del personal de planta concentradora.

El control de los inventarios de planta como son reactivos y bolas que salen del área de logística están ingresados a un almacén virtual en el sistema que permite realizar el control en forma diaria, donde una de las funciones del secretario de la planta es notificar o descargar el consumo realizado durante el día, todos los días, de este almacén virtual que está alojado en el sistema. Para obtener la producción de concentrado del mes de Junio 2017 se tenía programado utilizar reactivos por un valor de \$ 20,681, pero el valor real del consumo de reactivos para el mes de Junio 2017 fue de \$ 16,167, esto a raíz de un menor consumo de *MIBC (Metil Isobutil Carbinol)* que se usa en el proceso de flotación para crear y estabilizar las burbujas requeridas en este proceso, esto a causa de una variación en el *PH* (potencial de hidrogeno) de la pulpa de mineral que al aumentar adquiere un carácter básico fomentando la espumación del mineral.

Tabla 36

Resumen General de Personal Planta Concentradora

Personal planta concentradora Selene	
Puesto de trabajo	Cantidad personal
Supervisión	9.00
Controladores	2.00
Tolva de gruesos	3.00
Chancadora C-100 (primario)	3.00
Chancadora HP-300 (secundario)	3.00
Chancadora HP-200 (Terceario)	3.00
Operador de Fajas	3.00
Operador de planta de lavado	3.00
Molienda	3.00
Reactivos	3.00
Flotación	3.00
Filtrado espesado	3.00
Ensacado	3.00
Relave	3.00
Balanza	3.00
Operadores de planta de desaguado	6.00
Operador equipo pesado	6.00
Reemplazo vacacionista equipo pesado	1.00
Reemplazo vacacionista operación planta	6.00
Total personal planta	69.00

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 6), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Otros recursos programados para obtener el producto final son las provisiones de mantenimiento para realizar el mantenimiento de los equipos de planta, los repuestos específicos de los equipos, suministro de combustible para los equipos pesados que alimentan el mineral a la tolva de gruesos, así como el montacargas que apila y despacha los *big bag* de concentrado. Todos estos recursos han sido previamente programado en base al tonelaje a tratar, haciendo un seguimiento de los mismos por parte del área de control de gestión que permite tener mapeados todos estos recursos necesarios para que la planta concentradora pueda cumplir con la producción programada.

8.5. Propuesta de Mejoras

Realizado el análisis del planeamiento agregado de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, no sea identificado propuestas de mejora ya que se tiene un planeamiento agregado consistente, donde se tiene mapeados todos los recursos necesarios para obtener el producto final, en este caso el concentrado, la materia prima tiene una incertidumbre de suministro baja, ya que se tiene mapeada los recursos, también la incertidumbre de la demanda también es baja ya que esta supera a la oferta producida. En lo referente al recurso humano, los trabajadores están bajo un contrato indefinido (estables) que permiten tener una baja incertidumbre en cuanto al requerimiento de personal para operar los equipos y maquinarias de la planta concentradora.

8.6. Conclusiones

- El planeamiento agregado realizado por la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, está en base al tonelaje total a producir, partiendo de este valor las demás áreas de soporte (logística, finanzas, recursos humanos) realiza sus estimaciones para abastecerse de recursos para poder cumplir con la meta de producción.
- El planeamiento agregado realizado por la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, para la producción de los concentrados de plata y oro, no presenta estacionalidad, salvo casos extremos como condiciones atmosféricas extremas (eléctricas o presencia de intensa neblina), que afecten la disponibilidad de energía eléctrica.
- Un factor que afecta el planeamiento agregado, para aumentar los niveles de tonelaje procesados por la planta concentradora, es la producción de mina (tonelaje

extraído del yacimiento o beta del mineral), ya que actualmente se tiene una tasa de utilización del 70 % de la capacidad. se estima que hasta el mes de Setiembre y los tres últimos meses de año 2017, se aumenta la tasa de utilización a un 100%, alcanzando una capacidad diaria de 2,400 toneladas tratadas.

- El comportamiento del mercado de metales (factor precio) en este caso Oro y Plata, es una variable que influye sobre el planeamiento agregado de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, generando que se tenga mapeado todos sus procesos con la finalidad de aumentar la producción en la planta concentradora, el 50 % del producto final es entregado a Tek Cominco, el 25 % de la producción a Nikko y el otro 25 % es entregado a Aurubis.
- El principal insumo (el mineral) y los recursos requeridos para obtener el concentrado de mineral, poseen una baja tasa de incertidumbre, permitiendo cumplir con el planeamiento agregado, ya que se tiene una tasa de variación del cumplimiento de metas (programado – real), relativamente baja, con un valor promedio de 2.58%. Así mismo se cuenta con tres guardias operando la planta distribuidos en 60 obreros y nueve empleados, haciendo un total de 69 trabajadores de planta concentradora involucrados directamente con el proceso productivo.

Capítulo IX. Programación de Operaciones Productivas

Toda operación requiere de un adecuado planeamiento y programación para cumplir los objetivos trazados. El inicio de las operaciones marca la materialización de los planes trazados y los convierte en acciones efectivas para lograrlos. El planeamiento y programación de las operaciones requiere definir varios elementos, como los planes agregados de producción, la cantidad de personal, materiales, insumos, repuestos, capital y otros consumibles, se asignan a las diferentes áreas y actividades. Los recursos son asignados de manera cruzada a las actividades y finalmente estos se asignan a las diferentes etapas de los procesos productivos; el cronograma del requerimiento de estos recursos es una parte muy importante de la programación de las operaciones productivas. El eslabón final de esta cadena de programación de las operaciones productivas, son los elementos y herramientas necesarias para el control y monitoreo de las operaciones. Es aquí donde se ha encontrado muchas oportunidades, las cuales están plasmadas en las propuestas de mejora.

9.1. Optimización del Proceso Productivo

Todo proceso productivo es susceptible a ser mejorado, y un proceso minero no es la excepción. Luego del análisis realizado a las operaciones de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se encontró múltiples oportunidades de optimización y mejora a sus procesos. Bajo un enfoque y juicio Lean, se encontraron varias opciones y oportunidades de mejora. Entre las principales destacan las siguientes:

Optimización en el uso de explosivos y voladura – por medio de un análisis geológico adecuado que minimice la dilución de mineral de alta ley con material estéril, por exceso de remoción de escombros y voladura. La dilución del mineral de alta ley también afecta a la recuperación en la planta de procesamiento. Actualmente Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, tiene diversas herramientas que permiten monitorear la

calidad del mineral que es entregada por mina. El departamento de investigaciones metalúrgicas, realiza pruebas a nivel laboratorio con el mineral que será entregado por mina; las pruebas realizadas, marcan los lineamientos metalúrgicos que deberá seguir la planta de procesamiento Selene. Factores como grado de liberación de mineral versus la malla de molienda requerida, pH resultante de la prueba, dosificación de reactivos requerida de acuerdo con el contenido metálico y de impurezas del mineral. Finalmente, los porcentajes de recuperación esperada en el mineral y también las pérdidas por metal contenido en los relaves. El apéndice E, nos muestra a modo de ejemplo el último reporte emitido por el departamento de investigaciones metalúrgicas.

Optimización en el transporte de mineral – mediante la implementación de sistemas de geolocalización y registro automático de posición. Si bien es cierto actualmente este servicio viene siendo brindado por terceros, el tipo de contrato que se tiene, estas empresas especializadas, tiene un rubro relacionado al tonelaje transportado por distancia. Sin embargo, otro componente del contrato es la cantidad de flota disponible que tiene el contratista para transportar el mineral. Si esta flota no es adecuadamente utilizada, se genera sobrecostos en el transporte.

Optimización en la dosificación de reactivos de flotación – mediante el reemplazo de las actuales bombas dosificadoras de “copas”, las cuales tienen dos problemas funcionales. La dosificación es volumétrica en función a la velocidad de giro del plato de copas y la posición de un baffle que se ajusta manualmente. Otro problema es que cuando hay variaciones de tonelaje o de requerimiento de reactivo, hay demora en el ajuste de las bombas y el consiguiente desperdicio de reactivo. La propuesta es reemplazar las antiguas bombas de “copas” por bombas de desplazamiento positivo, las cuales se integrarán mediante una red de dispositivos inteligentes con el sistema de control

propuesto. Enclavamiento de procesos asociados al flujo de mineral y al estado de los equipos serán implementados para optimizar el uso de reactivos. Solo el ahorro en el desperdicio de reactivos justifica el proyecto. La posibilidad de mejorar la selectividad de los reactivos y la recuperación de mineral, junto con el acceso a data en tiempo real para el personal de metalurgia, complementa los objetivos que se desean trazar.

La Figura 27, muestra el principio de funcionamiento de un dosificador de copas antiguo; una rueda giratoria accionada por un mecanismo motorizado, hace girar el plato que contiene las copas. Estas elevan el fluido al dosificar, dejándolo caer en un canal móvil, el cual, al cambiar su ángulo de inclinación, permite cambiar la dosificación en función a la cantidad de reactivo que puede levantar la copa. El gran problema de este sistema es que depende de muchos mecanismos lo cual complica su mantenimiento y también genera problemas de precisión de dosificación de los reactivos. Otro problema que tienen estas bombas es que el reactivo está expuesto al medio ambiente, algunos reactivos son muy sensibles a la oxidación o contaminación ambiental; en otros casos son reactivos peligrosos para los operadores y se debe evitar la exposición innecesaria de los operadores.

En contraparte, la Figura 28, nos muestra una moderna bomba de dosificación de reactivos del tipo de desplazamiento positivo. Las ventajas de este tipo de bomba es que cuenta con un microprocesador que controla la velocidad de activación del pistón y también la carrera del mismo; variando con esto el volumen que se genera en cada pulso. El volumen que dosifica la bomba en cada pulso es constante y puede ser utilizado como medio de cálculo de dosificación. Este tipo de bomba al estar completamente encapsulada, protege al reactivo del medio ambiente y también a los operadores del contacto con el reactivo. Diversos materiales son utilizados en la manufactura de estas bombas, lo que garantiza su completa inocuidad con respecto al reactivo que se está dosificando, desde

acero inoxidable, hasta teflón, dependiendo de la corrosividad del reactivo y la presión que debe vencer la bomba. Al ser una bomba de alta presión, puede inclusive dosificar los reactivos en una línea con presión desde una bomba, por ejemplo; esta característica facilita la instalación y versatilidad de estas bombas. Amortiguadores de presión evitan que los pulsos de funcionamiento de las bombas, generen oscilaciones en el flujo de dosificación. Estas bombas se pueden unir a una red de control propietaria o genérica como *Profibus* o similares, las cuales permiten monitorearlas, controlar sus *SetPoint* o recibir alarmas de mal funcionamiento desde un sistema de control centralizado. Una pantalla de indicación del local muestra el flujo al cual están trabajando las bombas, facilitando esta manera las labores del departamento de metalurgia y de los operadores de planta.



Figura 27. Dosificador de "Cupas"
Tomado del Archivo Fotográfico de Clarkson Reagent Company (USA)



Figura 28. Bomba Dosificadora de Pistón
Tomado de Catalogo de Bombas Prominent, Serie Gamma X

9.2. Programación

Para realizar la programación de las operaciones de Compañía Minera Ares, Unidad Minera Selene, contempla los siguientes puntos como mínimo:

- Asignación de los pedidos, elementos o máquinas para la producción y el personal asignado a cada puesto de trabajo. En el caso de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, esta asignación ya viene dada por el diseño original de la planta, el cual especifica los equipos por cada área de producción, los sistemas auxiliares y los puestos de trabajo requeridos por cada área de procesamiento.
- Determinación de la secuencia correcta para el procesamiento y prioridades de las tareas a ejecutar. Esta secuencia viene dada por el diseño del propio proceso metalúrgico. Dentro del propio proceso, hay una secuencia de procesos principales y auxiliares. La secuencia principal del proceso es la reducción del tamaño del mineral, separación por flotación y filtrado del producto final de la planta, en forma de concentrados de Plata.

- La realización propia del trabajo se organiza con los planes de producción, los cuales tienen como origen, los planes de extracción de mineral desde la mina. También consideran los planes de disponibilidad mecánica de la planta, y las horas programadas de parada anual o semestral por mantenimiento programado. Normalmente se considera un tiempo de paradas de planta no programadas al año, las cuales se estiman en función a registros históricos o recomendación de expertos.
- La verificación del estado de producción es realizada por los departamentos de Geología, Investigaciones Metalúrgicas y Control de la Producción. Este control se inicia con el muestreo de mineral a ser extraído en mina, luego el muestreo de mineral que ingresa a mina y finalmente el concentrado obtenido al final del proceso. Muestras representativas del mineral que será procesado en el siguiente mes, son colectada es por el departamento de investigaciones metalúrgicas y llevadas a laboratorio para realizar las pruebas correspondientes de concentración y procesamiento. El departamento de investigaciones metalúrgicas emite un reporte a operaciones indicando los resultados obtenidos y los lineamientos que deberá seguir la planta, como recuperación de mineral, dosificación de reactivos, y las recuperaciones que se espera obtener en cada línea de proceso como parte de este control de producción hay muestreos tanto de mineral proveniente de mina, como de los concentrados producidos y los subproductos en las etapas intermedias de producción. Es importante mencionar que este trabajo es crítico para todo el proceso, ya que el mineral que proviene de mina normalmente no tiene condiciones uniformes; la ley, granulometría, o contenido de humedad también constantemente; y requieren un tratamiento o acondicionamiento especial en planta para poder llegar a los niveles de recuperación esperada.

- El manejo de situaciones especiales, como paradas de planta no programadas, problemas operativos en mina, o variaciones significativas en las condiciones de operación o el mineral que proviene de mina; pueden afectar a los planes previamente trazados. El proceso metalúrgico de producción de concentrados de plata y oro normalmente no tiene muchas variaciones; pero si puede haber factores que alteren el desarrollo normal de las operaciones tanto en disponibilidad de planta, como en condiciones metalúrgicas del mineral procesado. Todo esto puede afectar la disponibilidad de concentrados para venta, generando los reclamos de los compradores.

9.3. Gestión de la Información

La Compañía Minera Ares Unidad Operativa Selene, cuenta con sistemas de reportes manuales y gestión de la información, para registrar los principales datos de producción. Al tener políticas que dependen de la casa matriz, la información es manejada tanto local como corporativamente. Los reportes que se generan en la unidad minera son reportados a las oficinas centrales en Lima. La información proviene de múltiples fuentes, como Geología y Mina, Operaciones Planta, genera la mayor cantidad información con el procesamiento de los minerales recibidos de la mina Pallancata.

Otros reportes y registros son generados por Finanzas y Logística. La mayoría de las fuentes de la información que se genera, son ingresos de datos manuales; sea por medio de hojas de cálculo Excel, o por medio de otras planillas manuales, la información es generada recogiendo data del proceso en forma manual. Éste es uno de los procesos en el que se ha encontrado varias opciones de mejora.

El SAP como sistema de gestión para la compañía, también genera datos de consumos, stocks y registros financieros; estado de cuentas, presupuestos asignados, base

de datos de proveedores, registros de personal, entre otros datos, son almacenados en los servidores del mencionado software. Para otras aplicaciones o la protección de las hojas de cálculo utilizadas para el ingreso manual de datos, son protegidas respaldando una copia de seguridad en los servidores corporativos.

Toda información que se genera en la unidad minera debe ser previamente revisada y validada antes de ser enviada a las oficinas centrales de Lima. Este es un punto importante para la protección de la información, sin embargo, genera en algunos casos una excesiva demora entre la generación de la data, la aprobación de la misma, y su correspondiente envío o transcripción a reportes consolidados. El manejo de información clave en el momento adecuado, se ha convertido en un factor muy importante en la competitividad de las empresas. El tomar decisiones basadas en información y datos, puede marcar la diferencia entre una empresa exitosa o salir del mercado.

9.4. Propuestas de Mejora

Se ha identificado varios procesos que pueden ser mejorados en la programación de operaciones, gestión de información y generación de reportes.

9.4.1. Aplicación de Programación Lineal a la Planta Concentradora

Como concepto la programación lineal nos permite definir la asignación de recursos limitados a una serie de necesidades de manera óptima, esta útil herramienta de planificación de actividades, nos ayuda a optimizar nuestro uso de recursos; e indirectamente ayuda a tener un buen planeamiento agregado de las operaciones. Es en función a los supuestos básicos que la programación lineal debe reunir ciertos requisitos, como la disponibilidad de recursos limitados, un objetivo específico en este caso magnificar la producción con una mezcla adecuada de mineral de alta y baja ley; una condición lineal, asociada por ejemplo a la capacidad instalada de planta teórica y la

capacidad real obtenida. Finalmente, la homogeneidad de los productos, que en este caso si aplica al ser el concentrado de plata y cobre un producto único; de la misma manera el concentrado producido se puede dividir de manera fraccionaria.

Dentro del ejercicio realizado para la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se está analizando la data obtenida para aplicar un modelo de programación lineal a la planificación de la mezcla óptima de mineral. La mina Pallancata nos entrega tres tipos de productos, mineral de alta ley, mineral de baja ley y desmonte. Una adecuada mezcla de mineral de alta ley y baja ley será la que permita lograr una alimentación uniforme a la planta de procesamiento; de tal manera que los rangos de variación en la ley de entrada a la planta sean los mínimos posibles; esto redundará en la uniformidad de la operación y una cantidad menor de intervenciones en la dosificación de reactivos y modificación de controles en la planta de flotación.

Actualmente este proceso se realiza de manera intuitiva por los jefes de guardia, quienes toman las decisiones de mezcla en función al resultado obtenido en las celdas en flotación. Esto representa una demora entre la toma de datos y la decisión que se toma de aproximadamente 6 a 8 horas, que es el tiempo de residencia entre la planta de chancado, almacenamiento en los stocks de material fino, molienda y flotación. Hay una serie de restricciones naturales a este modelamiento que es la demora entre la toma de muestras, los análisis de laboratorio y el retraso natural del tiempo de residencia del mineral entre las etapas de chancado y molienda. Esto facilitaría este proceso logrando el objetivo de alimentar mineral con una ley uniforme a la planta y así evitar variaciones en los procesos de molienda y flotación.

Existen varias aplicaciones con modelos matemáticos ya desarrollados para la optimización de mezcla de minerales como el *software Optiblend*, el cual utiliza el modelo

matemático *Simplex* sobre una plataforma Excel y utiliza el *Software LP_Solve*, para resolver estos modelos de programación lineal. Dicho modelo considera las leyes de mineral, los volúmenes de las pilas de mineral de alta y baja ley, las restricciones programadas de calidad y cantidad de impurezas y finalmente la capacidad instalada de planta. La aplicación de este modelamiento matemático puede optimizar significativamente la mezcla de mineral de alta y baja ley que actualmente se hace a criterio del jefe de turno y con resultados de laboratorio que muchas veces tienen demoras de hasta seis horas.

La aplicación de software de programación lineal y su implementación en planta no genera un costo mayor a los \$ 10,000 en su implementación y un costo de mantenimiento anual de \$ 1,000. Los beneficios económicos que genera la estabilización del proceso de flotación superan largamente esta inversión; si tan sólo se considera un 0.50% de incremento de recuperación con la aplicación de este software, paga largamente la inversión realizada.

La Figura 29, muestra de manera resumida, como interactúa el Software propuesto *Optiblend* con el Excel para poder realizar los cálculos y mostrar finalmente la recomendación de mezcla de mineral. Cabe mencionar que, para cada caso de aplicación particular, deben ser consideradas las condiciones reales de la operación. Este levantamiento de información quedó pendiente durante la elaboración de este DOE, sin embargo, hay múltiples aplicaciones similares que garantizan que esta solución si es viable.

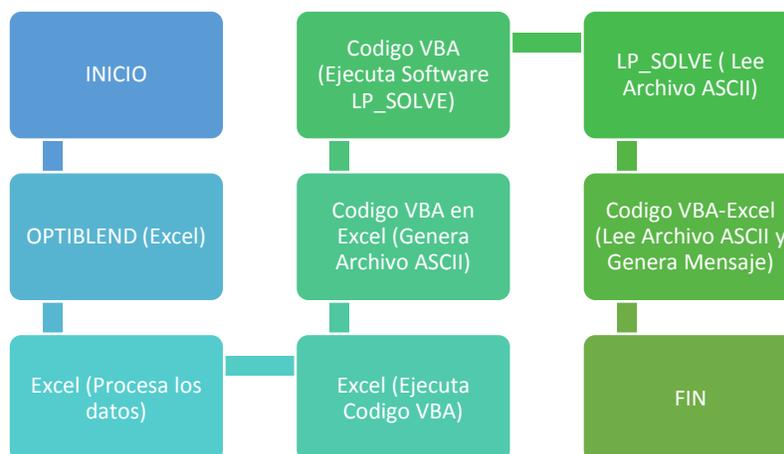


Figura 29. Esquema de funcionamiento Software Optiblend
Adaptado de I Jornada de Minería y Ciencias Afines (2005) – Bogotá – Colombia

9.4.2. Mejoras en la Instrumentación de Planta

Desde el diseño original de la planta concentradora Selene, no se contempló la implementación de instrumentación avanzada o integrada a un sistema de control único. Los primeros controles que se habilitaron a lo largo de los años de la operación de la planta, fueron sensores de nivel y válvulas de control para el control de nivel de las celdas de flotación. Los controladores inicialmente implementados tienen una configuración *Stand Alone*, lo que implica que trabajan de manera independiente con *Set Points* individuales. Este tipo de control, si bien es cierto es funcional, no necesariamente es el más óptimo para el tipo de proceso, debido a que cómo trabajan de manera independiente, la única persona que puede controlar o monitorear cual es el estado de los lazos de control de nivel es el operador de campo. Este operador no necesariamente tiene el tiempo y el conocimiento para monitorear varios lazos de control de manera simultánea. Cuando se presentan problemas operativos como movimientos en los flujos de ingreso o salida de la planta de flotación, el operador no tiene tiempo de modificar los parámetros de operación de los lazos de control; esto muchas veces genera oscilaciones en los controles de nivel y pérdidas de

mineral recuperado. Ya sea por incremento del contenido metálico en los relaves o por la imposibilidad de capturar mayor contenido metálico debido a las variaciones en la ley de cabeza de planta.

Se realizó un análisis de los planos y diagramas *P&ID* (por sus siglas en inglés *Piping & Instrument Diagram*), originales y de la expansión de la planta concentradora Selene, encontrando que, en muchos casos la ingeniería desarrollada para esta expansión, contempló y dejó para una instalación a futuro la implementación de un sistema de control centralizado. La Figura 30 nos muestra dos casos que ejemplifican lo sustentado. En el primer caso podemos ver el molino secundario, un equipo muy complejo y costoso, que viene de fábrica equipado con diversos instrumentos para monitorear la temperatura y la presión de aceite de los descansos del molino. En la Figura 31, podemos apreciar que se ha contemplado la instalación de un lazo de control entre un sensor de nivel y un variador de frecuencia para mantener constante el nivel del cajón de colección de pulpa. De la misma manera que el caso anterior, al utilizar controladores *Stand Alone*, no tenemos referencia del adecuado funcionamiento de estos sistemas. Lo que requiere una constante supervisión del operador de planta, distraendo con esto sus actividades de otras más importantes requeridas para el cuidado del proceso. Normalmente este tipo de controles no son vigilados hasta que generan algún problema de control o al mismo proceso como un rebose de cajones y pérdida de producción. La propuesta de mejora incluye la instalación de una red industrial de control, uno o más *PLC's* o *DCS's* (por sus siglas en inglés, controladores lógicos programables o sistema de control distribuido), los cuales cuentan con múltiples características, plataformas, protocolos de comunicación y posibilidades de redundancia dependiendo de la criticidad del proceso. La instrumentación y actuales controladores de

lazo que trabajan en modo *Stand Alone*, se integrarán a este sistema y a su vez este a una sala central de control.

Para la implementación de este proyecto se contempla la implementación de la red de comunicaciones, el cableado entre los instrumentos y los gabinetes de control, la implementación de una sala de control, junto con el software y hardware especializado para la implementación de este sistema de control. De acuerdo con la instrumentación existente en campo del nivel de complejidad de los equipos, junto con las marcas preferentes en los equipos ya instalados. La propuesta contempla el uso de *PLC's Allen Bradley* y un sistema de supervisión *InTouch de Wonderware*. La ventaja de ambos sistemas propuestos es que pueden ser escalados continuamente de acuerdo con el requerimiento de la operación. Pueden iniciar con un pequeño sistema basado en una topología cliente servidor, y escalar a un complejo sistema de control que inclusive pueda enlazarse en tiempo real a las oficinas corporativas de la compañía. La tecnología llamada *IIoT*, (por sus siglas en *inglés Industrial Internet of Things*), permite la interconectividad entre múltiples equipos a través del internet. Este es una tecnología ya madura que se plantea implementar para esta mejora.

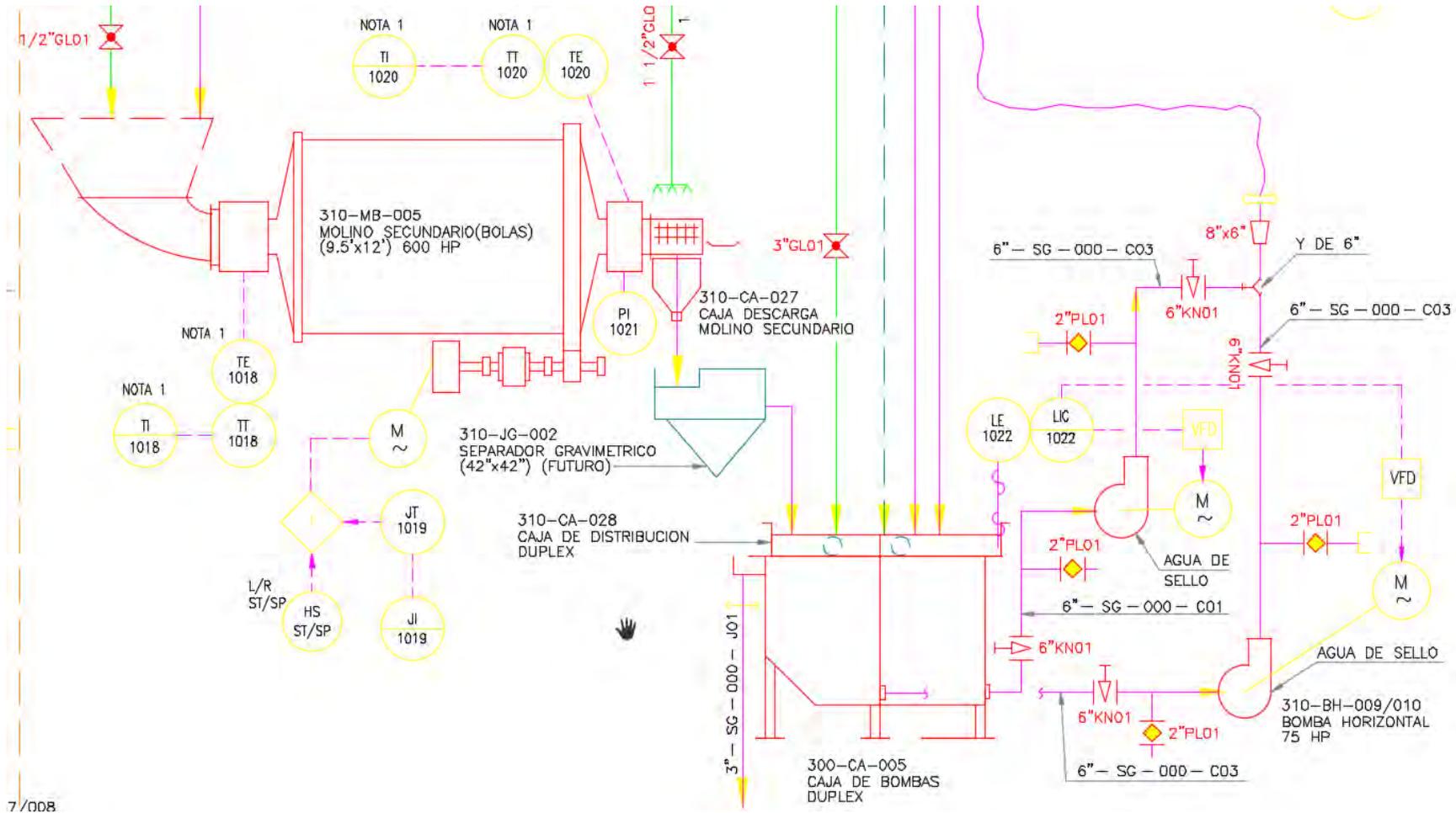


Figura 30. Detalle del Nivel de Instrumentación en Molienda
Adaptado de Diagramas P&ID Ampliación Planta Concentradora Selene

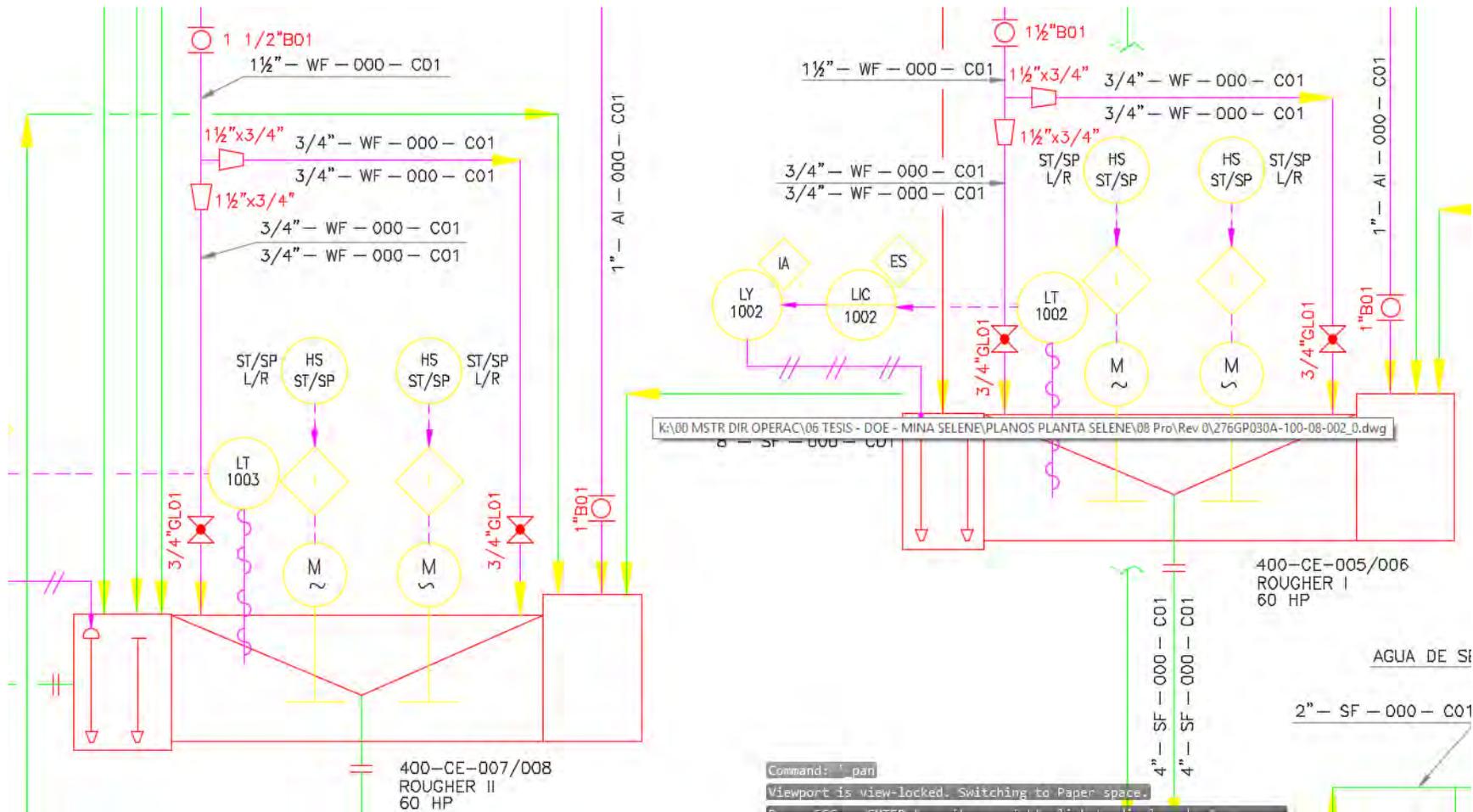


Figura 31. Detalle de Diagrama P&ID en Flotación – Planta Concentradora Selene
 Adaptado de Diagramas P&ID Ampliación Planta Concentradora Selene

La Figura 31 nos muestra otro caso similar al de molienda, existen actualmente controladores de nivel para las celdas de flotación, pero estos funcionan bajo una configuración *Stand Alone*, esto genera que no se tenga referencia de su adecuado funcionamiento. Sólo el operador cuando pasa por cada controlador local y verifica visualmente el nivel de cada celda, puede detectar si es que hay problemas de funcionamiento o sea la celda opera adecuadamente. Si estos controladores estuviesen integrados a una red de control desde donde fuesen monitoreados remotamente, se detectaría más rápidamente cualquier problema funcionamiento. Con la consiguiente mejora de la eficiencia operativa al detectar problemas operacionales antes de que causen mayores pérdidas al proceso.

9.4.3. Implementación de un Sistema Centralizado de Control de Planta

Una de las mejoras que consideramos más importante de este DOE, desde el punto de vista del manejo y control del proceso productivo, es la implementación de un sistema de control centralizado. Este sistema recibiría las señales de la actual instrumentación y controladores locales de campo. A su vez se integraría por comunicaciones a los controladores de los equipos *Vendor*, para monitorear su estado y principales alarmas. Todo el control de encendido y apagado de equipos se desarrollaría desde la sala de control; esto implica realizar el cableado de integración de los centros de control de motores desde las salas eléctricas hasta el sistema de control. Esto se puede ejecutar mediante el uso de protocolos de comunicación industrial o cableado directo entre los arrancadores de motores y un gabinete remoto de entradas y salidas (*RIO* por sus siglas en inglés).

Las ventajas de integrar todas las señales de la instrumentación de campo en una sola sala de control son múltiples, esto permite que un solo operador tenga toda la información generada por los instrumentos de planta, el estado y sobre todo las advertencias o alarmas que pueden presentar los equipos. El tiempo requerido para el arranque o parada de planta es mucho más corto. Los operadores de campo tienen ahora información de primera mano sin

necesidad de movilizarse a cada uno de los equipos; al recibir una alarma el operador de sala de control puede retransmitir este mensaje, enviar al operador a los puntos que requieren inmediata atención.

Otra ventaja no menos importante de manejar un sistema de control centralizado, es el manejo información a diferentes niveles. Desde el momento que tenemos información en tiempo real del proceso, no todos necesitan la misma información. Podemos citar por ejemplo los principales consumidores de esta data; el Operador de Campo, el Operador de Sala de Control, el Supervisor de Turno de Planta, el Supervisor de Medio Ambiente, el Superintendente de Planta, el Jefe de Mantenimiento, la Gerencia General, etc. Requieren acceder a esta información, pero con diferentes objetivos y puntos de vista. Cada quien de acuerdo a sus requerimientos y jerarquía maneja la información de distinta manera. El sistema de control también nos servirá para generar reportes automáticos a cada uno de los grupos mencionados anteriormente. La frecuencia, cantidad información, detalle de la información contenida en cada uno estos reportes, será distinta para cada grupo de interés. La utilidad de un sistema de control centralizado es enorme y se justifica por los múltiples beneficios que se tendrá a nivel de toda la organización.

La Figura 32, muestra de manera resumida los cuatro niveles que conforman una red de control. El nivel cero es considerado nivel de piso o planta, donde se ubican la instrumentación de campo, los gabinetes de entradas y salidas remotas y los centros de control de motores. El siguiente nivel o nivel uno, contiene los controladores de proceso, algunos gabinetes o interfaces de operador en campo y también alguna estación portátil de ingeniería. El nivel dos o nivel de supervisión, contiene los Workstation y servidores donde corren las aplicaciones del sistema de control y supervisión.

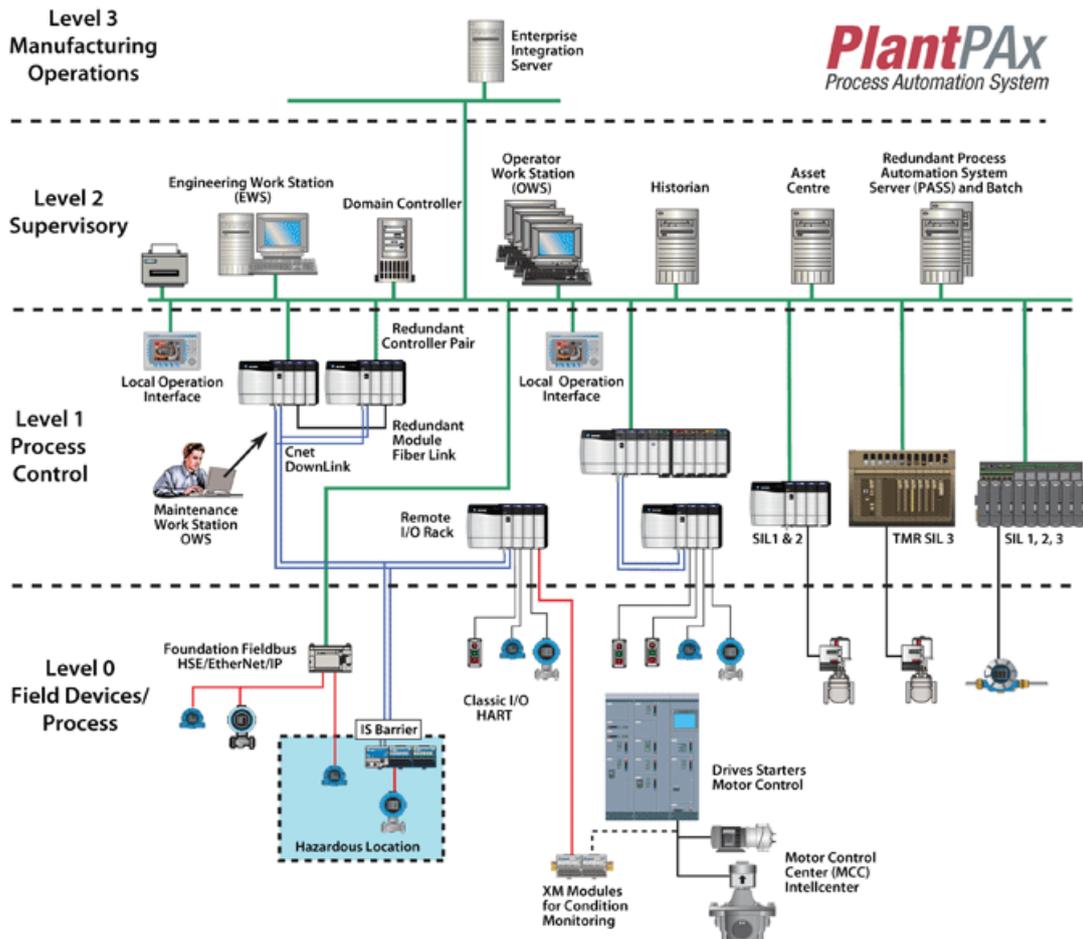


Figura 32. Diagrama Típico de una Red Industrial de Control
Adaptado de Arquitectura Integrada de Control – Plant Pax – Allen Bradley

El número de equipos y complejidad de los mismos depende del nivel de redundancia que tenga el sistema. Hasta este nivel se recomienda que sea una red de control cerrada por la seguridad del proceso. El nivel tres contempla servidores especializados de data histórica, sobre la cual acceden los usuarios fuera de la red industrial. Con los niveles de seguridad y accesos requeridos, estos equipos pueden ser incluso accedidos desde de la internet.

Todo sistema de control está asociado a sistemas de almacenamiento de datos, los cuales tienen una estampa de tiempo; esto quiere decir que podemos hacer una correlación entre varios datos y un mismo tiempo cronológico. Esto ayuda a realizar más fácilmente el análisis de diferentes situaciones operacionales en planta, por ejemplo, la falla de un sensor puede ser relacionada a la parada de un equipo. Normalmente lo primero que se detecta como

falla es la parada del equipo, sin embargo, en este caso esto fue una consecuencia y no una causa. El origen del problema fue la mal función de un sensor que generó un dato erróneo y finalmente generó una parada por enclavamientos de proceso. Este tipo de fallas que son las más recurrentes en plantas de procesos continuos generan mucha pérdida de tiempo; con un sistema de control centralizado se puede detectar más fácil y rápidamente este tipo de fallas. Todo esto redundando en una mayor disponibilidad de la planta y una mayor productividad.

La Figura 33, muestra la disposición típica de una sala de control centralizada, en la cual se concentran varias estaciones de trabajo y en otro ambiente los servidores de históricos y servidores de aplicación que manejan todo el sistema. Normalmente estos sistemas están a cargo de un departamento denominado Control de Procesos, el cual cuenta con especialistas tanto en procesos como en sistemas de control y automatización; de tal manera que se pueda configurar y administrar el sistema de acuerdo con los requerimientos de los clientes finales. Sistemas auxiliares también son considerados dentro del sistema de control típico, como el monitoreo remoto mediante sistemas de circuito cerrado de televisión o avanzados sistemas Video Wall, para el acceso a mucha información de manera simultánea.



Figura 33. Imagen típica de una Sala de Control Centralizada
Tomado de http://www.sice.com/sites/Sice/files/2017-05/V3_IMG_1.jpg

La ventaja de todo sistema de control centralizado es que es escalable de acuerdo con los requerimientos del usuario final, pudiendo iniciar como un pequeño sistema de control con los elementos mínimos; si es requerido, junto con el crecimiento de la planta, todo el sistema puede crecer, desde los controladores, redes de comunicación, *Workstations* y Servidores, pueden ser escalados con el tiempo. Realizando un análisis más avanzado del potencial que tiene la implementación de un sistema de control a nivel de un proceso industrial, y específicamente en el caso de la corporación minera Hochschild, se plantea que a futuro sea evaluada la implementación de un sistema de control centralizado corporativo. El cual permitiría obtener datos en tiempo real de todas sus operaciones desde las oficinas corporativas. Esto facilitaría el control y el monitoreo de los resultados productivos, identificando inmediatamente cualquier desviación a los planes trazados y tomando acciones antes de que las consecuencias del problema operativo sean mayores.

9.4.4. Implementación de un Sistema de Gestión de Datos PI System (OSI Soft)

Luego del análisis realizado al manejo de información que tiene actualmente la compañía minera, se está planteando como una de las mejoras estratégicas al manejo de información industrial, la implementación de un sistema de gestión de datos *PI System* del fabricante *OSI Soft*. Los sistemas digitales de información se están implementando en muchos ámbitos y rubros de los procesos productivos industriales, y la minería no es una excepción. Muchas compañías de la gran y mediana minería, han desarrollado modernos sistemas de control que permiten tener mucha data en tiempo real a nivel de los operadores de planta; sin embargo, la idea de que esta misma información pueda ser rápidamente recibida por personal clave en la organización, y que se tomen decisiones adecuadas en más corto tiempo y de manera informada, están revolucionando la forma y la velocidad en la que los negocios se mueven. Los resultados y objetivos de este tipo de implementaciones son

rápidamente perceptibles en la mejora de la eficiencia y la productividad de toda la organización.

El sistema que se plantea implementar para la gestión de datos industriales, es un sistema llamado *PI System* (por sus siglas en inglés Sistema de información de Planta), del fabricante americano *OSI Soft*. Este sistema de información es ampliamente usado en el negocio de *Oil and Gas*, y también en la industria de la generación y distribución de energía eléctrica. Este sistema se basa en la recolección de datos de múltiples fuentes en tiempo real; esta información recibe una estampa de tiempo, es decir cada dato recolectado y almacenado va estar asociado a una fecha y hora única. Esto permite que la data pueda ser posteriormente analizada en series de tiempo de manera visual como tendencias, o usada para análisis estadístico de procesos. La Figura 34 muestra de manera resumida cómo es que está diseñado el *PI System*; un conjunto de herramientas llamadas *PI System Connections*, permiten enlazar los datos de múltiples activos y fuentes de datos. El *PI Server*, se encarga de almacenar de manera ordenada esta data, y finalmente mediante una serie de herramientas llamadas *PI System Tools*, las ordena, procesa y entrega a diferentes tipos de usuarios en múltiples plataformas, desde PC's, hasta dispositivos móviles con capacidad conexión a través de la internet.

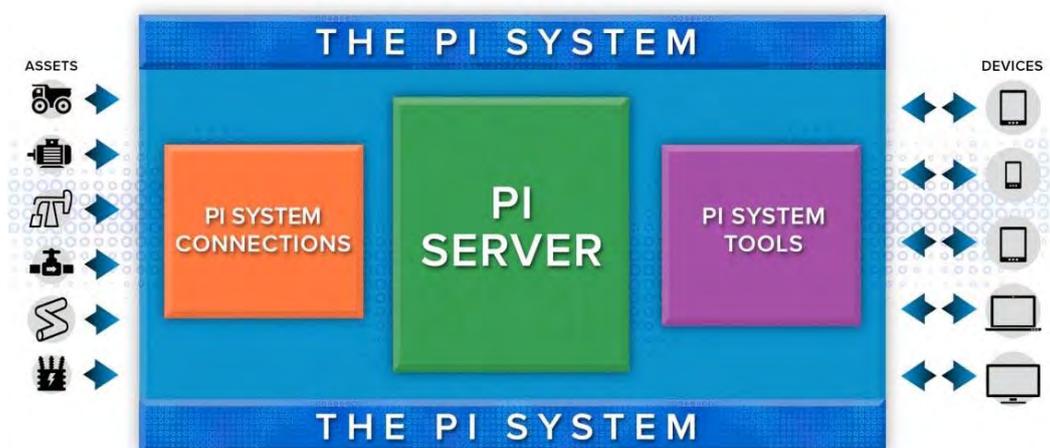


Figura 34. Esquema de Funcionamiento PI System
Tomado de <http://www.osisoft.com/pi-system/>

9.4.4.1. Arquitectura y Funcionamiento del PI System

El sistema está basado de una plataforma de servidores industriales, los cuales se encuentran en una arquitectura distribuida en los principales centros geográficos del proceso. El primer elemento es un colector de datos el cual se conecta directamente al sistema de control o cualquier otra fuente de datos en tiempo real, como los sistemas de análisis de laboratorio, sistemas meteorológicos, sistemas de gestión de flota de vehículos o inclusive directamente a los controladores de proceso (PLC's). La data colectada y almacenada localmente es posteriormente enviada a un servidor central que almacena esta data. Como este sistema de colección de datos depende directamente de las redes de comunicaciones industriales, se considera un sistema *Store and Forward*, el cual es utilizado para almacenar temporalmente la data durante la pérdida de comunicación y sincronizar posteriormente las bases de datos cuando se recupere la comunicación con el servidor central. Este sistema está diseñado no solamente para el enlace de datos en tiempo real, también puede ser utilizado para almacenar data generada manualmente. Múltiples fuentes que generan datos de forma manual también pueden ser configuradas para almacenarse en este sistema. Al asignarse una estampa de tiempo a cualquier dato ingresado en el sistema, se puede evaluar su evolución en el tiempo.

Un punto muy importante considerar para esta implementación, es la seguridad de la propia red industrial de control, la cual puede ser vulnerable frente a tráfico de datos externos, o exceso de tráfico como por ejemplo impresiones, navegación en internet o el tráfico que generan las transmisiones de cámaras de video; también es considerado, pero menos frecuente, el ataque deliberado a sistemas de control por los virus informáticos. Para proteger al sistema de estos riesgos, se debe incluir en toda infraestructura un *Firewall* o también llamada pared cortafuegos, la cual protegerá al sistema de control del tráfico externo. Justamente este riesgo de dar acceso a múltiples usuarios a los sistemas de control, era el que

generaba que la información sea manejada de manera muy cerrada y exclusiva. El *PI System* fue diseñado por sus fabricantes para que tenga acceso por un canal protegido a la red de datos industriales, y que a su vez pueda brindar estos mismos datos a múltiples usuarios de diferentes perfiles, sin la necesidad de que estos accedan al sistema de control.

Complementando la arquitectura propuesta, están las múltiples herramientas para acceder a la data; pudiendo ser estas aplicaciones insertadas en hojas Excel, y que permiten que el usuario pueda extraer la data a su requerimiento. También existen herramientas que permiten duplicar las pantallas de control, mostrando la data en la misma manera que la tiene el operador de planta. Finalmente se tiene herramientas que permiten desarrollar páginas especiales de acceso vía *Web*, con pantallas previamente configuradas para el perfil de cada usuario, con el uso de dispositivos portátiles tipo *Smartphone*, se puede acceder a estas mismas aplicaciones de manera remota. Esto garantiza que las personas claves de la organización puedan tener acceso a toda la información que se genera en planta en tiempo real.

La Figura 35, resume la arquitectura básica de un sistema *PI System* y muestra también sus principales funcionalidades; los cuales abarcan la recolección de datos desde múltiples fuentes a lo largo de toda la empresa. Son las interfaces las que se encargan de recolectar la data y almacenarla temporalmente en caso que sea necesario, esta data es transferida a los servidores donde se almacena, se gestiona y comprime para optimizar la cantidad de recursos. Posteriormente esta data es analizada por algoritmos automatizados los cuales pueden ser personalizados de acuerdo a las necesidades de cada grupo de usuarios.

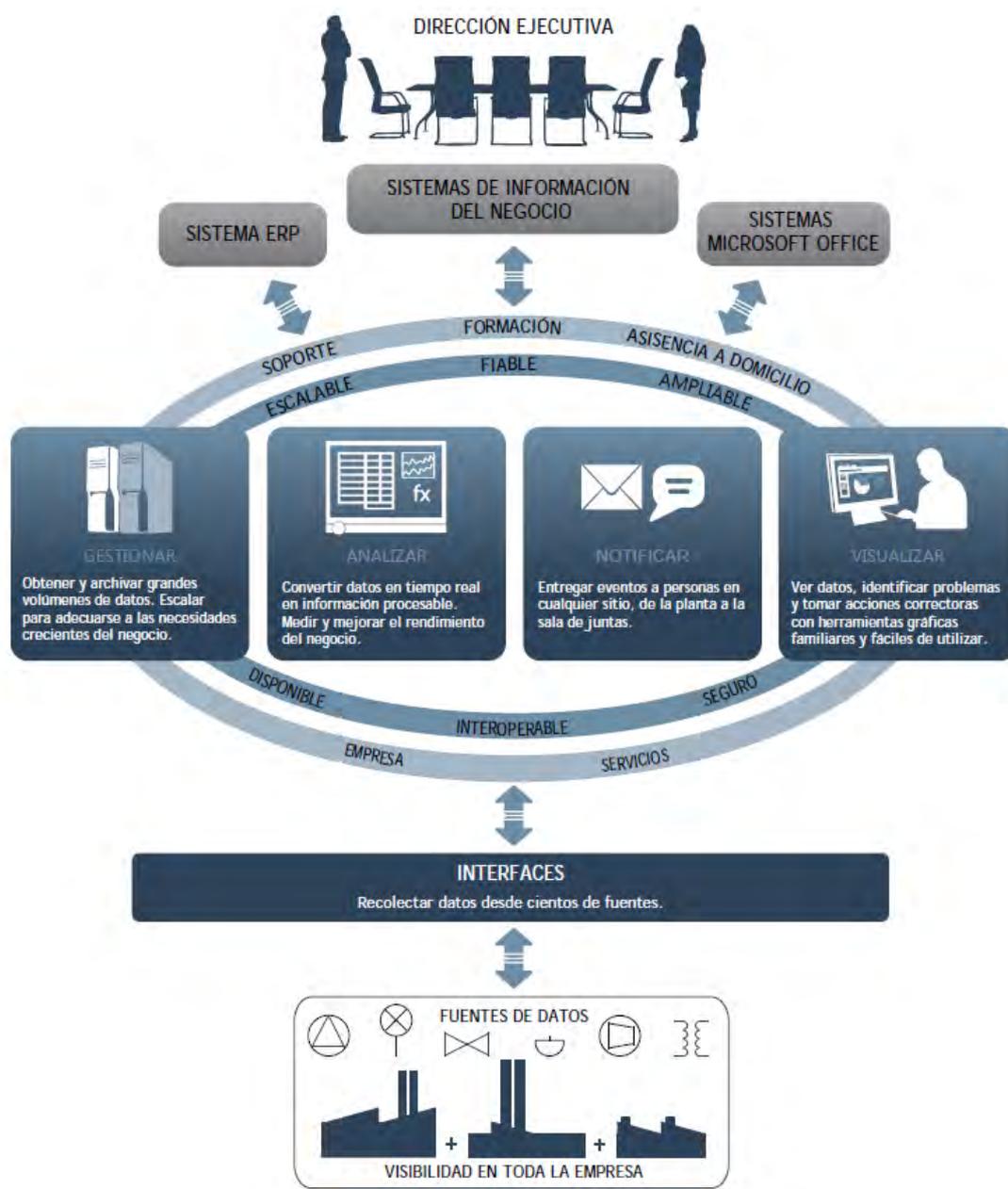


Figura 35. Arquitectura y Funciones del PI System
Tomado de <http://www.osisoft.com/pi-system/Power of PI.pdf>

Finalmente, herramientas de visualización y notificación son utilizadas para que los grupos de personas interesados puedan tener acceso o inclusive ser notificados en caso de que alguna variable de su interés este fuera de control. El sistema finalmente es integrado a las herramientas de gestión corporativa; como SAP u otras herramientas de software llamadas BI por sus siglas en ingles *Business Intelligence*, pueden ser conectados como consumidores de datos del *PI System* y generar alarmas, reportes, o inclusive generar ordenes de trabajo en

función al tiempo de uso de un determinado equipo, todo esto de manera automatizada, facilitando así las labores de la organización.

9.4.4.2. Herramientas de visualización y análisis

El acceso los datos en tiempo real no cumpliría su objetivo si es que sólo se circunscribe a un pequeño grupo de usuarios en el lugar de trabajo. Frente a este requerimiento, los fabricantes han desarrollado múltiples herramientas que permiten acceder, visualizar y analizar la data desde cualquier lugar, en cualquier momento y con implementaciones fáciles de desarrollar a los usuarios finales; de tal manera que no sea necesaria la intervención de expertos programadores en sistemas complejos. Muchas veces el rechazo a este tipo de tecnología proviene de usuarios que temen perder el control de su información o perder su valor al no ser los únicos poseedores de los datos; sin embargo, experiencias ya desarrolladas en otras empresas del rubro minero local, han demostrado que la implementación de este tipo herramientas son muy beneficiosas a la organización.

La Figura 36 muestra las múltiples opciones que se tiene con el software de visualización *PI Coresight*, el cual nos permite visualizar la data que el operador de sala de control, encontrar datos de manera cruzada, analizar eventos entre múltiples variables y evaluar su correlación. Adicionalmente permite realizar investigaciones a eventos operativos desde cualquier lugar con acceso a internet y desarrollar estas interfaces de manera fácil y rápida y amigable para los usuarios. Los usuarios son capaces de desarrollar sus propios reportes de manera intuitiva y rápida. Esto evita que los usuarios requieran el servicio de una empresa especializada solo en compleja programación del Sistema de almacenamiento de datos.

La Figura 37 nos muestra la arquitectura funcional del sistema, desde la colección de datos entre dispositivos inteligentes y sistemas inteligentes, los cuales son cada vez más usados en los equipos *Vendor* especializados. Se muestra en la barra superior las aplicaciones

industriales que pueden usar datos almacenados, comenzando por la optimización de los procesos, mejora en la eficiencia energética, optimización de calidad, programación y manejo más eficiente del mantenimiento y hasta seguridad de las personas y los equipos. Todo integrado en un solo sistema de gestión de datos. A la gestión de datos de esta manera se le conoce como inteligencia operacional, la cual está basada en datos que ayudan a tomar mejores decisiones.

Visualice sus datos de PI System como nunca antes

PI Coresight es una aplicación basada en web que le permite acceder de forma rápida, sencilla y segura a todos sus datos de PI System. Puede analizar los datos de muchas maneras diferentes para adquirir nuevos conocimientos. Gracias a sus intuitivos y auto configurables objetos de pantalla, podrá dedicar su tiempo a analizar datos y compartir análisis, no a crear pantallas.

VISUALICE **ENCUENTRE**

ANALICE **A CUALQUIER HORA, EN CUALQUIER LUGAR**

SEGURIDAD **INVESTIGUE** **VISIÓN**

TRANSFORME **AUTOMÁTICO** **COLABORE** **FÁCIL DE USAR**

DESPLIEGUE RÁPIDO **PI CORESIGHT**

OSIsoft

Figura 36. Herramientas de Visualización de PI System
Tomado de [http://www.osisoft.com/pi-system/PI Coresight \(Business\).pdf](http://www.osisoft.com/pi-system/PI%20Coresight%20(Business).pdf)

La Figura 38 Resume el concepto *Any Place y Any Device*, el cual considera que la data que estar disponible en cualquier lugar y en cualquier dispositivo, facilitando la toma decisiones basadas en datos reales. Este tipo de herramientas permiten también optimizar la

generación de reportes, el acceso a datos de producción e inclusive acceso a datos financieros o indicadores claves del proceso, también conocidos como *KPIs* por sus siglas en inglés.

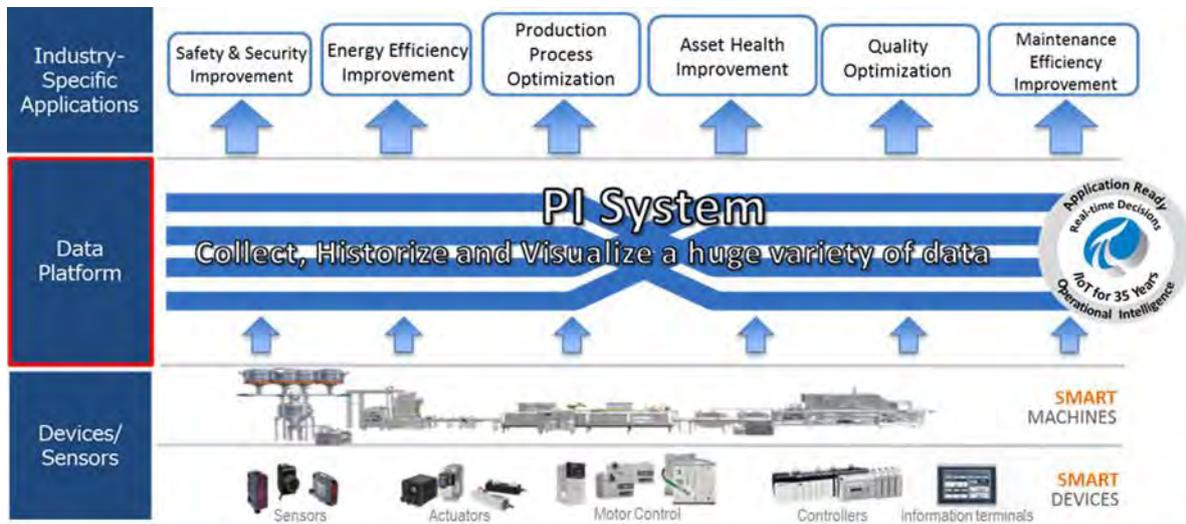


Figura 37. Arquitectura Funcional del PI System

Tomado de https://www.mitsui.com/jp/en/release/2016/_icsFiles/artimage/2016/04/05/dje_4_16/en_160405_01.jpg



Figura 38. Business Intelligence – Any Place, Any Device

Tomado de <http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/713558/26164161/1429738616563/iOS-Device-Collage.jpg>

9.5. Análisis Financiero de los Proyectos de Mejora Propuestos

Tabla 37

Evaluación Financiera – Aplicación de Programación Lineal

APLICACIÓN DE PROGRAMACION LINEAL															
AHORROS POTENCIALES															
REDUCCION H.MAQ. Y H.H. REMANIPULEO MINERA	FTE	Annual Cost	% Reduccion	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Total
CARGADORES FRONTALES	2	106.080	2%		4.243	4.455	4.678	4.912	5.158	5.416	5.686	5.971	6.269	6.583	53.371
Field Operations	4	36.615	2%		2.929	3.076	3.229	3.391	3.560	3.739	3.925	4.122	4.328	4.544	36.844
Total					7.172	7.531	7.908	8.303	8.718	9.154	9.612	10.092	10.597	11.127	90.214
OPTIMIZACION DE CONSUMO DE REACTIVOS															
3% REDUCCION DE GASTOS ANUALES	250000	7.500	3%		7.500	7.725	7.957	8.195	8.441	8.695	8.955	9.224	9.501	9.786	85.979
RECUPERACION GLOBAL EN FLOTACION															
1% DE RECUPERACION GLOBAL	1800000	18000	1%		18.000	18.900	19.845	20.837	21.879	22.973	24.122	25.328	26.594	27.924	226.402
TOTAL					32.672	34.156	35.709	37.336	39.039	40.822	42.689	44.644	46.692	48.837	402.595
INVERSION INICIAL				-75.000											
COSTO DE MANTENIMIENTO DE LICENCIAS					-4.000	-4.200	-4.410	-4.631	-4.862	-5.105	-5.360	-5.628	-5.910	-6.205	-50.312
Cash Flow				-75.000	28.672	29.956	31.299	32.705	34.177	35.717	37.328	39.016	40.782	42.631	352.284
Discount rat	5%	8%													
NPV	183.094	143.418													
IRR	41%	41%													

Tabla 38

Evaluación Financiera – Mejoras en la Instrumentación

MEJORAS EN LA INSTRUMENTACION																
AHORROS POTENCIALES																
MEJORAS EN LOS LAZOS DE CONTROL	FTE	Annual Cost	% Reduccion	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Total	
PERDID POR INESTABILIDAD DEL PROC.	1	53.040	5%		2.652	2.785	2.924	3.070	3.224	3.385	3.554	3.732	3.918	4.114	33.357	
TIEMPO DE OPERADOR EN ESTABILIZAR	2	36.615	8%		5.858	6.151	6.459	6.782	7.121	7.477	7.851	8.243	8.656	9.088	73.687	
Total					8.510	8.936	9.383	9.852	10.345	10.862	11.405	11.975	12.574	13.203	107.044	
OPTIMIZACION DE CONSUMO DE REACTIVOS																
REDUCCION DE GASTOS ANUALES	250000	10.000	4%		10.000	10.300	10.609	10.927	11.255	11.593	11.941	12.299	12.668	13.048	114.639	
RECUPERACION GLOBAL EN FLOTACION																
RECUPERACION GLOBAL	1800000	18000	1%		18.000	18.900	19.845	20.837	21.879	22.973	24.122	25.328	26.594	27.924	226.402	
TOTAL					36.510	38.136	39.837	41.616	43.479	45.428	47.467	49.602	51.836	54.174	448.085	
INVERSION INICIAL				-150.000												
COSTO DE MANTENIMIENTO DE LICENCIAS					-1.500	-1.575	-1.654	-1.736	-1.823	-1.914	-2.010	-2.111	-2.216	-2.327	-18.867	
Cash Flow				-150.000	35.010	36.561	38.183	39.880	41.655	43.513	45.457	47.491	49.620	51.847	429.218	
Discount rat	5%	8%														
NPV	167.306	120.533														
IRR	23%	23%														

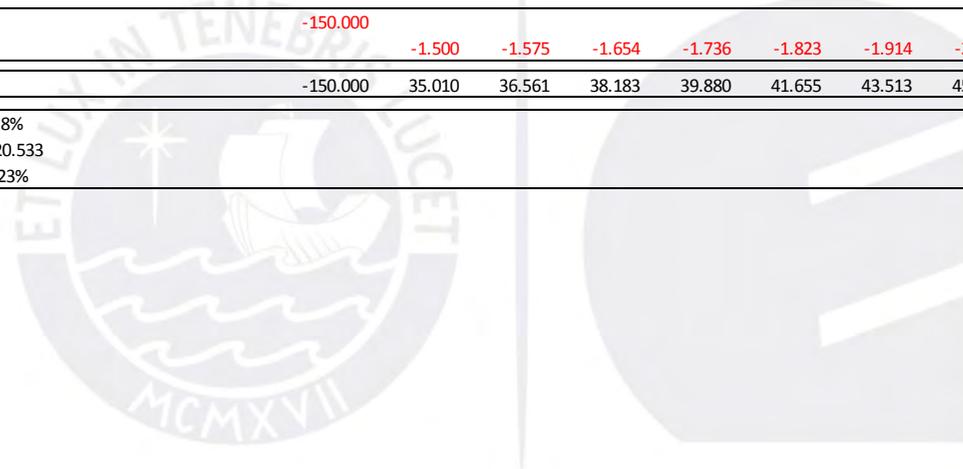


Tabla 39

Evaluación Financiera – Sistema de Control Centralizado

SISTEMA DE CONTROL CENTRALIZADO															
AHORROS POTENCIALES															
MEJORAS EN LOS TIEMPOS DE ARRANQUE Y PARADA	FTE	Annual Cost	% Reduccion	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Total
TIEMPO DE ARRANQUE Y PARADA	5	318.240	10%		159.120	167.076	175.430	184.201	193.411	203.082	213.236	223.898	235.093	246.847	2.001.394
PERDIDAS DE PRODUCCION	5	73.231	8%		29.292	30.757	32.295	33.910	35.605	37.385	39.254	41.217	43.278	45.442	368.435
Total					188.412	197.833	207.725	218.111	229.016	240.467	252.491	265.115	278.371	292.289	2.369.830
TIEMPO DE LOS OPERADORES DE CAMPO															
TIEMPO DE REVISION DE PARAMETROS	100000	30000	30%		30.000	31.500	33.075	34.729	36.465	38.288	40.203	42.213	44.324	46.540	377.337
TOTAL					218.412	229.333	240.800	252.840	265.482	278.756	292.693	307.328	322.694	338.829	2.747.167
INVERSION INICIAL				-500.000											
COSTO DE MANTENIMIENTO DE LICENCIAS					-15.000	-15.750	-16.538	-17.364	-18.233	-19.144	-20.101	-21.107	-22.162	-23.270	-188.668
Cash Flow				-500.000	203.412	213.583	224.262	235.475	247.249	259.611	272.592	286.222	300.533	315.559	2.558.498
Discount rat	5%	8%													
NPV	1.368.819	1.078.366													
IRR	44%	44%													

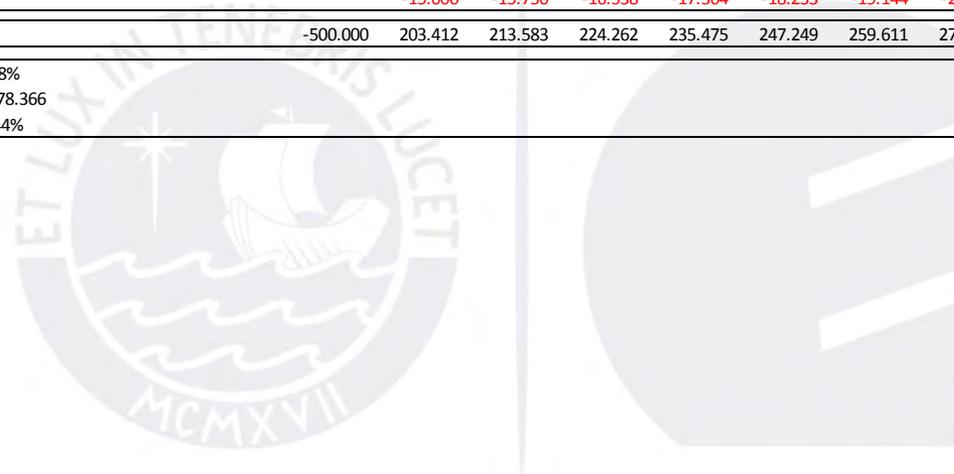
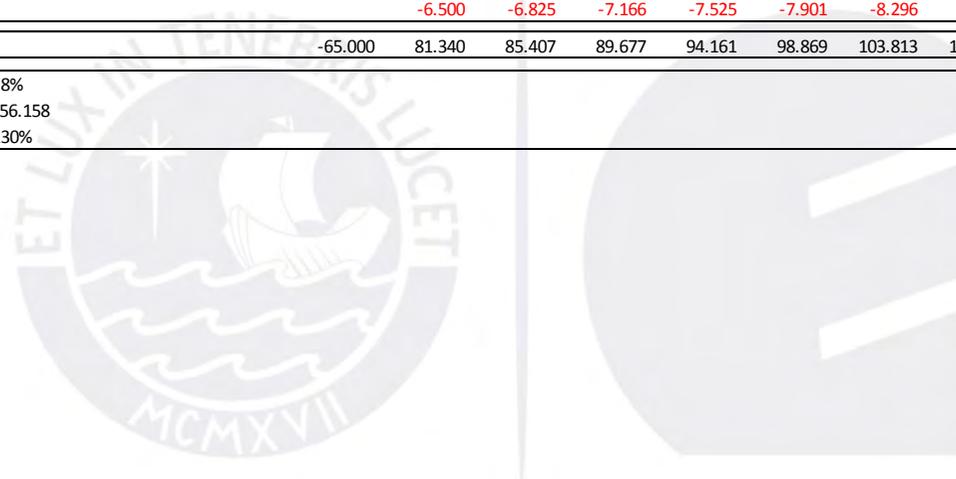


Tabla 40

Evaluación Financiera – Sistema de Gestión de Datos PI System

SISTEMA DE GESTION DE DATOS PI SYSTEM															
AHORROS POTENCIALES															
AHORRO EN LA GENERACION DE REPORTE	FTE	Annual Cost	% Reduccion	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Total
COLECCIÓN DE DATOS	4	32.954	15%		19.772	20.761	21.799	22.889	24.033	25.235	26.497	27.822	29.213	30.673	248.694
GENERACION DEL REPORTE	2	32.954	35%		23.068	24.221	25.432	26.704	28.039	29.441	30.913	32.459	34.081	35.786	290.143
Total					42.840	44.982	47.231	49.593	52.072	54.676	57.410	60.280	63.294	66.459	538.837
ACCESO A LA DATA EN TIEMPO REAL															
TIEMPO DE RESPUESTA A EMERGENCIAS	150000	45000	30%		45.000	47.250	49.613	52.093	54.698	57.433	60.304	63.320	66.485	69.810	566.005
TOTAL					87.840	92.232	96.844	101.686	106.770	112.109	117.714	123.600	129.780	136.269	1.104.842
INVERSION INICIAL				-65.000											
COSTO DE MANTENIMIENTO DE LICENCIAS					-6.500	-6.825	-7.166	-7.525	-7.901	-8.296	-8.711	-9.146	-9.603	-10.084	-81.756
Cash Flow				-65.000	81.340	85.407	89.677	94.161	98.869	103.813	109.003	114.454	120.176	126.185	1.023.086
Discount rat	5%	8%													
NPV	675.873	556.158													
IRR	130%	130%													



Los resultados del análisis financiero de los proyectos propuestos, indican que todas las iniciativas son positivas y favorecen el retorno económico de la inversión realizada. Los datos de la evaluación han sido muy conservadores y posiblemente optimistas, pero permiten corroborar que las soluciones planteadas son positivas para la organización. La información de los costos de las implementaciones y los de mantenimiento anual de las soluciones, han sido basados en la experiencia de los miembros del equipo.

9.6. Conclusiones

Las siguientes son las principales conclusiones del análisis realizado:

- La planta concentradora Selene, tiene una mezcla de sistemas antiguos y sistemas modernos parcialmente implementados. Gran parte de la instrumentación implementada en planta trabaja de manera aislada o *Stand Alone*, lo que complica su monitoreo; ya que éste requiere mucho tiempo de los operadores de planta.
- Al ser sistemas no atendidos, normalmente no se logra detectar a tiempo las alarmas que éstos generan; detectando tardíamente las fallas una vez que los equipos implicados se han detenido o el proceso ya ha sido afectado.
- La planta concentradora Selene, ha tenido una ampliación a lo largo de su vida operativa. Inicialmente se contempló el uso de sistemas de control centralizado, pero estas implementaciones fueron postergadas a futuro. Se recomienda que estas implementaciones planeadas se implementen a corto plazo.
- Existen equipos antiguos que deben ser modernizados como las bombas de dosificación de reactivos en flotación. Estos equipos no permiten tener un adecuado control de la dosificación de reactivos y generan pérdidas en el proceso por desperdicio de reactivo o inclusive afectando la recuperación de la planta. Dentro de las recomendaciones dadas para este capítulo se plantea el reemplazo de estas bombas por bombas de desplazamiento positivo, controladas y monitoreadas remotamente, las

cuales deben estar enlazadas de manera automatizada a los flujos de ingreso al proceso de flotación.

- Para la modernización de la planta concentradora Selene, se plantea la implementación de un sistema de control centralizado, el cual cuente con las redes industriales adecuadas en los controladores de proceso que puedan recibir las señales de campo. Una ventaja importante es que este sistema puede ser fácilmente escalado desde un pequeño sistema hasta un gran sistema de control centralizado que incluso abarque todas las operaciones de la compañía.
- El acceso a la información en tiempo real no es un beneficio exclusivo para los operadores de planta, hoy en día avanzados sistemas de control permiten que todas las personas involucradas con el control y el monitoreo de los procesos puedan tener acceso a reportes y datos en tiempo real de acuerdo a las necesidades de cada grupo de interés en particular. La implementación de un sistema de registro de datos *PI System*, y brindar las herramientas de acceso remoto a los usuarios clave de la organización, es una herramienta imprescindible hoy en día que hará mejorar la productividad de toda la operación productiva.
- El sistema de información de datos en tiempo real *PI System* propuesto, puede iniciar como un pequeño sistema local para la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, pero puede ser luego escalado a un sistema corporativo en todas las unidades de la empresa.
- Las ventajas que hoy en día presenta un sistema de gestión de datos en tiempo real, van mucho más allá de sólo visualizar los datos; las posibilidades de integrar los planes de producción, realizará análisis estadístico de procesos, generar alarmas y advertencias que permitan detectar rápidamente cualquier desviación al proceso, son herramientas disponibles hoy en día y ampliamente usadas en minería. El objetivo

final de todas estas herramientas es mejorar la eficiencia y productividad de la organización. Considerando el mercado tan competitivo que es el minero, el retorno de la inversión se paga muy rápidamente en el primer año de implementación.

- Con la rápida evolución de los dispositivos móviles, y las aplicaciones para celulares; sumado a la mejora de la infraestructura de comunicaciones y los nuevos sistemas industriales disponibles en el mercado, el concepto *Any Place y Any Device*, que permite el acceso a datos desde cualquier plataforma en tiempo real, ya incluye a los sistemas de control que pueden ser utilizados en planta. Hoy en día el acceso a la data ya no es un beneficio de un grupo pequeño, todas las personas de la organización puedan acceder a los datos en diferentes formatos dependiendo de su nivel de jerarquía y autorización, sin poner en riesgo la seguridad de la operación o la confidencialidad de los datos distribuidos.
- Si bien es cierto existen otras marcas y sistemas que ofrecen herramientas similares a la del *PI System*, se considera que ésta tiene mayor experiencia en el rubro minero que estamos analizando. Se incluye en el Apéndice F, a modo de ejemplo, un caso de éxito en otra compañía minera que aplicó en sus operaciones el *PI System* como herramienta de gestión de datos industriales, donde se resalta los beneficios de aplicar este tipo de tecnología en el control de operaciones productivas.

Capítulo X. Gestión Logística

Este capítulo contiene información sobre la logística de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene. Se revisó cómo se maneja el inventario y como segregó los repuestos según el nivel de importancia en el proceso productivo; ya que la logística es un proceso basado en la organización que nos permite optimizar la distribución de los *SKUs* (Por sus siglas en inglés, unidad de mantenimiento de existencias). Pudiendo brindar un nivel de servicio óptimo a los clientes, tanto internos como externos, generando valor agregado, cuando el cliente recibe el material o *SKU*, en el tiempo, lugar y forma adecuada, y con el costo más bajo. Un punto muy importante para toda operación minera es el costo de sus inventarios, los cuales deben ser mantenidos según el comportamiento de la demanda del cliente interno.

10.1. Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento

El proceso de compra que se maneja mediante órdenes que se registran en el *ERP* de la empresa (SAP). Este proceso cubre todo el ciclo básico de compras o aprovisionamiento en el cual se consideran, desde la solicitud del usuario, hasta la facturación y pago de la mercadería recibida. La Figura 39 muestra de manera gráfica un resumen de los procesos logísticos en la Compañía Minera Selene y como estos se interrelacionan entre sí. Todo requerimiento que parte de un usuario, es posteriormente revisado y aprobado. De acuerdo con el monto de capital del pedido, se generan diferentes niveles de aprobación. La liberación y aprobación de las compras la realiza una línea funcional de aprobadores, pasando por Supervisores, Superintendentes y hasta Gerentes, dependiendo del monto de la aprobación; todas las aprobaciones se realizan a través del Sistema SAP. Dependiendo del tipo de producto, se busca proveedores locales o extranjeros, finalmente se llega al proveedor seleccionado y se manda a comprar el producto.

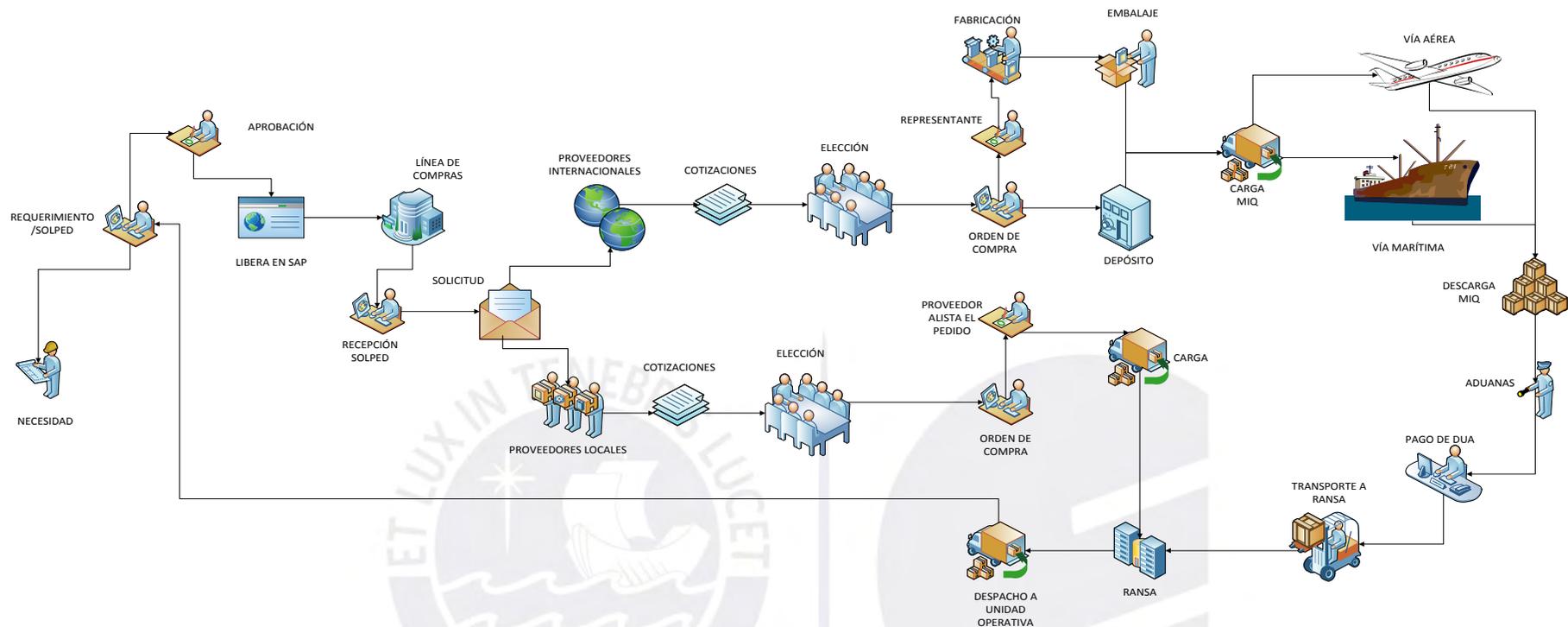


Figura 39. Proceso de compra
Tomado de «Nuestro Modelo de Negocio» (p. 45), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

La etapa final es el transporte e importación de los bienes, sea por vía aérea o marítima y finalmente el envío a Mina, la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, utiliza para la gestión de logística el SAP, el cual es un *ERP*. Con múltiples módulos, diseñados para el soporte a Logística, Finanzas, Recursos Humanos, Administración y Gestión de Proyectos, entre otros. Se cuenta con comunicación informática tanto en software y hardware actualizado, así como también como el uso de medios de comunicación como telefonía móvil. Contar las unidades transportes que se van a utilizar para el carguío de los diferentes bienes y materiales que se van a adquirir.

Además de ello se tiene almacenes para las diferentes operaciones logísticas, como almacenes de tránsito ubicados en lugares estratégicos que requiere la empresa ejemplo: RANSA, almacenes de consolidación de bienes y servicios en la diferentes unidades, con la capacidad para almacenar lo requerido por cada Unidad Operativa, ejemplo Almacén de la unidad operativa Selene y los almacenes terminales donde se almacena el producto final para su despacho a los clientes usuarios, por ejemplo: almacén portuario de Matarani en Arequipa. La Figura 40 muestra la pantalla de interface del usuario en el Sistema SAP, mediante este software maneja el acceso a sus interfaces por medio de una estructura tipo árbol, donde están anidadas las carpetas por Módulos y Áreas de usuarios.

10.2. La Función de Almacenes

La Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, utiliza la estrategia para reducir sus costos de almacenamiento de repuestos específicos, mediante la consignación o usufructo, mediante un contrato se les asigna un espacio físico a los proveedores de materiales y repuestos, con la finalidad de asegurar la disponibilidad del material y transferir el riesgo de manejar el inventario. De frecuencia mensual se realiza la facturación, mediante el cobro de las reservas emitidas (solicitudes de materiales).

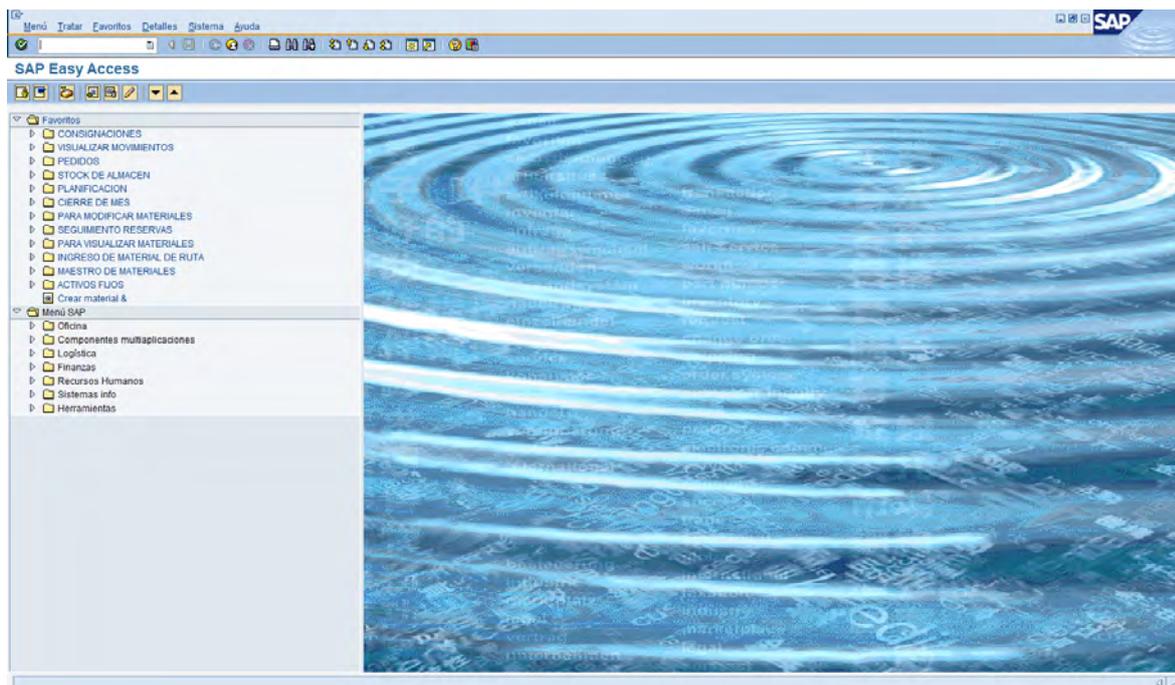


Figura 40. Módulo de usuario del SAP

Tomado de «Nuestro Modelo de Negocio» (p. 43), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschule.

Los proveedores que trabajan con esta metodología son: SEKUR, PRIMAX, MSA del PERU, COORP. LA SIRENA, PROMELSA, etc. Se tiene registro de recorrido mediante el uso de tecnología GPS para los semi-tráiler de concentrado, para poder monitorear su ubicación e identificar paradas no autorizadas de estas unidades. La Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, posee en sus instalaciones los siguientes almacenes:

10.2.1. Almacén de Materia Prima

Están en la parte alta de la planta donde se deposita el mineral que es la materia prima para el proceso que se tiene en Selene como es una planta concentradora por el proceso de flotación de espumas. Esta materia prima es trasladada desde la mina por volquetes. Se clasifica por la ley del mineral que es la cantidad de metal valioso que contiene cada tonelada: Mineral tipo “A” mayor a 300 gr/tn, mineral tipo “B” entre 200 gr/tn hasta 299 gr/tn y por último el mineral tipo “C” menor a 199 gr/tn.



Figura 41. Almacén de materia prima
Tomado de «Memoria anual» (p. 46), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschule.

10.2.2. Almacén Central

Donde se ubica las oficinas del área de logística y es allí donde se realiza las labores administrativas propiamente dichas de la gestión del almacén, en este punto se coordina con los transportistas, que llegan, el descargue de sus unidades y la ubicación final de estos materiales en los diferentes almacenes de la unidad operativa.



Figura 42. Almacén Central
Tomado de «Memoria Anual» (p. 47), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschule.

10.2.3. Almacén de Bolas de Molienda

Se tiene un almacén de bolas para los molinos de diferentes dimensiones como son de 3.5” de diámetro, 3”, 2.5”, 2”, y de 1.5” de diámetro.



Figura 43. Almacén de bolas de Acero
Tomado de «Memoria Anual» (p. 47), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschule.

10.2.4. Almacén de Reactivos Químicos

Aquí se almacena los reactivos necesarios para el funcionamiento de la planta como son el Aerofloat A-404, MIBC, Danafloat 771, AR-3250, también se tiene los reactivos de laboratorio químico como por ejemplo ácido sulfúrico, nítrico, fundentes, etc.



Figura 44. Almacén de Reactivos Químicos
Tomado de «Memoria Anual» (p. 48), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschule.

10.2.5. Almacenes Auxiliares

Allí es donde se descarga los materiales de mayor volumen como por ejemplo llantas de cargador frontal consumibles de los molinos como forros de acero, lifter bar, planchas de jebe, mallas de zarandas. También se tiene el almacén de lubricantes.



Figura 45. Almacén auxiliar
Tomado de «Memoria Anual» (p. 49), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú:
Hochschild.



Figura 46. Depósito de lubricantes
Tomado de «Memoria Anual» (p. 50), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú:
Hochschild.

10.2.6. Almacén de Productos Terminados

Se ubica en la parte baja de la planta donde se tienen dos personas encargadas que realizan la labor de ensacar los envases, llamados *big bag* con un peso neto de concentrado de una tonelada. Se sella los envases, se identifican por turno y por día de producción y se apilan

utilizando un montacargas en rumas de 4 envases. Finalmente se despachan en semi-tráiler especialmente acondicionados para el tipo de carga.



Figura 47. Almacén de productos terminados
Tomado de «Memoria Anual» (p. 51), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

10.3. Inventario

El inventario de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, está clasificado por categorías como, por ejemplo: repuestos, consumibles industriales, reactivos, gases, insumos para laboratorio, combustibles, etc. Se realizó un análisis utilizando la herramienta de Pareto, para identificar que *SKUs*, representan un mayor porcentaje de costo de compra y de almacenamiento. Los valores de las cantidades y precios de los materiales utilizados en la evaluación realizada, corresponden a consumos efectuados durante el presente año. Los costos calculados de la demanda se detallan a continuación en la Tabla 41.

Aplicando la distribución de Pareto a los datos obtenidos de la tabla anterior podemos segmentar las categorías de acuerdo con su consumo en el mencionado periodo, obteniendo la siguiente clasificación, como se muestra en la Tabla 42. Graficando los datos de la tabla de Pareto de segmentación de los productos por costo, se obtiene que el mayor costo de almacenamiento, está representado por la categoría de repuestos específicos, requeridos para

las reparaciones de las diversas maquinarias que se tiene en la unidad operativa. Este análisis nos muestra que la categoría de Repuestos Específicos, clasificación A, representa el mayor porcentaje (75.60%) de los gastos de los productos que son adquiridos por esta empresa; mientras que los de tipo B (19.70%) y C (4.70%) se encuentran en segundo y tercer plano respectivamente.

Tabla 41

Pareto del inventario enero – febrero 2017

Descripción	Monto (\$)	%	% Acumulado	Zona Pareto
Rep. Específicos	999,720.72	75.65%	75.65%	A
Eléctricos y mecánicos	102,567.04	7.76%	83.41%	B
Ferretería/Construcción	71,144.21	5.38%	88.79%	B
Reactivos	49,209.71	3.72%	92.51%	B
Rep. Genérico	37,074.83	2.81%	95.32%	B
Barrenos, brocas	11,716.45	0.89%	96.21%	C
Lubricantes, aceites	15,895.14	1.20%	97.41%	C
Seguridad, limpieza	14,080.67	1.07%	98.48%	C
Herramientas	13,628.76	1.03%	99.51%	C
Gases y laboratorio	4,089.75	0.31%	99.82%	C
Abarrotes	986.83	0.07%	99.89%	C
Medicinas y mat. hospitalario	525.55	0.04%	99.93%	C
Combustibles	784.91	0.06%	99.99%	C
Llantas, cámara	99.45	0.01%	100.00%	C
Explosivos	0	0.00%		
Maderas	0	0.00%		
Total	1,321,524.02	100.00%		

Nota. Adaptado del «Plan anual» (p. 35), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 42 *Clasificación del Pareto del Inventario**Clasificación del Pareto del Inventario*

Clasificación	Total (\$)	%	% Acumulado
A - 80%	999,720.72	0.756	0.756
B - 15%	259,995.78	0.197	0.953
C - 5%	61,807.52	0.047	1.000
Total	1,321,524.02	1.000	

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 35), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

En este sentido, en donde debemos centrar nuestros esfuerzos en controlar el inventario y su proceso de adquisición, es en los materiales considerados en la categoría de repuestos específicos. La Figura 48 nos muestra en detalle el análisis obtenido por el diagrama de Pareto, el cual nos muestra claramente que los repuestos específicos tienen un alto impacto en el manejo del inventario logístico de la empresa. Cabe mencionar también que se requiere

hacer un análisis de la data histórica del año pasado por completo, debido a que los primeros meses del año 2017, se requirió realizar compras adicionales para poner nuevamente en servicio la tercera línea de molienda, y reiniciar el chancado en tres turnos. Lo que generó un consumo adicional a los históricos normalmente requeridos por la operación, a continuación, se muestra en la Figura 48, la clasificación del inventario.

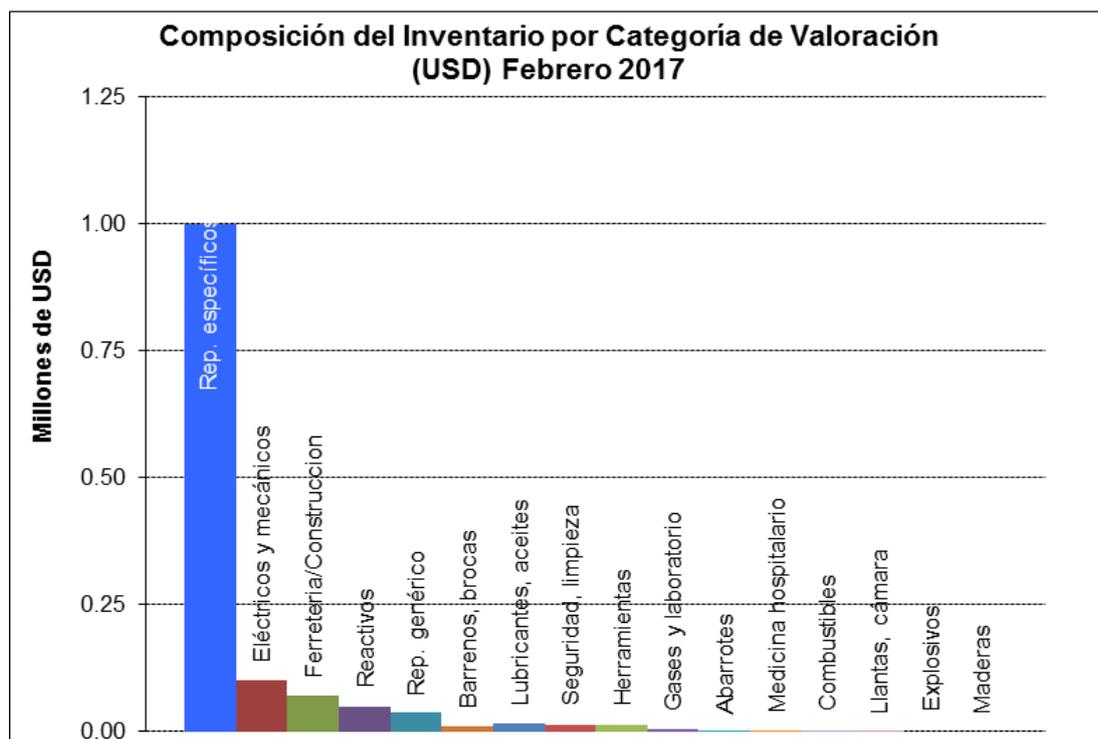


Figura 48. Clasificación del Inventario según el diagrama de Pareto Tomado de «Reporte Anual» (p. 35), por la Compañía Minera Ares, 2016. Lima, Perú: Hochschild.

10.4. La función de transporte

La Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, subcontrata el transporte, debido a que es una adecuada forma de reducir los costos de mantenimiento y operación de la flota de tracto-camiones, el servicio de traslado de carga de los bienes y materiales que requiere la unidad operativa, se basa en dos tipos de carga: pesada y ligera, entre ellas tenemos: RANSA, Transportes ORE y otros como transportes interprovinciales.

10.5. Definición de los Principales Costos Logísticos

La Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, ha desarrollado múltiples herramientas para la gestión de sus inventarios y de los costos que acarrearán la administración de sus materiales; destacando los siguientes indicadores para su gestión Logística:

10.5.1. Variación del Inventario

La Tabla 43 y la Figura 49 muestran los datos y la clasificación del inventario por tipo de SKU manejado en los almacenes de Compañía Minera Ares.

Tabla 43

Variación del inventario diciembre 2016 – febrero 2017

Planificación de SKUs	Febrero 2017 vs enero 2017		Febrero 2017 vs diciembre 2016	
	Monto (\$)	Variación	Monto (\$)	Variación
Críticos	-27,875.20	-20.10%	-18,903.44	-9.49%
Regulares	-8,007.77	-27.49%	-7,006.35	-24.06%
Irregulares	-16,440.49	-2.94%	-4,226.25	-0.77%
Estratégicos	-38,119.33	-5.57%	-71,185.37	-10.63%
Obsoletos	0.00	0.00%	-133,180.67	-102.42%
Proyectos	0.00	0.00%	-8,134.32	0.00%
Total	-90,442.79	-6.41%	-242,636.41	-15.40%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 56), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.



Figura 49. Distribución del inventario al mes de febrero 2017

Tomado de «Plan Anual» (p. 56), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

Como se puede apreciar el inventario, según el tipo de *SKUs*, ha disminuido en 6.41%, con respecto al mes anterior (enero), y con relación al mes de diciembre del año 2016, ha disminuido en un 15.40%, indicando que el objetivo de la empresa es reducir los costos de almacenamiento, mediante la planificación de los *SKUs* e integración de sus proveedores.

10.5.2. Balance del Inventario

A continuación, se muestra los datos y clasificación del balance de inventario, en la Tabla 44 y en la Figura 50.

Tabla 44

Balance del inventario diciembre 2016 – febrero 2017

Balance de inventario	Febrero 2017 vs enero 2017		Febrero 2017 vs diciembre 2016	
	Monto (\$)	Variación	Monto (\$)	Variación
Inventario inicial (*)	-163,716.27	-10.39%	-38,019.38	-2.62%
Recibido	144,426.46	0.00%	-38,876.88	-21.21%
Consumido	71,152.97	43.46%	177,262.80	307.71%
Diferencia Rec-Cons	73,273.49	-44.76%	-216,139.68	-171.95%
Inventario final (*)	-90,442.79	-6.41%	-254,159.06	-16.13%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 57), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

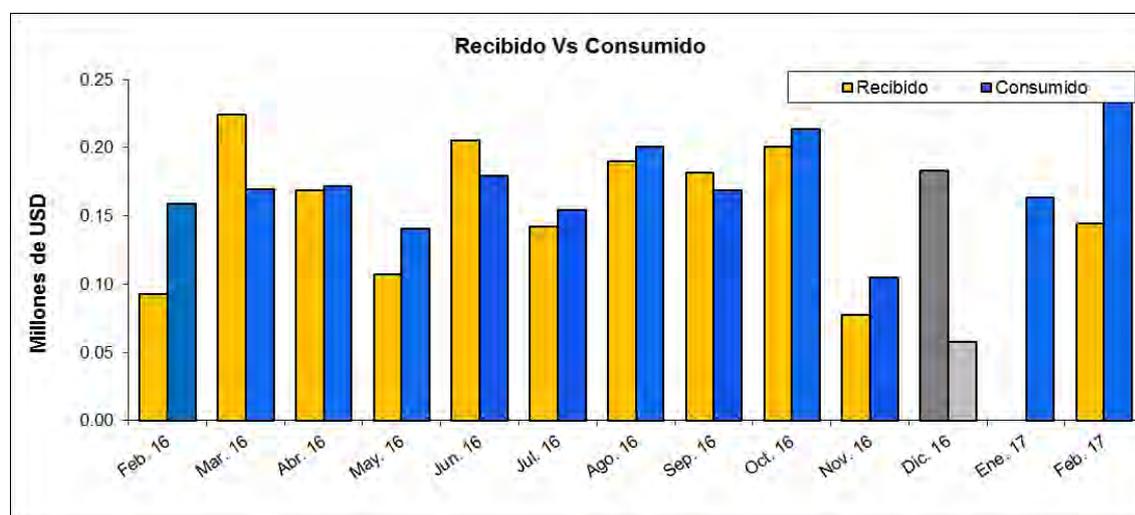


Figura 50. Balance del inventario periodo 2016 – febrero 2017

Tomado del «Plan anual» (p. 57), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Como se puede apreciar el balance del inventario, el monto de los *SKUs* consumidos es mayor al ingreso de materiales, así mismo hay una disminución de 6.41% con respecto al

mes anterior (enero), y con relación al mes de diciembre del año 2016, ha disminuido en un 16.13%, indicando que el objetivo de la empresa es reducir los costos de almacenamiento, mediante el control del consumo de materiales para las reparaciones y operación de las maquinarias de la unidad operativa.

10.5.3. Rotación del Inventario

A continuación, se muestra los datos y rotación del inventario, en la Tabla 45 y en la Figura 51.

Tabla 45

Variación de la rotación del inventario diciembre 2016 – febrero 2017

Variaciones	Febrero 2017 vs enero 2017	Febrero 2017 vs diciembre 2016
Rotación	0.51%	0.71%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 59), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

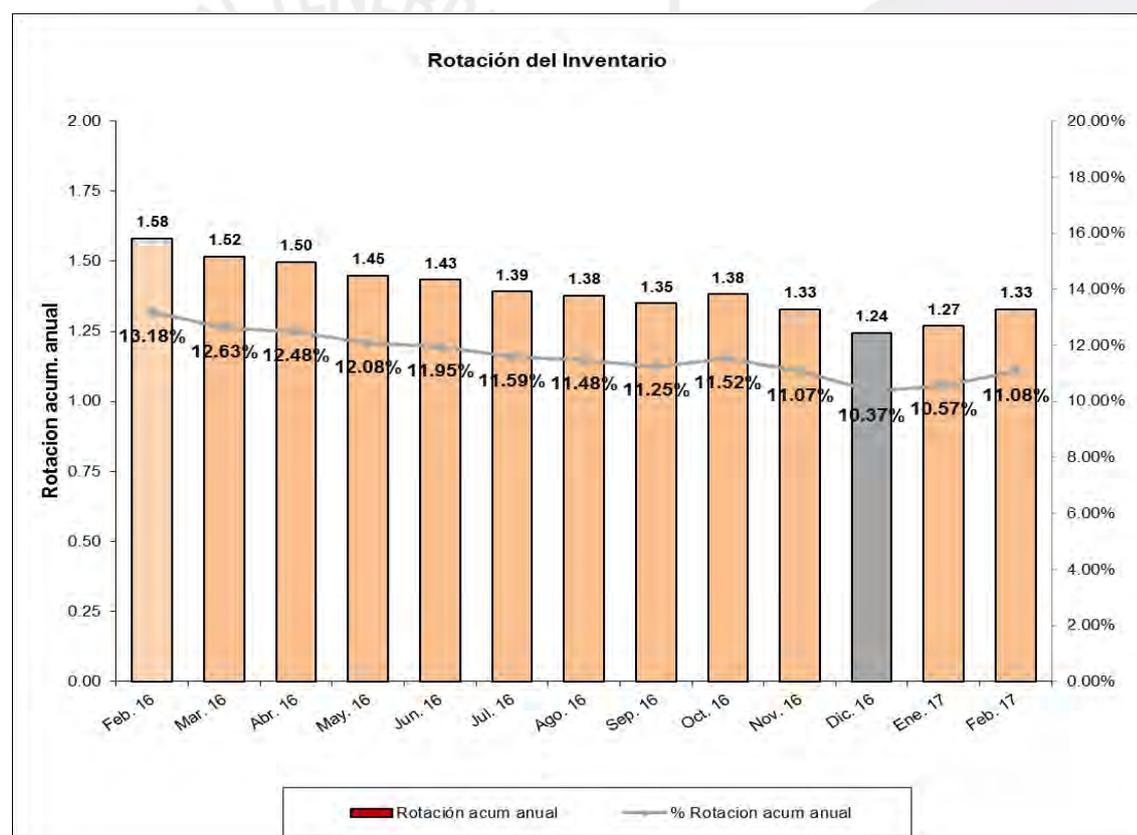


Figura 51. Variación de la rotación del inventario periodo 2016 – febrero 2017

Tomado del «Plan anual» (p. 59), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

Como se puede apreciar la rotación ha sufrido un aumento de 0.51% con respecto al mes anterior (enero), y con relación al mes de diciembre del año 2016, ha aumentado en un 0.71%, esto es consecuencia de la disminución en el inventario y el control en el consumo de los *SKUs*, que se evidencio en la variación y balance del inventario.

10.5.4. Meses de Cobertura del Inventario

A continuación, se muestra los datos cobertura del inventario, en la Tabla 46 y en la Figura 52 y Figura 53.

Tabla 46.

Variación de meses de cobertura del inventario

Materiales Planificados	Febrero 2017 vs enero 2017		Febrero 2017 vs diciembre 2016	
	Meses de cobertura	Variación	Meses de cobertura	Variación
Críticos	-3.15	-33.89%	-0.83	-11.96%
Regulares	-1.14	-31.75%	-0.19	-7.18%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 60), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

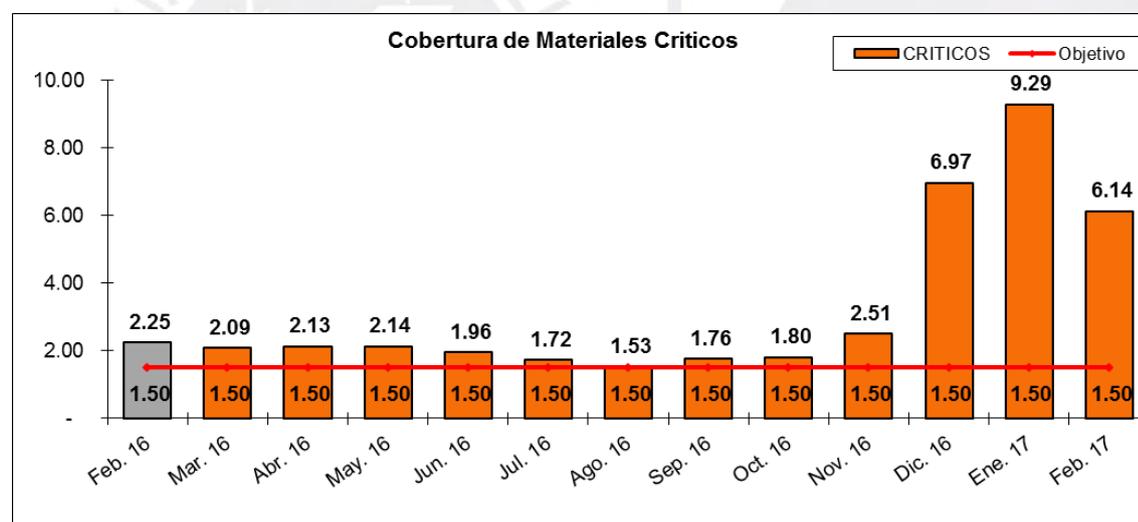


Figura 52. Meses de cobertura de SKUs críticos periodo 2016 – febrero 2017

Tomado del «Plan anual» (p. 61), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

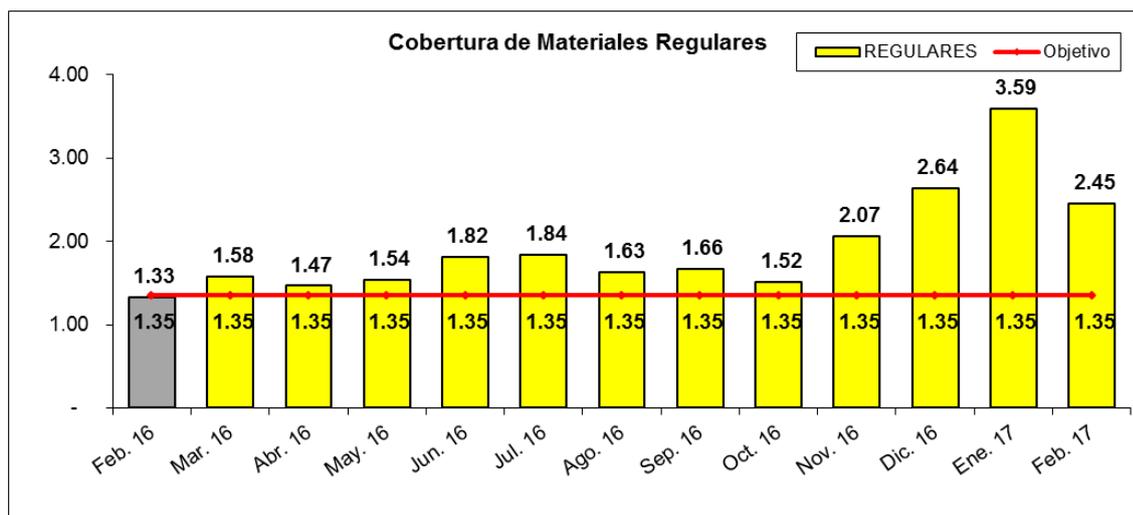


Figura 53. Meses de cobertura de SKUs regulares periodo 2016 – febrero 2017
Tomado del «Plan anual» (p. 61), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú:
Hochschild.

Como se puede apreciar los meses de cobertura ha sufrido una disminución de 32.82% con respecto al mes anterior (enero), y con relación al mes de diciembre del año 2016, ha disminuido en un 9.57%, a pesar de la disminución aún se mantiene un nivel alto de inventario, llegando a tener una cobertura muy alta de 6.14 meses, siendo su meta 1.50 meses en *SKUs* críticos; también se obtuvo un nivel 2.45 meses, siendo su meta 1.35 en *SKUs* regulares, teniendo en ambos *SKUs* (críticos y regulares) la condición de sobre-stock.

10.6. Propuestas de mejoras

A continuación, procedimos a identificar los problemas en la gestión logística de la empresa, siendo:

- Deficiente manejo de materiales, ya que sus niveles de inventario promedio altos, a pesar la disminución durante estos periodos, el inventario en líneas generales sigue siendo mucho mayor al que se requiere, esto se evidencia en los meses de cobertura, llegando a tener hasta de 6.14 meses, siendo su meta 1.50 meses en *SKUs* críticos y 2.45 meses siendo su meta 1.35 en *SKUs* regulares, esto ocasiona que sus costos de almacenamiento sean elevados y su inventario tienda mayor riesgo a perder valor por la obsolescencia tecnología y física.

Frente a la problemática encontrada, utilizaremos la técnica de Análisis Causa – Efecto a fin de obtener las mejores soluciones y plantear como recomendaciones para mejorar el desempeño logístico de la empresa en estudio, como se muestra en la Figura 54.

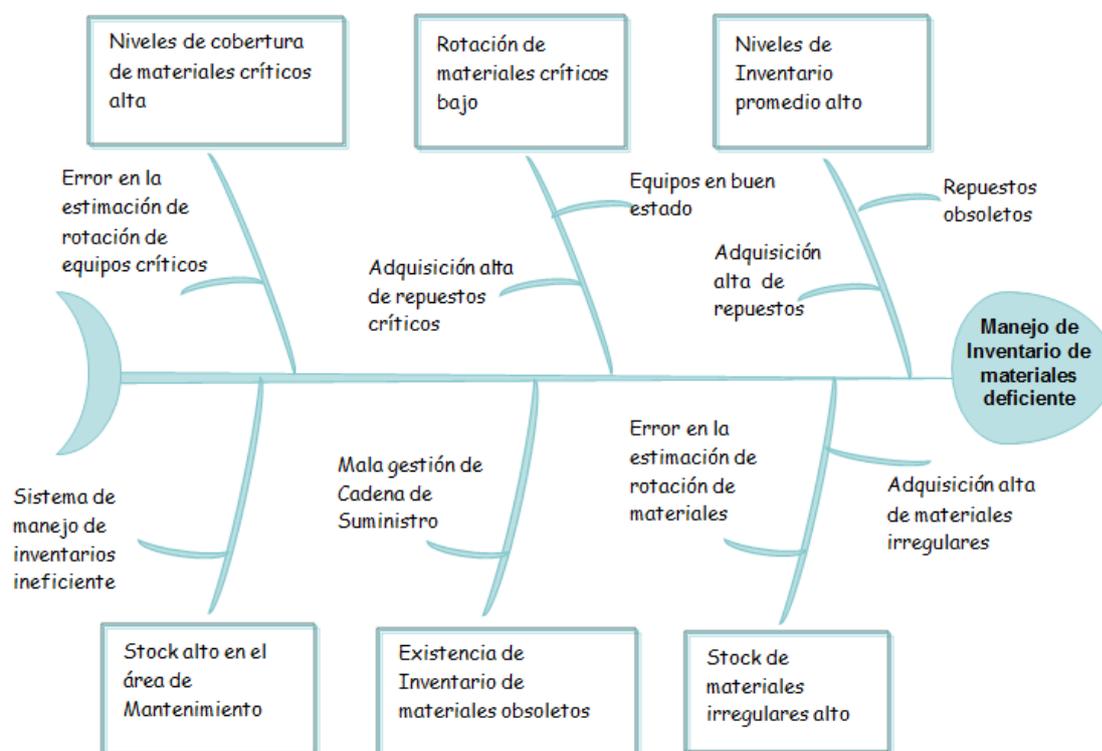


Figura 54. Diagrama causa-efecto / Ishikawa de la gestión logística

A continuación se detalla las siguientes propuestas de mejora para mitigar las causas identificadas, mediante el diagrama causa-efecto.

Oportunidad de mejora -Causas:

- Nivel de inventario promedio alto.
- Stock de materiales irregulares altos
- Existencia de inventario de materiales obsoletos

Propuesta de mejora -acciones correctivas:

- Mejorar el proceso de planificación de materiales o *SKUs*, mediante la segregación de los materiales por su costo de almacenamiento, ubicación en la zona de Pareto y por

ultimo su categoría (crítico o regular), se le asignó una cobertura, como se muestra en la Tabla 47, con la finalidad de asignar la cobertura a los materiales que correspondan según su consumo promedio histórico y así evitar meses de cobertura excesiva, generando sobre-stock y costos de almacenamiento altos, como se muestra en la Tabla 47.

Segregación SKUs propuesto

Categoría	Zona Pareto	Cobertura propuesta
Críticos	A	3.00
Críticos	B	3.00
Regulares	B	1.50
Regulares	C	2.00

- Tabla 48 y en la Tabla 49, donde se analizó el balance del inventario según su consumo e inventario histórico, y se asignó los meses de cobertura según la importancia del *SKUs* en el proceso productivo y su costo de almacenamiento.

Oportunidad de mejora -Causas:

- Nivel de cobertura de materiales críticos alta
- Stock alto en el área de mantenimiento
- Rotación de materiales críticos bajos

Propuesta de mejora -acciones correctivas:

- Para ajustar la cobertura de stock, en meses donde se presenten picos de consumo, el proceso de planificación deberá basarse del cronograma de mantenimientos y operación de la unidad operativa, incrementando el inventario de manera puntual para cubrir la demanda de los clientes internos, en este caso enfocándose en la planta concentradora, ya que es el cliente interno que demanda mayor número de materiales.

- Involucrar a todo su Usufructo (proveedores), mediante revisiones de sus indicadores de Nivel de servicio, ya que es un factor clave en el manejo del inventario, transfiriendo el riesgo y costos de material de alto valor para que sean manejados por el proveedor.
- Reuniones periódicas con todo el equipo de trabajo y proveedores de material y transportistas, para identificar oportunidades de mejora en las operaciones del almacén y logística, estableciendo procedimientos de atención al cliente interno (unidad operativa).



Tabla 47

Segregación SKUs propuesto

Categoría	Zona Pareto	Cobertura propuesta
Críticos	A	3.00
Críticos	B	3.00
Regulares	B	1.50
Regulares	C	2.00

Tabla 48

Balance del inventario (inventarios - consumos)

Meses	Balance de inventario				Variación
	Inventario Inicial (*) (\$)	Recibido (\$)	Consumido (\$/mes)	Cobertura de stock (mes)	
Dic-15	1,621,035.61	126,013.39	182,888.57	9.55	
Ene-16	1,564,160.43	96,394.89	139,166.81	11.93	24.91%
Feb-16	1,521,388.51	92,968.97	158,999.26	10.15	-14.91%
Mar-16	1,455,358.22	224,401.75	169,130.94	9.93	-2.18%
Abr-16	1,510,629.03	168,658.19	171,667.92	9.78	-1.51%
May-16	1,507,619.30	107,486.52	140,646.45	11.48	17.39%
Jun-16	1,474,459.37	205,471.91	179,578.39	9.35	-18.54%
Jul-16	1,500,352.89	142,021.94	153,930.02	10.67	14.05%
Ago-16	1,488,444.81	189,918.88	200,294.50	8.38	-21.46%
Set-16	1,478,069.19	181,500.54	168,972.67	9.82	17.21%
Oct-16	1,490,597.06	200,331.36	213,841.15	7.91	-19.49%
Nov-16	1,477,087.27	77,741.65	104,842.73	14.83	87.55%
Dic-16	1,449,986.19	183,303.34	57,606.45	28.35	91.18%
Ene-17	1,575,683.08	0	163,716.28	9.62	-66.05%
Feb-17	1,411,966.81	144,426.46	234,869.25	6.63	-31.15%
Consumo promedio (\$/mes)	162,676.76				
Inventario Final (\$)	1,321,524.02				

Tabla 49

Propuesta de cobertura del inventario

Categoría	Descripción	Monto (\$)	%	% Acumulado	Zona Pareto	Cobertura propuesta	Inventario propuesto (\$)	Ahorro (\$)
Críticos	Rep. Específicos	999,720.72	75.65%	75.65%	A	3.00	369,194.91	630,525.81
Críticos	Eléctricos y mecánicos	102,567.04	7.76%	83.41%	B	3.00	37,871.15	64,695.89
Regulares	Ferretería/Construcción	71,144.21	5.38%	88.79%	B	1.50	13,128.01	58,016.20
Regulares	Reactivos	49,209.71	3.72%	92.51%	B	1.50	9,077.36	40,132.35
Regulares	Rep. Genérico	37,074.83	2.81%	95.32%	B	1.50	6,856.83	30,218.00
Regulares	Barrenos, brocas	11,716.45	0.89%	96.21%	C	2.00	2,895.65	8,820.80
Regulares	Lubricantes, aceites	15,895.14	1.20%	97.41%	C	2.00	3,904.24	11,990.90
Regulares	Seguridad, limpieza	14,080.67	1.07%	98.48%	C	2.00	3,481.28	10,599.39
Regulares	Herramientas	13,628.76	1.03%	99.51%	C	2.00	3,351.14	10,277.62
Regulares	Gases y laboratorio	4,089.75	0.31%	99.82%	C	2.00	1,008.60	3,081.15
Regulares	Abarrotes	986.83	0.07%	99.89%	C	2.00	227.75	759.08
Regulares	Medicinas y mat. hospitalario	525.55	0.04%	99.93%	C	2.00	130.14	395.41
Regulares	Combustibles	784.91	0.06%	99.99%	C	2.00	195.21	589.70
Regulares	Llantas, cámara	99.45	0.01%	100.00%	C	2.00	32.54	66.91
Total		1,321,524.02	100.00%				451,354.80	870,169.22

10.7. Conclusiones

- La categoría de Repuestos Específicos representa el mayor porcentaje (75.60%) de los gastos de los productos que son adquiridos por esta empresa.
- El inventario de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, está presentado en un 48.89% por *SKUs* de tipo estratégicos, que agrupa a los materiales requeridos para la atención del cliente interno (operaciones y mantenimiento) en la planta concentradora.
- El inventario según el tipo de *SKUs*, ha disminuido en 6.41%, con respecto al mes anterior (enero), así mismo en el balance del inventario, el monto de los *SKUs* consumidos es mayor al ingreso de materiales, mostrando una disminución de 6.41% con respecto al mes anterior (enero), estos dos factores disminución del inventario y aumento en el consumo, ocasionan que la rotación ha sufrido un aumento de 0.51% con respecto al mes anterior (enero).
- El inventario tiene un estado de sobre-stock, ya que la cobertura es 6.14 meses, siendo su meta 1.50 meses en *SKUs* críticos y 2.45 meses siendo su meta 1.35 en *SKUs* regulares, siendo ambos valores muy altos, ocasionando altos costos de almacenamiento y de obsolescencia.
- De la propuesta de mejora, que consiste en asignar niveles de cobertura al inventario, según el costo de almacenamiento, ubicación en la zona de pareto y su importancia en el proceso productivo (crítico o regular), se ha obtenido un ahorro potencial de \$ 870,169, para obtener este ahorro la tarea de planificación del inventario y de mantenimiento con las demás áreas logísticas, deberán tener una comunicación fluida y eficaz, para evitar desabastecimientos de materiales.

Capítulo XI. Gestión de Costos

En este capítulo se analizó la información de los costos principales que impactan en las operaciones mineras de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, los costos están distribuidos en los *Capex* y *Opex* programados para la planta concentradora; también los costos de los diferentes procesos de la operación, así como los servicios que prestan diferentes áreas y que son cargados al proceso de planta.

11.1. Costeo por órdenes de trabajo

El costeo realizado por órdenes de trabajo está alineado a las provisiones que son asignadas a los diferentes equipos de la planta concentradora, estas provisiones son distribuidas mes a mes, para realizar las diferentes órdenes de trabajo de mantenimiento programadas para los equipos de planta. Se asignó estas provisiones en los equipos de mayor envergadura, considerados críticos para la continuidad de las operaciones en la planta, ya que, si fallase algún equipo, ocasionaría detener las actividades de producción. La Tabla 50, muestra las provisiones por cada centro de costo.

Tabla 50 *Provisiones Necesarias en el año 2017*

Provisiones Planta Concentradora 2017

Provisiones planta año 2017			
Meses	Costo de equipos planta (\$)	Servicios generales planta (\$)	Monto total (\$)
Enero	130,644.00	7,507.00	138,150.00
Febrero	130,644.00	7,507.00	138,150.00
Marzo	210,331.00	12,038.00	222,370.00
Abril	138,789.00	10,213.00	149,002.00
Mayo	138,789.00	10,213.00	149,002.00
Junio	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Julio	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Agosto	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Setiembre	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Octubre	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Noviembre	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Diciembre	237,749.00	12,071.00	249,819.00
Total	2,413,437.00	131,972.00	2,545,409.00

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 40), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

La utilización de estas provisiones en lo que va del año 2017, tiene una diferencia de 9%, este valor fue resultado debido a que no se operó por conflictos

sociales presentados con la comunidad campesina de Pallancata, regularizándose la operación a partir del mes de febrero. Se muestra a continuación en la Tabla 51 la ejecución de las provisiones asignadas a los equipos de la planta, para la ejecución de sus órdenes de trabajo.

Tabla 51

Ejecución de las provisiones al mes de mayo 2017

Asignación	Acumulado Total año 2017			
	Plan (\$)	Real (\$)	Variación (\$)	Variación (%)
Operación planta	383,156.00	353,711.00	-29,445.00	-0.08
Servicios Generales planta	249,674.00	224,734.00	-24,940.00	-0.10
Otros equipos	39,984.00	34,159.00	-5,825.00	-0.15
Gastos de provisiones	672,814.00	612,604.00	-60,210.00	-0.09

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 40), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Los *opex* (costos operacionales y de mantenimiento) definidos para Planta Concentradora para el año 2017 fueron tres: Fabricación y cambio de letreros faltantes en la planta, el cambio de la geo-membrana de la presa o depósito de “relave 02” dañada por el sol y la calibración de los piezómetros de la presa o depósito de “relave 03” como se puede ver en la Tabla 52 mostraba a continuación.

El monto del *capex* (inversiones o compras) definidos para la planta concentradora en el año 2017 fueron establecidos en base a prioridad de la operación, se solicitó un cargador frontal ya que los dos equipos que se tiene en planta (Cargador frontal CAT 950 H) se encuentran en muy malas condiciones por lo cual en la solicitud inicial se pidió este equipo. La Tabla 53 muestra el *capex* inicial de la planta concentradora Selene.

Tabla 52

OPEX Planta Concentradora para el año 2017

Planta OPEX	Presupuesto (\$)	Real (\$)	Comprometido (\$)	Saldo (\$)
13SE-17-PT01 Cambio de Letreros en Planta	4,559.18	1,093.55	0.00	3,465.63
13SE-17-PT02 Cambio Geo membrana Presa Relaves N° 2	36,946.19	0.00	8,764.00	28,182.19
13SE-17-PT03 Calibración Piezómetros Presa Relaves #03	12,000.00	0.00	12,000.00	0.00
13SE-17-PT04 Planta de Lavado de Mineral	300,000.00	0.00	0.00	300,000.00
Monto total - Implementaciones y Mejoras	353,505.37	1,093.55	20,764.00	331,647.82

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 40), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 53

CAPEX Planta Concentradora para el año 2017

CAPEX Mantenimiento Selene 2017	Presupuesto (\$)	Real (\$)	Comprometido (\$)	Saldo (\$)
Implementaciones y Mejoras	19,158.00	0.00	0.00	19,158.00
Compra de Equipos	75,271.00	7,245.20	68,005.55	20.25
Overhaul	150,850.00	4,295.17	118,691.66	27,863.17
Monto total	245,279.00	11,540.37	186,697.21	47,041.42

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 40), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

11.2. Costeo Basado en Actividades

Actualmente no se aplica el costeo basado en actividades, ya que se trabaja como base de asignación el tonelaje procesado en la planta concentradora, teniendo un costo unitario promedio de \$ 0.93 por onzas equivalentes de plata, como se muestra en la Tabla 54. En la planta concentradora se genera la totalidad de los costos de producción, que se incurren para la obtención del concentrado de mineral (oro y plata), ya que allí se dan las actividades de chancado, molienda, concentración, manejo de relaves y manejo de productos. El costo de operación de la planta está compuesto por dos ítems como son los costos directos y los costos de servicios generales planta, como se muestra en la Tabla 55 y en la Tabla 56. Los distribuibles asignados a planta son parte de los costos de la parte operativa los cuales comprenden diez ítems, estos costos son de todos los proveedores internos de la unidad Operativa Selene, donde uno de los más altos es la valorización de taller mecánico.

Tabla 54 *Costo unitario de onzas de plata*
Costo unitario de onzas de plata

Descripción	Costo onza equivalente de plata año 2017		
	Costo total planta (\$)	Oz eq Ag	\$/Oz Eq Ag
Enero	0.00	0.00	0.00
Febrero	467,062.00	647,575.64	0.72
Marzo	533,620.00	604,151.92	0.88
Abril	481,227.00	575,686.24	0.84
Mayo	501,251.00	584,430.20	0.86
Junio	956,906.00	751,420.75	1.27
Total	2,940,066.00	3,163,264.75	0.93

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 41), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

11.2.1. Costos de producción

Los costos de producción son expresados en dólares por tonelada tratada de mineral (\$/tn). En la planta concentradora el costo de producción establecido para el año 2016 fue de \$10.12 por tonelada tratada, pero se tuvo un costo real de \$10.55 por tonelada tratada como se observa en la Tabla 57, así mismo se evidencia que se superó la producción o tonelaje tratado en 6.49%, como se muestra en la Tabla 58.

Tabla 55

Costo de operación de la planta

Costos de Operación Planta Concentradora Año 2016						
Meses	Tonelaje Tratadas	Costo Directo Planta (\$)	Servicios Generales (\$)	Costo Total Planta (\$)	Costo Unitario \$/Tn	
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	37,617.99	297,155.00	169,907.00	467,062.00	12.42	
Marzo	34,043.98	374,086.00	159,534.00	533,620.00	15.67	
Abril	34,036.87	317,309.00	163,918.00	481,227.00	14.14	
Mayo	37,804.55	330,794.00	170,457.00	501,251.00	13.26	
Junio	49,440.30	764,395.00	192,511.00	956,906.00	19.35	
Total	192,943.69	2,083,739.00	856,327.00	2,940,066.00	15.24	

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 41), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 56

Costo servicios generales

Costos de servicios generales Planta Concentradora Año 2017 (\$)							
Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Taller Eléctrico	0.00	12,243.00	11,976.00	10,495.00	11,362.00	13,868.00	59,944.00
Taller Mecánico	0.00	20,110.00	22,092.00	25,414.00	30,390.00	31,627.00	129,633.00
Taller Instrumentos	0.00	2,866.00	2,784.00	4,233.00	4,658.00	3,654.00	18,195.00
Opex Lab. Químico	0.00	455.00	-265.00	116.00	972.00	2,087.00	3,365.00
Opex Inv. Metalúrgica	0.00	395.00	0.00	534.00	122.00	449.00	1,500.00
Laboratorio Químico	0.00	9,036.00	6,915.00	6,805.00	7,936.00	8,554.00	39,246.00
Investigación Metal	0.00	7,850.00	7,269.00	7,509.00	12,373.00	11,306.00	46,307.00
Energía	0.00	79,541.00	68,638.00	85,942.00	80,248.00	87,505.00	401,874.00
Energía Peaje	0.00	37,411.00	40,125.00	22,870.00	22,396.00	33,461.00	156,263.00
Total	0.00	169,907.00	159,534.00	163,918.00	170,457.00	192,511.00	856,327.00

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 41), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 57

Variación de costos de Planta Concentradora

Asignación	Plan	Real	Plan	Real	Variación	Monto
	Miles (\$)		\$/tonelada		\$/tonelada	
Presupuesto Inicial	3,317.20	2,583.03	10.12	10.55		10.12
Tonelaje	327,858.61	244,764.89	8.28	11.09	2.81	2.81
Reactivos	138.02	91.49	0.42	0.37	-0.05	-0.05
Planillas	906.97	728.58	3.71	2.98	-0.73	-0.73
Provisiones	1,533.57	1,235.27	6.27	5.05	-1.22	-1.22
Seguros	196.44	109.36	0.80	0.45	-0.36	-0.36
Bolas Molino	368.47	269.53	1.12	1.10	-0.02	-0.02
Suministro Combustible	35.33	34.78	0.11	0.14	0.03	0.03
Suministro Ferretería	18.87	15.60	0.06	0.06	0.01	0.01
Otros Suministros	41.73	24.77	0.13	0.10	-0.03	-0.03
Repuestos Específicos	40.21	35.17	0.16	0.14	-0.02	-0.02
Otros	37.58	38.48	0.15	0.16	0.00	0.00

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 42), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 58

Resumen de tratamiento planta mayo 2017

Descripción	Unidad	Plan	Real	variación
Tonelaje tratado	tn	35,501.00	37,805.00	-6.49%
Le de oro	gr/tn	1.79	1.76	1.68%
Ley de plata	gr/tn	443.01	415.61	6.18%
Recuperación de oro	%	83.27	85.90	-3.16%
Recuperación de plata	%	86.80	88.80	-2.30%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 42), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

El valor mayor de variación sobre la estimación de los costos de planta es de \$ 2.81 por tonelada tratada, esto a raíz de la paralización de la planta por conflicto social con la comunidad de Pallancata donde se extrae el mineral para ser tratado en la Unidad Operativa Selene, en los otros ítems es negativo la variación por el mismo tema, ya que no se usó provisiones, los reactivos, bolas, suministros de combustible, planillas, en el cuadro siguiente vemos la gráfica de cómo impactaron estos ítems en cuanto a los costos de la Planta concentradora. La Figura 55 muestra la variación de los costos del año 2016. Este aumento de la producción impacta positivamente en disminuir el costo por tonelada tratada, otro punto es la no realización del *Opex* programado para este mes como es el cambio de la geo-membrana en la presa de “relave 02” como se puede observar en la figura siguiente, teniendo que el consumo de bolas aumenta por el mayor

tonelaje que se pasa, por lo cual impacta negativamente en \$ 0.10 por tonelada tratada.

La Figura 56 muestra la variación de costos del mes de mayo 2017.

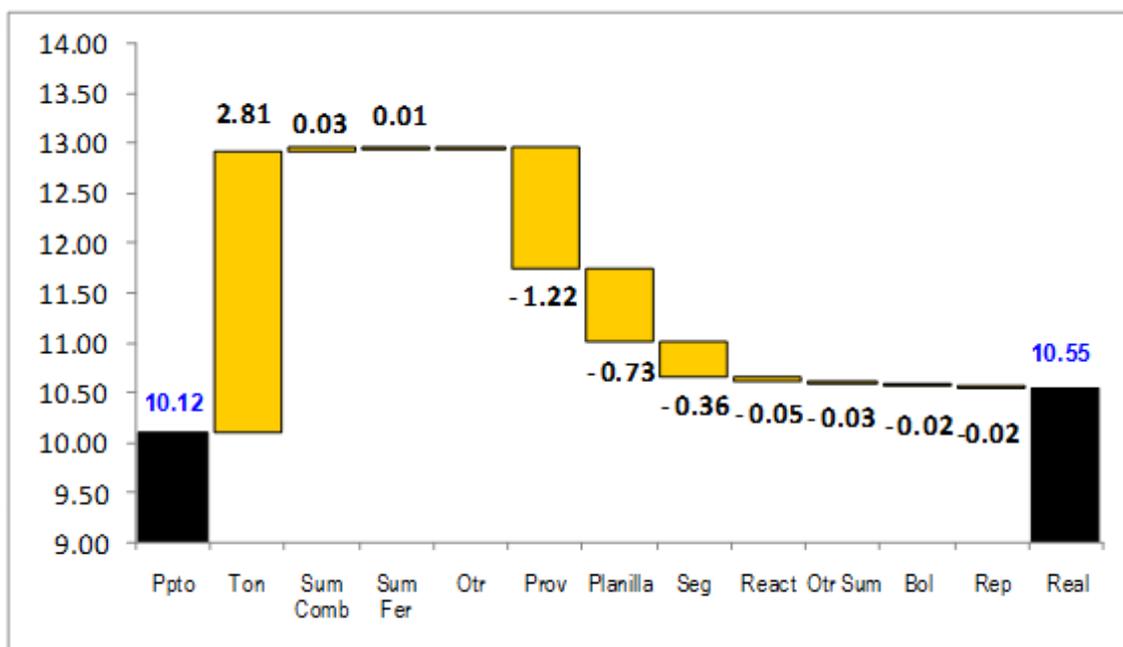


Figura 55. Variación de costos año 2016

Tomado del «Plan anual» (p. 43), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochtchild.

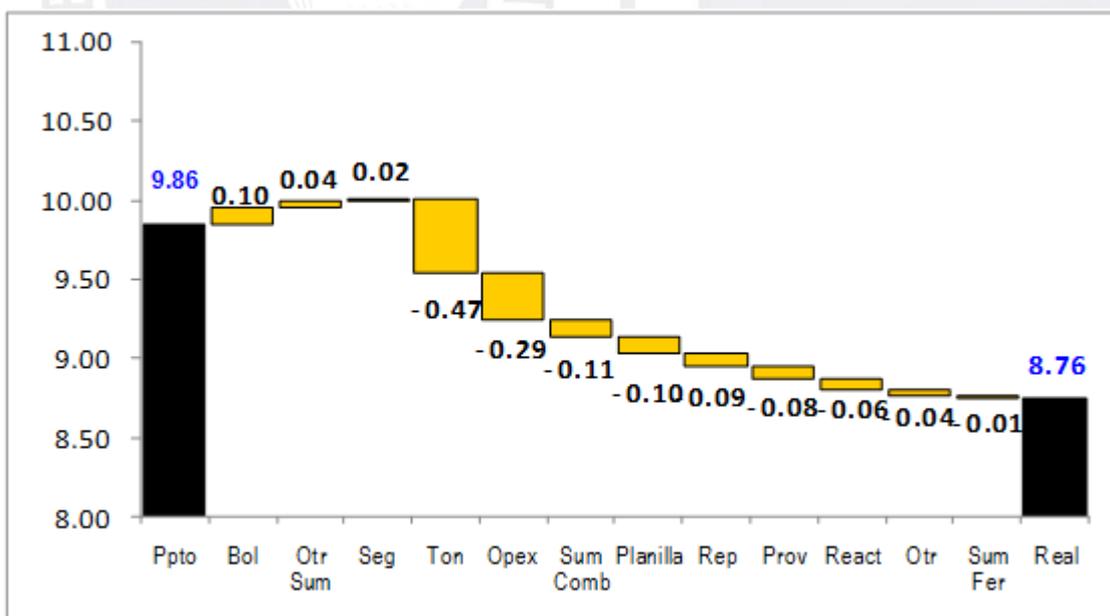


Figura 56. Variación de costos mayo 2017

Tomado del «Plan anual» (p. 43), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochtchild.

11.3. El Costo de Inventarios

Estos materiales también están clasificados por sus características para el área de planificación distribuyéndose en críticos, regulares, irregulares, estratégicos, obsoletos y proyectos donde los mayores costos son en irregulares y estratégicos. Actualmente el costo de almacenamiento de los repuestos específicos, representa el 75.65% del costos total del inventario a finales del mes de febrero, como se muestra en la Tabla 59, esto se debe a que se mantienen un nivel alto de inventario para reducir el riesgo de presentar un evento de maquina parada que detenga las operaciones de la planta, así mismo se tiene un monto de \$107,866 en repuestos críticos como se muestra en la Tabla 60.

Al presentarse la crisis de precios de los metales la Compañía Minera Ares se planteó una reducción agresiva de los inventarios en todas sus unidades, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Este plan de acción ermitió reducir significativamente el costo de almacenamiento y de manipulación de productos y las pérdidas por deterioro de materiales delicados o consumibles perecibles.

Tabla 59 *Distribución del inventario*

Distribución del inventario

Monto de inventario a fines de febrero año 2017		
Descripción	Monto (\$)	% participación
Rep. Específicos	999,720.72	75.65%
Eléctricos y mecánicos	102,567.04	7.76%
Ferretería/Construcción	71,144.21	5.38%
Reactivos	49,209.71	3.72%
Repuestos genéricos	37,074.83	2.81%
Barrenos, brocas	11,716.45	0.89%
Lubricantes, aceites	15,895.14	1.20%
Seguridad, limpieza	14,080.67	1.07%
Herramientas	13,628.76	1.03%
Gases y laboratorio	4,089.75	0.31%
Abarrotes	986.83	0.07%
Medicinas e insumos hospitalarios	525.55	0.04%
Combustibles	784.91	0.06%
Llantas, cámara	99.45	0.01%
Explosivos	0.00	0.00%
Maderas	0.00	0.00%
Total	1,321,524.02	100.00%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 44), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 60

Monto según la clasificación del inventario

Materiales	Clasificación del inventario					
	Diciembre-16	Enero-17	Febrero-17	Marzo-17	Abril-17	Mayo-17
Críticos	\$199,280.29	\$138,667.23	\$110,792.03	\$109,314.21	\$110,520.78	\$107,866.70
Regulares	\$29,119.03	\$29,126.88	\$21,119.11	\$43,603.47	\$41,670.64	\$45,285.89
Irregulares	\$547,288.15	\$559,966.24	\$543,525.75	\$569,344.78	\$545,979.30	\$970,521.14
Estratégicos	\$669,957.32	\$684,206.46	\$646,087.13	\$623,656.30	\$598,311.76	\$138,068.66
Obsoletos	\$130,038.29	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$44,700.90
Proyectos	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Total	\$1,575,683.08	\$1,411,966.81	\$1,321,524.02	\$1,345,918.76	\$1,296,482.48	\$1,306,443.29

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 45), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.



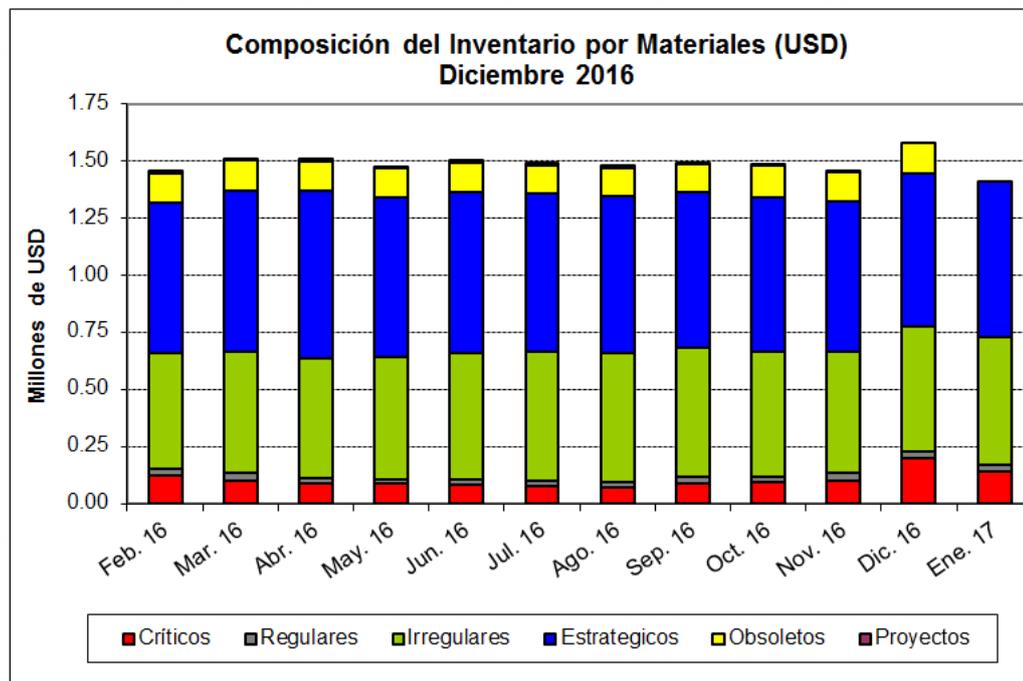


Figura 57. Variación del nivel de inventario
Tomado del «Plan anual» (p. 44), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú:
Hochschild.

11.4. Propuestas de Mejora

- Se procedió realizar el costeo basado en actividades ABC, desglosando el objeto de costos de onzas equivalentes de plata (Oz Eq Ag), que actualmente se maneja como una base de asignación, siendo el resultado de la suma del concentrado de mineral de oro y plata, ya que para realizar una conversión equivalente de oro, multiplicando por el factor interno que maneja la unidad operativa, que es el valor de 74, para que sea equivalente a la plata y se puedan sumar los valores, dando un solo valor denominada onzas equivalentes de plata, esto ocasiona que se disperse el costo que se incurren en obtener el concentrado de oro, diluyéndolo y evitando realizar planes de acción sobre las actividades que se realizan propias del proceso de obtención de oro, se realizó el desglose

obteniendo el valor de 301.41 \$/oz eq Au+Ag, siendo el costo real que se incurre en la obtención de los dos productos, como se muestra en la Tabla 61 y en la Tabla 62

Tabla 61

Costeo basado en actividades de la planta – propuesta

Costo onza equivalente de plata y oro año 2017					
Descripción	Costo total planta (\$)	Oz eq Au	Oz eq Ag	\$/Oz Eq Au	\$/Oz Eq Ag
Enero					
Febrero	467,062.00	2,060.25	495,117.00	226.70	0.94
Marzo	533,620.00	1,834.58	468,392.78	290.87	1.14
Abril	481,227.00	1,799.64	442,513.02	267.40	1.09
Mayo	501,251.00	1,835.65	448,592.34	273.07	1.12
Junio	956,906.00	2,263.64	583,911.57	422.73	1.64
Total	2,940,066.00	9,793.76	2,438,526.70	300.20	1.21

Tabla 62

Comparación de costos actual vs propuesta

Costo onza equivalente de plata año 2017		
Descripción	Actual \$/Oz Eq Ag	Propuesto \$/Oz Eq Ag
Enero		
Febrero	0.72	0.94
Marzo	0.88	1.14
Abril	0.84	1.09
Mayo	0.86	1.12
Junio	1.27	1.64
Total	0.93	1.21

- Reducción del costo de los inventarios mediante la evaluación de los materiales irregulares, ya que poseen una baja rotación, transfiriéndolos a la categoría de obsoletos, tomando como base el plan de acción que se realizó a los materiales o repuestos de equipos de planta que fueron “dado de baja” o se retiraron de la operación por antigüedad y reemplazo de otros equipos como el caso de la chancadora primaria Osborn 30” x 20” por una chancadora de mayor capacidad como es la chancadora primaria Metso 40” x 30”, dicho cambio se realizó en la ampliación de capacidad de la planta de 2,000 a 3,000 toneladas. Al realizar esta acción se logrará reducir el monto de los materiales irregulares en \$45,079

(alrededor de 4.64%, ver Tabla 59), pasando a la clasificación de obsoletos para que se pueda realizar su disposición mediante la venta a terceros.

11.5. Conclusiones

- El costo actual de la planta concentrado se basa en considerar un solo tipo de base de asignación de costos, siendo el costo de las onzas equivalentes de plata, sin tomar en cuenta los costos que se incurren para la obtención del mineral de oro, ya que las onzas equivalentes de plata, incluye tanto las onzas de plata y de oro (previa conversión del valor), teniendo un valor inicial de 0.93 \$/Oz Eq Ag, siendo mucho menor al costeo propuesto de 1.21 \$/Oz Eq Ag.
- Se tiene costos operativos (*Opex*) que no fueron cargados al costo en marzo y abril porque no se realizaron los trabajos por la presencia de lluvias tardías. Cambio de geo-membrana en presa de “relaves 02” programado para el mes de marzo y calibración de Piezómetros de la presa de “relaves 03” programado para el mes de mayo.
- Al no aprobarse la compra de cargador Frontal, en los presupuestos realizados en octubre del 2016, el cargador Frontal 950 H numero 03 saldrá a reparación en junio, esta reparación está considerado en el costo de apropiación de capital (*Capex*) y es muy posible que pase al *Opex* el cual afectara los costos. Por lo cual, durante los meses de junio, julio y posiblemente agosto se alimentará mineral a planta con un cargador CAT 962 alquilado el cual afectará los costos en las provisiones del costo operativo para estos meses.

Capítulo XII. Gestión y Control de la Calidad

El fenómeno de la globalización ha revolucionado la mayoría de las economías y se ha generalizado en países desarrollados como en vías de desarrollo, tomando gran importancia los temas de estándares de gestión y en especial la Calidad, aportando un punto de vista estratégico para competir en un mercado global. Basándose en normas enfocadas a mejorar los procesos dentro de las empresas, su implementación es una estrategia empresarial a largo plazo, dirigida a proporcionar bienes y servicios para satisfacer plenamente tanto a clientes externos como internos, permitiendo adaptarse a sus expectativas explícitas e implícitas. La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, aplica estándares de calidad en sus procesos, logrando diferenciarse y obtener una ventaja significativa sobre sus competidores.

12.1. Gestión de la Calidad

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, oferta al mercado un producto conocido como *commoditie*, el cual no posee un alto grado de diferenciación en temas de costos y calidad, ya que se maneja bajo estándares ya establecidos por los mercados globales (como por ejemplo en la bolsa de metales de Londres). La empresa se ha especializado en los nichos de mercado de oro y plata. Cabe mencionar que paralelamente tiene una filosofía de eficiencia de costos operativos, para aumentar sus márgenes de ganancia y ser competitiva a nivel global. La gestión de su calidad debe garantizar que el producto final cumpla con los mínimos requeridos por el mercado (contenido de metal y humedad) y que no exceda los rangos máximos de impurezas que afecten al siguiente proceso de fundición.

12.1.1. Los Clientes

Los principales clientes de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, que ofertan al mercado mundial concentrados de plata y oro, son las refinerías

polimetálicas, refinerías de metales preciosos internacionales, con quienes buscamos mantener una relación de largo plazo, ofreciendo un producto acorde con las condiciones de calidad y a los programas de entregas especificados por los contratos. A continuación, se enunciará las principales refinerías de concentrados de plata:

- LS Nikko (Corea)
- Teck Metals LTD (Canada)
- Aurubis AG (Canada)
- Korea Zinc (Corea)
- MRI Trading AG (Perú)
- Cormin S.A (Perú)
- Johnson Matthey Inc (Estados Unidos)
- Argor Heraus S.A. (Suiza)

Principales refinerías de concentrados de oro:

- Valcambi (Suiza)
- Argor Heraeus (Suiza)
- Pamp (Suiza)
- Metalor (Suiza)

12.1.2. La Demanda

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, cotiza en el Mercado Principal de la Bolsa de Valores de Londres y tiene su sede en Lima, Perú. Además, el Grupo cuenta con oficinas en Argentina, Chile y México y una oficina corporativa en Londres. Al estar registrada en la bolsa internacional de metales, sus productos se comercializan a nivel global, con ventas de producción adelantada y cotización a precio de mercado internacional con un retraso promedio de tres meses de entrega. Podemos entonces afirmar que la demanda de la producción es constante y garantizada al 100%

de la producción. El único caso en que se podría tener el riesgo de no vender producción adelantada, es si el producto tiene altos índices de contaminación o impurezas por otros metales y podría generar el rechazo del lote producido.

12.1.3. La Competencia

La competencia de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, están divididas en dos frentes.

12.1.3.1. Frente Interno

Entre las principales empresas competidoras en el ámbito local tenemos a:

- Compañía de Minas Buenaventura
- Volcan Compañía Minera
- Minsur
- Minera Condestable
- Minera Santa Ana
- Minera Bear Creek

12.1.3.2. Frente Externo

En el entorno global existen muchas empresas especializadas en la explotación y venta de concentrados de oro y plata, y entre las principales tenemos:

- Barrick Gold Corporation
- Newmont Mining
- Anglo Gold Ashanti
- Silver Wheaton Corp.
- First Majestic Silver Corp.
- Coeur d'Alene Mines Corporation

12.1.4. Estándares implementados:

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, tiene los siguientes estándares de gestión implementados:

- Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001/ Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI)
- Sistema Integrado de Gestión de Riesgos HM – DNV
- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS 18001
- Gestión de la Seguridad de la Información ISO/IEC 27000
- Sistema de Gestión en Laboratorios ISO/IEC 17025

12.2. Control de la Calidad

Se realiza un monitoreo y seguimiento continuo a todo el proceso productivo en forma integral, con la finalidad de identificar las desviaciones en cada control operacional, que impacten la calidad del producto, entre los más relevantes se encuentran los siguientes parámetros, como se muestra en la Figura 58, Figura 59 y la

Tabla 63.

Mina		Planta		Mantenimiento	
Ítem	Indicador	Ene - Real 17	Feb-Real 16	Feb - Ppto 16	
2.1	Recuperación Au (%)	-	88.23	●	82.94
2.2	Recuperación Ag (%)	-	89.79	●	86.65
2.3	Ratio de Concentración - Concent.	-	66.01	●	70.00
2.4	Concentrado (tn)	-	569.86	●	587.79
2.5	Ley de Ag en concentrado (oz/tn)	-	868.84	●	444.78
2.6	Ley de Au en concentrado (g/tn)	-	112.45	●	56.13
2.7	Consumo de Aerofloat 404 (kg/tn)	-	0.020	●	0.025
2.8	Consumo de Danafloat 771 (kg/tn)	-	0.014	●	0.016
2.9	Consumo de MIBC (kg/tn)	-	0.036	●	0.042
2.1	Consumo de Floculante A-110 (kg/tn)	-	-	●	0.010
2.11	Consumo de Xantato (kg/tn)	-	0.049	●	0.050
2.12	Consumo de Bolas Molino (kg/tn)	-	1.300	●	1.30
2.13	% Menos Malla 200	-	61.06	●	58.00
Eq. Planta					
3.4	Disponibilidad Mecánica (%)	-	99.69	●	94.00
3.5	Utilización (%)	-	99.79	●	94.00
3.7	Mantto. Preventivo Planta (%)	-	92.20	●	90.00
3.12	Equipos Planta (MTBF)	-	3279.00	●	500.00
3.15	Equipos Planta (MTTR)	-	0.00	●	3.00

Figura 58. Principales indicadores de calidad

Tomado del «Plan anual» (p. 50), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 63

Balance metalúrgico del proceso de flotación

Producto	Balance metalúrgico general circuito flotación					
	Peso		Análisis Químico		Recuperación (%)	
	t/h	%	g/t Ag	g/t Au	Ag	Au
Cabeza	100.59	100.00	327.25	1.34	100.00	100.00
Concentrado	1.48	1.47	19601.66	84.02	88.17	92.59
Relave	99.11	98.53	39.29	0.10	11.83	7.41

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 49), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

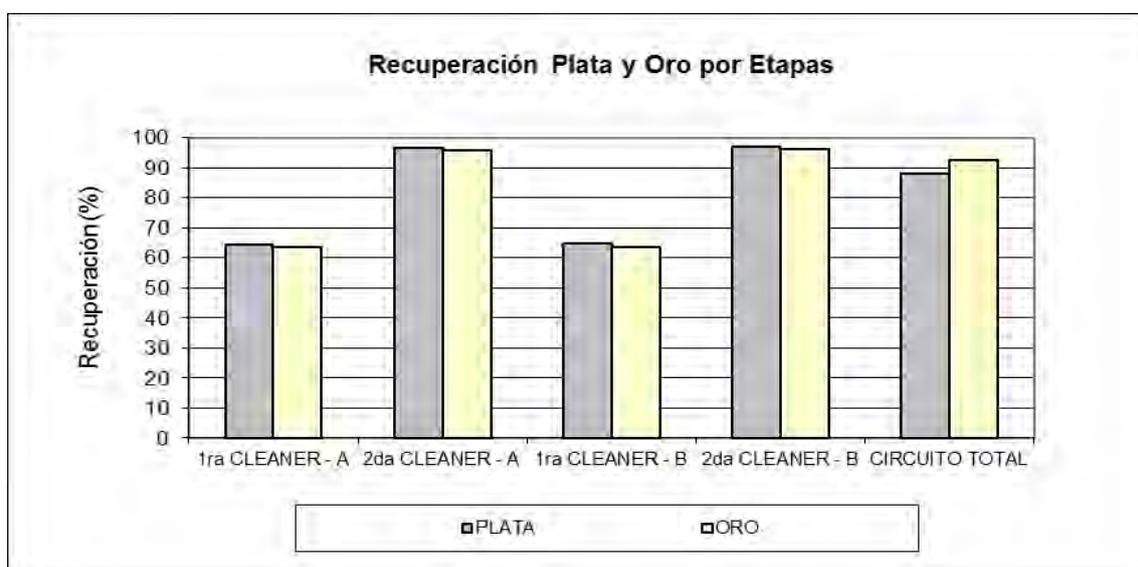


Figura 59. Recuperación plata y oro por etapas del proceso de flotación Tomado del «Plan anual» (p. 49), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

12.2.1. Análisis del Proceso Principal

El proceso principal de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es el de flotación, por las siguientes razones:

- La flotación es el proceso en el cual se realiza la etapa de separación de las partículas valiosas del material estéril (no valioso) mediante la adición de reactivos químicos que alteran las características físicas químicas del mineral permitiendo su separación por el método de flotación.

- Las operaciones previas a la flotación son minado, chancado y molienda del mineral, las cuales buscan liberar las partículas valiosas del material estéril, pero no agregan valor al producto final.
- Después del proceso de flotación las operaciones unitarias posteriores tampoco agregan valor al producto final, simplemente son operaciones de acondicionamiento para su despacho, como es la separación sólido-líquido.
- Si no se realiza los controles adecuados en el proceso de flotación, las partículas valiosas (que contienen el mineral) son arrastradas al relave y por ende ya no es posible recuperarlas en los procesos posteriores.
- El proceso de flotación representa los costos más altos de todo el proceso productivo, el principal motivo es el alto valor de los insumos especializados que se utilizan para la obtención del concentrado de mineral.
- Se realizó el análisis de riesgo y caracterización del proceso de flotación, que se realizó y se detalla de la Tabla 64 a la Tabla 68.

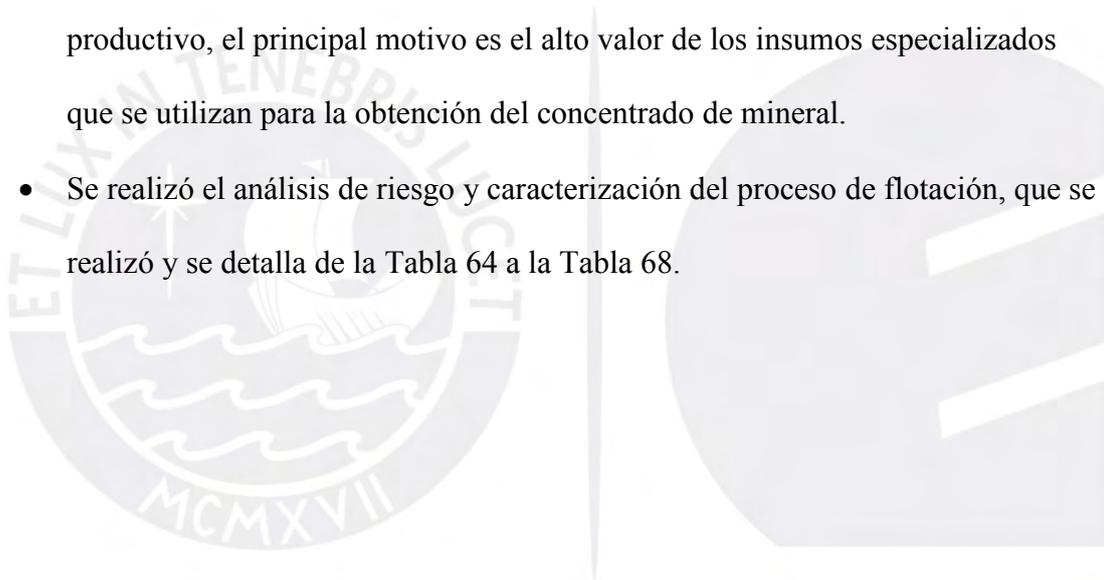


Tabla 64

Caracterización y análisis del proceso de flotación – SIPOC

Ficha de caracterización y análisis de proceso				
Nombre del Proceso	Flotación			
Responsable del Proceso	Jefe De Guardia De Turno			
Objetivo del Proceso	Concentrar por flotación el mineral molido que se recibe de la sección de molienda - Calidad requerida del concentrado obtenido mayor a 20 Kg Au/ton.			
Alcance del Proceso	El alcance se define desde el momento que el mineral ingresa a las celdas de flotación, proveniente del proceso de molienda y termina en los procesos de filtrado y espesamiento de relaves (clientes internos), entregando dos tipos de productos: el primer producto es el concentrado de plata y oro; y un segundo producto con presencia mínima de partículas valiosas que es posteriormente dispuesto en la prensa de relaves y desmonte.			
S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Actividades Del Proceso	Salidas	Clientes
Molienda Logística Ares	Pulpa de mineral molido con 60% de malla -200 (requerimiento de calidad de tamaño de liberación de mineral).	Flotar en celdas Rhouger I	Concentrado de Plata y Oro Relave de mineral	Operador de filtrado Operador de espesadores de relave
Metalúrgica Ares Mantenimiento Ares		Flotar en celdas Rhouger II		
	Reactivos de flotación - espumantes – colectores Agua fresca y recuperada Personal técnico de metalúrgica Personal técnico de mantenimiento	Flotar en celdas Scavenger Bombear la pulpa	Desmonte a botadero	
		Flotar en celdas Cleaner I		
		Flotar en celdas Cleaner II		
		Dosificar reactivos de flotación		

Tabla 65

Caracterización y análisis del proceso de flotación –Controles

Ficha de caracterización y análisis de proceso		
Controles Del Proceso	Criterios De Operación	Recursos Del Proceso
Control de dosificación de reactivos por ratios metalúrgicos - gr de reactivo por tonelada de mineral tratado. Análisis puntuales de la ley de cabeza y relave cada 4 horas. Análisis preliminar de la primera guardia, leyes de cabeza, relave, concentrado y cálculo de la recuperación. Análisis oficial de leyes de cabeza, relave, ley de concentrado, producto del día. Reporte de guardia realizado por el operador. Análisis granulométrico por muestra por cuarteo desde la salida de molienda a flotación. Pesar la densidad de la pulpa, mediante la Balanza Marcy.	Procedimiento de operación del área de flotación. Manuales de Operación de equipos originales (OEM). Bombas de Pulpa - Bombas de reactivos - Compresores – Sopladores.	Recurso humano: Operador del circuito de flotación - Personal de Mantenimiento. Infraestructura: Celdas de flotación - Compresores - Bombas de Pulpa - Bombas de Reactivos - Muestreadores - Sistemas de Control. Ambiente de trabajo: Ambiente con alta presencia de partículas en suspensión y presencia de ruido por encima de 85 dB.
Indicador de desempeño del proceso		
Nombre del indicador	Forma de cálculo	
Porcentaje de recuperación.	(La ley de cabeza – la ley de relave) / Ley de cabeza x 100%.	
Onzas de plata equivalentes producidas.	Las onzas producidas de oro x 74 + Las onzas de plata producidas.	

Tabla 66

Caracterización y análisis del proceso de flotación

Ficha de caracterización y análisis de proceso
<p>Importancia del Proceso en relación con la Calidad del Bien/Servicio de la Organización:</p> <ul style="list-style-type: none"> El proceso de flotación es el proceso donde se realiza la etapa de separación del mineral valioso del mineral estéril (relave). El producto debe tener una calidad estipulada mayor a 20 Kg/ton de acuerdo a requerimiento de los clientes, este es el producto final que se vende a los clientes. El Producto final tiene características de calidad en concentración, humedad e impurezas que deben ser controladas y cumplidas para lograr los requisitos del cliente final. Es determinante respecto al impacto de la calidad del producto.
<p>Importancia del Proceso en relación con la Estrategia de la Organización:</p> <ul style="list-style-type: none"> Es el proceso clave donde se realiza la etapa de obtención del mineral valioso, que debe estar alineado a la estrategia de la organización ya que es donde se obtiene el producto que va a ser vendido a los clientes. En todo proceso de flotación, se depende de la calidad del mineral alimentado, en cuanto a concentración (ley del mineral) y granulometría (distribución granulométrica) y grado de liberación (Que el mineral valioso este suficientemente liberado de la parte no valiosa), para permitir el proceso de flotación, por lo tanto, es un proceso estratégico tanto para la empresa como para los clientes mismos.



Tabla 67

Gestión de riesgos para el proceso de flotación (Entrada-Actividad)

Ficha de caracterización y análisis de proceso (gestión de riesgos)							
Nombre del Proceso	Flotación						
Responsable del Proceso	Jefe De Guardia De Turno						
Objetivo del Proceso	Concentrar por flotación el mineral molido que se recibe de la sección de molienda - Calidad requerida del concentrado obtenido mayor a 20 Kg Au/ton.						
Alcance del Proceso	El alcance se define desde el momento que el mineral ingresa a las celdas de flotación, proveniente del proceso de molienda y termina en los procesos de filtrado y espesamiento de relaves (clientes internos), entregando dos tipos de productos: el primer producto es el concentrado de plata y oro; y un segundo producto con presencia mínima de partículas valiosas que es posteriormente dispuesto en la prensa de relaves y desmonte.						
Contexto de la gestión del riesgo	Identificación del riesgo		Análisis del riesgo		Evaluación del riesgo		
	Elemento del proceso	Riesgo identificado	Causa del riesgo identificado	Efecto del riesgo identificado	Probabilidad de ocurrencia	Severidad del daño	Riesgo inherente
Entrada Clave	Pulpa de mineral molido con 60% de malla -200 (requerimiento de calidad de tamaño de liberación de mineral).	Pulpa de mineral fuera de las especificaciones de calidad (diferente de 60% de malla - 200).	Deficiente sistema de molienda (falla en el tamaño del mineral granulado).	Ley de concentrado de mineral (plata y oro), fuera de los límites de permitidos.	Media	Importante	Alto
Actividad Clave	Flotar en celdas Rhouger I.	Obstrucción de líneas de alimentación de la celda Rhouger, dificultando el ingreso de reactivos y burbujas de aire.	Inyección de concentración de reactivos y alimentación de burbujas de aire en las celdas por debajo de los límites permisibles.	Baja concentración de recuperación de mineral, se pierde el mineral en la celda.	Media	Importante	Alto

Tabla 68

Gestión de riesgos para el proceso de flotación (Salida-Criterio-Recurso)

Ficha de caracterización y análisis de proceso (Gestión de riesgos)							
Contexto de la gestión del riesgo	Identificación del riesgo		Análisis del riesgo		Evaluación del riesgo		
	Elemento del proceso	Riesgo identificado	Causa del riesgo identificado	Efecto del riesgo identificado	Probabilidad de ocurrencia	Severidad del daño	Riesgo inherente
Salida Clave	Concentrado de Plata y Oro.	Nivel de concentración del mineral (plata y oro) fuera de los límites de especificación.	Deficiencia en la adición de los reactivos químicos de flotación al sistema.	Ley de concentrado de mineral (plata y oro), fuera de los límites de permitidos.	Muy alta	Importante	Extremo
Criterio de operación clave	Procedimiento de operación del área de flotación.	Incumplir con el procedimiento de operación del área de flotación.	Falta de capacitación y difusión del procedimiento al personal del área de flotación.	Obtención del concentrado de mineral con impurezas y/o porcentaje de humedad fuera de límites de especificación.	Alta	Mayor	Extremo
Recurso clave	Celda de flotación.	Mal funcionamiento de la celda de flotación, generando una baja concentración de mineral por bajo nivel de burbujeo de aire inyectado.	Falta de un programa de mantenimiento a las celdas de flotación.	Deficiente recuperación de mineral, se pierde el mineral en la celda.	Media	Importante	Alto

12.3. Propuestas de Mejora

Luego del análisis realizado, las siguientes son las propuestas de mejora que se plantean para este capítulo.

12.3.1. Optimización del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

Si bien es cierto la empresa posee un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST) existen algunas evidencias que indican que puede ser perfeccionado, entre las principales se encuentran la cantidad de accidentes reportados en el primer semestre del presente año, mostrados en la Tabla 69, dentro de los cuales es muy relevante los incapacitantes y los días perdidos por dichos motivos.

Tabla 69

Datos de Accidentes Semestrales (enero – junio 2017) Pallancata/Selene

Dato	Cantidad
Incidentes	17.00
Accidentes Leves	11.00
Accidentes incapacitantes	6.00
Días perdidos por incapacidad	264.00

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 60), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Lo interesante de estos datos es el impacto económico que tienen en los costos laborales, para lo cual primeramente tomamos en cuenta el costo promedio de un obrero (mostrado en la Tabla 70) y calculamos los costos directos de los accidentes incapacitantes en la Tabla 71.

Tabla 70

Costos Promedio de Obreros

Sueldo	Monto (\$)
Sueldo promedio de Obrero	\$1,025
Sueldo diario (30 días/mes)	\$34.17

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 60), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Ahora tomando en cuenta los estudios realizados por Heinrich (1931) se calcula tanto los costos indirectos, como los ratios entre accidentes leves e incidentes, basados en la frecuencia de los accidentes incapacitantes, así tenemos los resultados en la Tabla 72.

Tabla 71

Costos Directos Accidentes Incapacitantes

Descripción	Monto (\$)
Días perdidos por accidentes (4h* x accidente)	\$820.00
Costos Laborales (Sueldo accidentado)	\$9,020.00
Gastos Médicos (\$20 x accidente)	\$120.00
Otros (\$100 x accidente)	\$600.00
Total Costos Directos	\$10,560.00

Nota. Se toma un promedio de 4 horas por accidente basados en los 6 accidentes registrados en el año 2017.

Tabla 72

Costos Indirectos Totales y Ratios Anuales por Tipo de Accidente

Descripción	Monto (\$)
Total Costos Indirectos (4 CD)	\$42,240.00
Total Costos Accidentes Semestral	\$52,800.00
Total Costos Accidentes anual	\$105,600.00
Ratio costo incapacitante anual	\$17,600.00
Ratio costo acc. Leve anual (29/300)	\$1,701.33
Ratio costo acc. incidente (1/300)	\$58.67

Por lo tanto, en base a los ratios anuales registrados y a la cantidad de accidentes ocurridos, estimamos los costos anuales totales de los accidentes que estarían impactando a la empresa, mostrados en la Tabla 73.

Tabla 73 *Costos Totales Anualizados por Tipo de Accidente Laborales: Pallancata/Selene**Costos Totales Anualizados por Accidentes Laborales: Pallancata / Selene*

Tipo de Accidente	Cantidad *	Ratio	Anual
Incidentes	34.00	\$58.67	\$1,994.67
Accidentes Leves	22.00	\$1,701.33	\$37,429.33
Accidentes incapacitantes	12.00	\$17,600.00	\$211,200.00
Total costo anual de accidentes			\$250,624.00

Nota. Anualizando la cantidad de accidentes en base a los reportados en el primer semestre

Como vemos los costos laborales de los accidentes son todavía muy elevados para la empresa, por lo que nuestra propuesta de mejora se basa en un plan de acción con dos pilares:

- *Triplicar el presupuesto de capacitación.* – La empresa posee un presupuesto para capacitación para las plantas de Selene/Pallancata para el año 2017 de \$ 4,650

(Compañía Minera Ares, 2017b), y los temas rondan básicamente en asuntos operativos. Nuestra propuesta es triplicar dicho presupuesto para llegar a \$13,950, es decir invertir un mínimo de \$ 9,300 en temas netamente de seguridad laboral: manejo y uso práctico de la matriz IPERC, uso correcto de maquinaria peligrosa, difusión y corrección de accidentes pasados, etc.

- *Triplicar el presupuesto de señalización.* – El segundo aspecto reiterativo en los accidentes reportados se identifica una deficiencia en la señalización de los lugares y maquinaria peligrosa, además de mejorar los materiales de algunas zonas no ergonómicas, por lo cual proponemos triplicar el presupuesto de \$4,559 que tiene proyectado como *OPEX*, la empresa (Compañía Minera Ares, 2017c), es decir llegar a invertir \$ 9,118 adicionales al plan actual.

Con las cifras anteriores y tomando en cuenta los límites inferiores indicados por Pérez (2007) para la mejora de los costos de accidentes en un rango de cinco años, que van desde 8% hasta 50% tenemos el flujo de la Tabla 74.

Tabla 74 *Flujo de Inversión*

Flujo de Inversión

Año	Inversión *	% Ahorro	Ahorro (\$)	Flujo
0	\$18,418.00	0.0%	\$0.00	-\$18,418.00
2017	\$18,418.00	8.0%	\$20,049.92	\$1,631.92
2018	\$18,418.00	18.5%	\$46,365.44	\$27,947.44
2019	\$18,418.00	29.0%	\$72,680.96	\$54,262.96
2020	\$18,418.00	39.5%	\$98,996.48	\$80,578.48
2021		50.0%	\$125,312.00	\$125,312.00
Total	\$73,672.00			\$289,732.80

Nota: La Inversión Total es \$18,418 que resulta de las inversiones adicionales en capacitación (\$9,300) y en señalización (\$9,118)

Con los flujos anteriores calculamos los indicadores financieros asumiendo una tasa de oportunidad de 10%, mayor a cualquier inversión bancaria como pueden ser los plazos fijos, que no llegan ni a 8% anual en soles, ni a 2% en dólares (ComparaBien, 2017), así tenemos los resultados en la Tabla 75.

Tabla 75

Indicadores de la inversión

Indicador	Resultado
VAN	\$179,776.27
TIR	116.30%

12.3.2. Implementación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG)

La empresa posee un sistema de calidad no certificado, un ISO 14001 y un ISO 18001, por lo cual se propone la unificación de la gestión en un solo sistema integrado, para lo cual previamente o en paralelo la empresa debería alcanzar la certificación ISO 9001. Así tenemos que los principales costos operativos de los sistemas de calidad individuales se muestran en la Tabla 76.

Tabla 76

Costos Actuales de los Sistemas de Calidad

Tipo	ISO 9001	ISO 14001	ISO 18001	Total
Operarios	\$28,700	\$21,525	\$21,525	\$71,750
Recertificación	\$10,000	\$8,000	\$7,000	\$25,000
Documentación	\$6,000	\$4,800	\$3,600	\$14,400
Otros	\$3,000	\$3,000	\$3,000	\$9,000
Total	\$47,700	\$37,325	\$35,125	\$120,150

Nota: Los costos estimados de los Operarios basados en dos personas dedicadas a tiempo completo al sistema ISO 9001, y persona y media en los sistemas ISO 14001 y ISO 18001. Adaptado de Compañía Minera Ares (2017a). *Proyección de Costos a junio 2017*. Lima, Perú: Hochschild.

Por otro lado tenemos que Cachay (2009) identificó que la inversión para un sistema integrado de gestión de la calidad rondaba cerca de los \$85,000, por lo que realizaremos un análisis de sensibilidad con tres escenarios posibles para evaluar los ahorros totales y el tiempo de retorno de la inversión, lo cual lo podemos ver en la Tabla 77, Tabla 78 y Tabla 79.

Tabla 77

Escenario Pesimista: 10% Mejora y 30% Productividad

Descripción	Monto
Mejora	10%
Inversión	\$85,000
Ahorros anuales	\$12,015.00
% increm. Productividad*	30%
Ahorros Totales	\$15,619.50
n (años)	5.4

Nota: Basado en los beneficios generados de la integración como Sanchez (2014) tales como: (a) Simplificación y reducción de los sistemas documentales; (b) conocimiento global; (c) participación de personal; (d) participación de clientes y proveedores, (e) disminución de costes; (f) mejora del control; (g) participación solidaria en riesgos y calidad.

Tabla 78

Escenario Medio: 30% Mejora y 40% Productividad

Descripción	Monto
Mejora	30%
Inversión	\$85,000
Ahorros anuales	\$36,045.00
% increm. Productividad	40%
Ahorros Totales	\$50,463.00
n (años)	1.7

Tabla 79 *Escenario Optimista: 50% Mejora y 50% Productividad**Escenario Optimista: 50% Mejora y 50% Productividad*

Descripción	Monto
Mejora	50%
Inversión	\$85,000
Ahorros anuales	\$60,075.00
% increm. Productividad	50%
Ahorros Totales	\$90,112.50
n (años)	0.9

Es así que vemos que la inversión en un sistema integrado de gestión es recuperada en el peor de los casos en cinco años aproximadamente, en un escenario optimista en menos de un año y un escenario promedio en cerca de año y medio, por lo que podemos ver que el proyecto es rentable en el corto y mediano plazo.

12.4. Conclusiones

- Vemos que es una muy buena inversión triplicar los presupuestos de capacitación y señalización de las unidades operativas Selene-Pallancata, pues con un presupuesto

relativamente bajo (\$18,418) se obtienen excelentes retornos en un horizonte de cinco años: un VAN de \$179,776 y un TIR de 116.30% y eso se da básicamente por los costos ocultos de los accidentes laborales, que en suma son mucho más onerosos de lo que realmente pensamos.

- La implementación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG) le proporciona varios ahorros en costes a la empresa, y la inversión aproximada de \$85,000 son recuperados entre uno y cinco años, lo que indica que es un buen proyecto en el corto y mediano plazo orientado a la eficiencia en los costos, mejora de productividad y eficiencia.
- El producto (concentrado de oro y plata) de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es un *commoditie*, siendo un producto genérico, con poco grado de diferenciación, el mercado es quien establece los estándares de calidad, así mismo se tiene controles operacionales que aseguran el porcentaje de recuperación del mineral en el caso de la Plata (Ag) 88.17% y del Oro (Au) de 92.59%.
- Se ha identificado del análisis de la matriz de gestión de riesgo, que la salida clave (concentrado de plata y oro) y el criterio de operación (procedimiento de operación del área de flotación), representan las variables del proceso con nivel de riesgo extremo, para lo cual debemos direccionar y asignar los recursos necesarios para establecer planes de acción que permitan mantener el proceso bajo control (dentro de los límites de control y de especificación).
- Se lograría reducir el nivel de riesgo extremo a alto, de la salida clave (concentrado de plata y oro) y el criterio de operación (procedimiento de operación del área de flotación), mediante los planes de acción de muestreo periódico del concentrado de mineral y capacitación permanente al personal sobre el procedimiento de operación.

Capítulo XIII. Gestión del Mantenimiento

En la actualidad las empresas apuntan a la reducción de los costos por inversión de capital, instalaciones, inventarios, el tiempo de los trabajadores y todos los recursos requeridos para la elaboración de un producto, asegurando la operatividad (disponibilidad y utilización de los equipos) teniendo tiempos de parada de la línea de producción el menor tiempo posible y mantenerlo en ese estado con el mínimo de costos posible. Para esto se requiere mejorar los procesos de manea continua, con el principal objetivo de incrementar a la satisfacción del cliente y por ende la calidad del producto. La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene lleva un control minucioso sobre sus activos fijos (equipos y maquinarias), mediante la aplicación de técnicas de mantenimiento, que le permitan lograr un adecuado nivel de confiabilidad de los equipos, permitiendo mantener un nivel de producción que logre satisfacer la demanda de metales, logrando cumplir con las metas y objetivos estratégicos de la compañía.

13.1. Mantenimiento Correctivo

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, ha dispuesto que los equipos auxiliares o equipos menores trabajen “a condición”, esto indica que no se tiene un plan de mantenimiento preventivo, una vez que se presenta la falla se ejecutan las tareas de mantenimiento, previa coordinación con el área de planta concentradora donde se establecen las prioridades de reparación para estos equipos. En caso falle un equipo por un imprevisto, como por ejemplo un corte de una banda transportadora, se procede a aginar los recursos para la atención en emergencia, coordinando con las áreas involucradas como son planta, seguridad industrial, logística y mantenimiento que finalmente realizara el trabajo de corrección de la falla.

El área de mantenimiento de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, evalúa la necesidad del servicio y coloca la orden de compra por el trabajo específico que se

va a realizar, el departamento de compras recibe las propuestas, posteriormente evalúa como mínimo a tres proveedores homologados y registrados en el sistema de la Compañía Minera Ares. Una vez ejecutado el servicio el contratista entrega un informe técnico del trabajo realizado, indicando aspectos relevantes como el cumplimiento de las especificaciones técnicas, recursos utilizados, personal empleado, horas hombre de ejecución, luego la información es validada por el supervisor de campo y el jefe de taller, con esto pasos, se da el visto bueno para el pago de la factura por el servicio prestado.

13.2. Mantenimiento Preventivo

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, basa su mantenimiento preventivo en horómetros (horas de funcionamiento del equipo) y consumos históricos de repuestos recurrentes (consumibles, se maneja frecuencias de mantenimiento de 250, 500, 1,000 y 10,000 horas. Se maneja dos tipos de actividades de mantenimiento:

- Tipo A: Inspecciones de los equipos donde se visualizan desviaciones que serán tomadas como actividades de mantenimiento tipo proactivo, según las cartillas de cada equipo como se muestra en la Figura 61.
- Tipo B: En este tipo de mantenimiento se programa cambio de componentes de acuerdo con un registro histórico o cuadro estadístico de duración basado en horas de operación.

En la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se realiza la programación de mantenimiento de sus equipos y maquinarias, con frecuencia semanal (hasta un 50%), aunque se puede programar con un horizonte de planificación de las tres próximas semanas, basándose principalmente en las cartillas de mantenimiento. Es importante destacar que el impedimento para llegar al 100% del cumplimiento de la programación, es causado, entre otras, por las siguientes razones:

- Falta de repuestos críticos o consumibles.

- Falta de disponibilidad de mano de obra especializada en las fechas programadas.
- Priorizar otras actividades de mantenimiento correctivo o mantenimientos de emergencia no planificados, los cuales generan distorsión en las actividades planificadas.
- Priorización de los planes de producción sobre algunas actividades de mantenimiento programadas, teniendo que modificar los planes establecidos.

13.2.1. Repuestos o Materiales

Para realizar el seguimiento de los repuestos o materiales requeridos para cumplir con las tareas de mantenimiento, se coordina de manera anticipada con el área de logística, al momento de cumplirse la fecha programada para el mantenimiento, se retira los componentes del almacén.

13.2.2. Mano de Obra

En esta actividad se estima la cantidad de horas hombre (H-H) que se va a necesitar por cada especialidad. Algunos trabajos requieren solo una especialidad, como mecánica o electricidad, pero algunos otros trabajos más complejos, requieren la participación de varios especialistas. Inclusive, debe ser considerada la participación de mano de obra especializada de proveedores especializados o de los propios representantes de los equipos intervenidos.

13.2.3. Ejecución

- No existe ningún mecanismo formal para solicitar alguna actividad de mantenimiento, por parte de los diferentes usuarios, en el caso de planta concentradora existe un formato, que es enviado con frecuencia diaria por el jefe de guardia de turno, donde se detalla los trabajos que se han observado en la planta.
- Preparación de información para el personal, se realiza la orden de trabajo para que se realice el trabajo de mantenimiento, adicionalmente se tiene las herramientas de gestión de seguridad como el IPERC continuo, *check list* de pre-uso de los equipos.

- Una vez programado el trabajo semanal, los materiales son retirados 3 a 4 días antes de realizarse las tareas de mantenimiento programadas, almacenándose en pequeñas bodegas en los talleres.
- Se maneja hojas de mantenimiento generadas por el personal mecánico que realizo el mantenimiento, el supervisor lo transcribe a una hoja Excel y el planificador lo reporta en el sistema SAP.
- Actualmente no existe una herramienta de apoyo que permita evaluar las horas programadas, con respecto a las horas ejecutadas.

A continuación de muestra el correo de requerimiento o solicitud de mantenimiento en la Figura 60 y en la Figura 61 la cartilla de mantenimiento preventivo para los equipos en la planta.

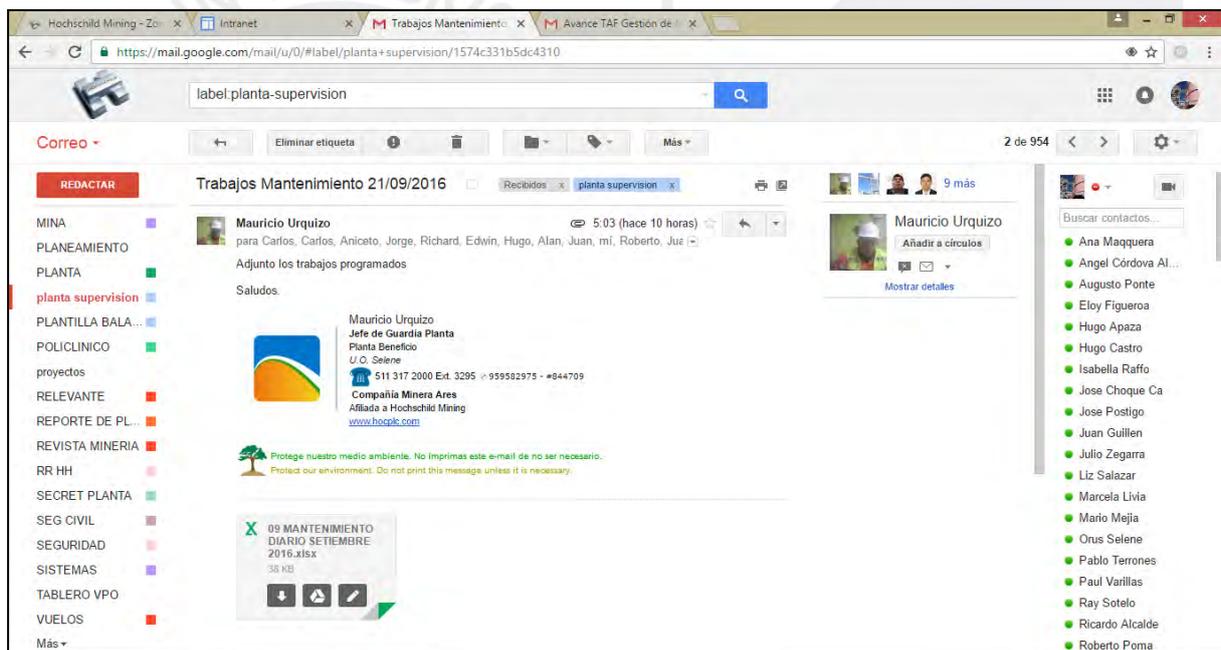


Figura 60. Requerimiento de actividades de mantenimiento Tomado del «Plan anual» (p. 71), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.



SIG-REG-MTG04-10-01

CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - MECÁNICO				
UNIDAD OPERATIVA	SELENE	TIPO DE MANTENIMIENTO	B	HOROM - CH :
FECHA PROG:	/ /	FECHA EJEC:	/ /	HOROM - FAJA:
EQUIPO		UBICACIÓN		
CHANCADORA CÓNICA METSO HP		Nº	CHANCADO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A EFECTUAR				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIPO B				
(Cambio de forros Bowl y Mantle)				
INSPECCIÓN EN GENERAL - REAJUSTE EN GENERAL				
Nº RESERVA	Nº DE ORDEN / T.		Nº DE AVISO	
SEGURIDAD Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL				
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO ESCRITO	(TIENE) (NO TIENE)	CHECK LIST DE PRE -USO	(SI) (NO)	LOCK OUT (SI) (NO)
PETAR (APROBADO)	(SI) (NO)	CHECK LIST DIARIO Y/O IPER	(SI) (NO)	TAG OUT (SI) (NO)
PERMISO DE TRAB. EN ALTURA	(SI) (NO)	Mameluco ()	Casco ()	Guantes ()
PERMISO DE TRAB. EN CALIENTE	(SI) (NO)	Tapón de oído ()	Zapatos ()	Lentes ()
PER. D' TRAB. EN ESPACIO CONFINADO	(SI) (NO)	EPP p' soldar ()	Careta/soldar ()	Respirador ()
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO		SI	NO	OBSERVACIONES
Detectar ruidos anormales, identificar causas para eliminarlas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Limpieza general del equipo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Engrase y Limpieza de derrame general del equipo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Eliminar fugas de aceite		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Verificar alineación y tensado de las correas en cuña ("V")		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspeccionar y/o cambiar resientes		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspeccionar el perno de fijación del mantle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambio de cono distribuidor y anillo de corte		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o cambio de reten "U" de asiento del Head mantle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambiar de forro bowl liner		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambiar de forro mantle liner		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o Cambio forros del frame		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o cambio de forro de contrapeso		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o cambio de contrapeso		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección de Bronces por Ralladura, Desgaste y Quemaduras		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o cambio de aceite y filtro del sistema Lubricación		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o cambio de aceite y filtro del sistema Hidráulico		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspeccionar y/o cambiar mangueras hidráulicas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inspección y/o aumento de presión de nitrógeno / acumuladores		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambio de filtros de aire (respiradores de tanques)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		PERSONAL		HORAS
1.-		1.-		
2.-		2.-		
3.-		3.-		
4.-		4.-		
CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE (Indique el aspecto ambiental significativo y la acción correctiva aplicada)				
Consumo de agua (/)				
Generación de residuos no peligrosos (/)				
Generación de residuos peligrosos (/)				
Derrame de hidrocarburos (/)				
Generación de efluentes minero metalurgicos (/)				
Otros. (/)				
OTRAS ACTIVIDADES A PROGRAMAR/OBSERVACIONES				

TEC. RESPONSABLE

SUPERVISOR

JEF. MANTTO MECÁNICO

Figura 61. Cartilla de Mantenimiento Preventivo Tomado del «Plan anual» (p. 72), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

13.2.4. Criticidad de los equipos y maquinarias

En la planta concentradora Selene se tomaron los siguientes conceptos para determinar la criticidad de los activos

- Tamaño de la inversión que se refiere al costo del equipo, por ejemplo, la chancadora Primaria es uno de los equipos de mayor valor, así como la chancadora secundaria y chancadoras terciarias
- Función estratégica en el proceso, determinado qué tan importante para procesar el mineral es el equipo
- Impacto en la seguridad y el medio ambiente
- El tiempo de reposición del repuesto, ya sea de importación o de un proveedor local es importante saber el lead time del proveedor para determinar este criterio.
- Costo del equipo, importancia dentro del proceso y la mantenibilidad que es la facilidad con la que se puede realizar el mantenimiento podemos determinar qué tipo de mantenimiento debemos darle al equipo o activo de la planta concentradora.
- Otro criterio importante son las horas de operación de los equipos móviles.

La planta concentradora, posee un total de 145 equipos, segregándolos en categorías, con la finalidad de evaluar y asignar los recursos para las tareas de mantenimiento, actualmente se considera 11 equipos, como críticos en la operación de la planta, como se muestra en la Tabla 80.

13.2.5. Indicadores

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, utiliza como medida de control para el mantenimiento de sus equipos, las horas de funcionamiento u horómetros para determinar los indicadores de disponibilidad y utilización, a continuación, se muestra los valores en la Tabla 81 y en la Figura 62, Figura 63 y Figura 64.

Tabla 80

Criticidad de equipos de la Unidad Operativa Selene

Criticidad de equipos de la planta		
Nombre del equipo o maquina	Puntaje	Calificación
Alimentador de Placas	16.00	Critico
Chancadora C-100	18.00	Critico
Zaranda 4X10	18.00	Critico
Chancadora HP-300	18.00	Critico
Zaranda 5X10	18.00	Critico
Faja 8	16.00	Critico
Faja 12	16.00	Critico
Faja 22	16.00	Critico
Molino 9.5X15	17.00	Critico
Molino 9.5X12	17.00	Critico
Filtro Prensa EIMCON 2	16.00	Critico

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 70), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

Tabla 81

Indicadores de mantenimiento

Unidad Operativa Selene	Año 2017					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Acumulado
Mantenimiento Equipos Planta						
Disponibilidad Mecánica (%)	0.00%	99.69%	99.90%	100.00%	99.91%	79.90%
Utilización (%)	0.00%	99.79%	96.99%	99.76%	99.81%	79.27%
Mantenimiento Preventivo						
Preventivo Planta (%)	0.00%	92.20%	92.86%	93.01%	94.08%	74.43%
Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF)						
Equipos Planta	0.00	3,279.00	3,928.00	4,070.00	4,476.00	3,150.60
Tiempo Promedio para Reparaciones (MTTR)						
Planta	0.00	1.20	1.32	2.07	2.68	1.45

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 70), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

- Como se puede apreciar la tasa de utilización de la planta concentrado Selene, esta con un valor promedio de 79.27%, el valor se ve impactando por el mes de enero, que, por motivos de conflictos sociales en la zona, no se pudo poner en funcionamiento la planta. Pero si analizamos desde el mes de febrero hasta el mes de mayo, el valor promedio es de 99.08%, demostrando que los planes de mantenimiento y la estrategia planteada por el área, es efectiva, brindando un servicio de calidad a su cliente interno (operaciones mina y planta).

- El tiempo medio entre fallas, nos indicada que el intervalo que se presenta las fallas en los equipos de la planta es de aproximadamente 3,151horas.
- El tiempo medio de reparaciones, nos indica que cada vez que se presenta la falla, toma aproximadamente 1.45 horas, para corregir la falla y restablecer el funcionamiento de los equipos en la planta.
- Las tareas de mantenimiento preventivo representan un valor promedio de 74.43%, siendo el valor restante de 25.57% destinado a las tareas de mantenimiento correctivo.

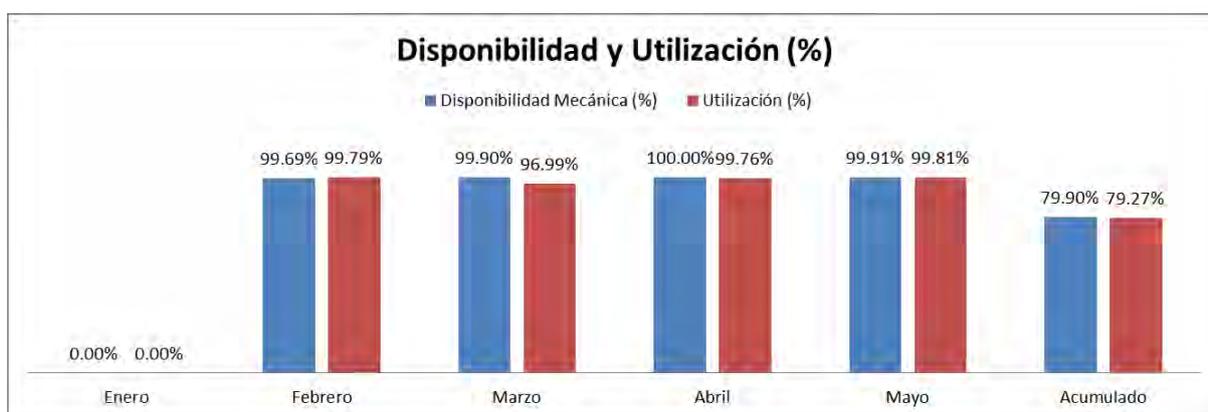


Figura 62. Disponibilidad y Utilización
Tomado del «Plan anual» (p. 71), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú:
Hochschild.



Figura 63. Tiempo promedio entre falla – MTBF
Tomado del «Plan anual» (p. 71), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú:
Hochschild.



Figura 64. Tiempo promedio entre reparaciones – MTTR
Tomado del «Plan anual» (p. 71), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, maneja un control sobre los costos que incurre los mantenimientos de los equipos y maquinarias de la planta concentradora, en este indicador están incluidas las reparaciones menores, costo de los consumibles, lubricantes y mejoras menores en los equipos e infraestructura menor de los equipos, a continuación, se muestra los valores en la Tabla 82.

Tabla 82 *Comparativo del presupuesto vs costo real de mantenimiento*

Comparativo del Presupuesto vs Costo real de mantenimiento

Costo Acumulado Mantenimiento Año 2017				
Asignación	Plan	Real	Variación	% Variación
Operación Planta	\$383,155.81	\$353,710.59	-\$29,445.22	-7.68%
Servicios Generales Planta	\$249,673.61	\$224,733.60	-\$24,940.01	-9.99%
Otros Equipos	\$39,984.41	\$34,158.89	-\$5,825.52	-14.57%
Costo total	\$672,813.84	\$612,603.08	-\$60,210.76	-8.95%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 74), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschule.

La estimación y el control de los costos destinados para las labores de mantenimiento, evidencian una exactitud de aproximadamente -8.95%, indicando que el área de mantenimiento, está gastando menos de los presupuestado, creando un ahorro de \$ 60,211, como se muestra en la Figura 65.



Figura 65. Comparativo de costos de mantenimiento Tomado del «Plan anual» (p. 74), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

13.3. Propuestas de Mejora

Antes de iniciar con la explicación de la propuesta de mejora, se logró identificar las siguientes oportunidades de mejora en el área de mantenimiento de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene:

- Lejanía de algunas instalaciones, por lo que esto requiere tener operadores o personal de mantenimiento que realice inspecciones regulares en los equipos. Algunos de esos equipos tienen sistemas de control local o monitoreo remoto, pero típicamente son sistemas desatendidos, lo que brinda una oportunidad de mejorar este monitoreo.
- Tareas rutinarias, que no agregan valor, ya que el personal de mantenimiento encargado de la planificación, genera formatos de inspección con frecuencia diaria, semanales o mensuales, lo cual queda plasmado en formatos; los cuales son posteriormente llenados por los operadores o trabajadores de mantenimiento. Toda esta manipulación información, puede generar problemas de transcripción o también puede generar información falsa ya que los reportes generados manualmente no son controlados o verificados.
- Tiempos de repuesta deficiente, ya que cuando una falla o avería es detectada durante una inspección, puede pasar mucho tiempo hasta que la data sea transcrita o

introducida en los sistemas de mantenimiento, finalmente alguna persona revisa estos datos y generará la orden de trabajo correspondiente. Todo este proceso puede tomar más de un día y generar en algunos casos demoras o en otros, agravar los problemas si es que no se han reportado adecuadamente. Adicionalmente a esta situación, muchas de las alarmas que generan los equipos de manera local, no son adecuadamente atendidas generando demoras en el reinicio de las operaciones.

- Manipulación de la data recolectada, ocasiona que se tomen decisiones en función a condiciones no reales. O en el peor de los casos se estaría ignorando alguna condición crítica para el mantenimiento y operación de los equipos, porque la inspección realmente no se llevó a cabo o la recolección de datos no cumplió su objetivo; esta es la situación debería ser mejorada y optimizada.

Partiendo de las oportunidades de mejora identificadas y mencionadas anteriormente se procedió a identificar, que la herramienta tipo *Hand Held*, y un software adecuado para la programación de inspecciones y generación de datos manuales, es la más adecuada para cubrir estas brechas operacionales en el área de mantenimiento, ya que la herramienta permitirá tener un flujo de trabajo planificado, optimizando la recolección de datos tanto en línea como fuera de línea, pudiendo trabajarse en modo, *Online*. La data recolectada y almacenada, permitirá hacer un rápido y eficaz análisis de resultados y finalmente compartir la información en vistas personalizadas según la necesidad del usuario.

Para confirmar que la persona se encuentra en el equipo, se plantean utilizar un sistema de identificación *RFID* en cada activo a inspeccionar, de tal manera que la persona, necesariamente tenga que escanear el *TAG RFID* antes de introducir los datos. Finalmente, la data colectada será transmitida de forma inalámbrica a un servidor central y generará de manera inmediata reportes, inclusive alertas en el sistema de control si es que algún valor está muy fuera de rango.

La Figura 66 muestra un resumen de las múltiples posibilidades de integración que tiene la información que se genera con el sistema *Intelatrac*, con el resto aplicaciones industriales en la planta, desde integrarse al sistema principal de control, hasta la entrega de datos en tiempo real al *ERP SAP*. La capacidad de estandarización y de intercambio de datos entre bases de datos de distintas marcas y proveedores, permite que el concepto *One Source of Truth*, se aplique a lo largo de toda la organización. Inclusive, se puede programar mantenimientos de manera automática, por medio de la información que reciba el *SAP* por medio de la plataforma del *Intelatrac*.

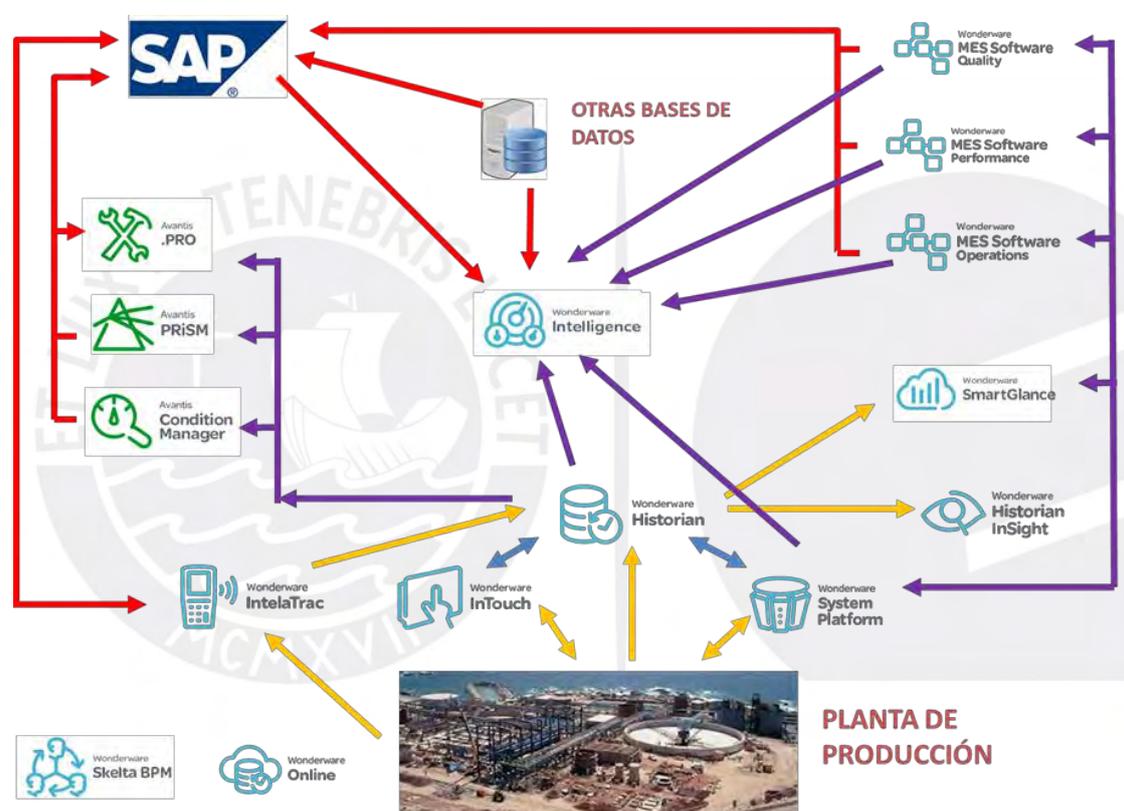


Figura 66. Posibilidad de Integración de Datos Intelatrac
Adaptado de Seminario de Soluciones Wonderware – Lima abril 2017 – Schneider Electric Company

13.3.1. Optimización del Cambio de Forros de los Molinos

Uno de los trabajos de mayor envergadura en el mantenimiento es el cambio de *liners* o chaquetas de acero del cilindro de los molinos de bolas, esta protección del cilindro evita el daño del componente en sí, se cambia regularmente la protección del interior del molino. Este

trabajo es ejecutado por la empresa METSO PERÚ S.A. que cuenta con personal especializado para realizar este trabajo de alto riesgo, y por ende sus costos son elevados, al ser también una empresa multinacional su área de gestión administrativa es bastante compleja, esto también es reflejado en sus costos.

Evaluar otras empresas con menor carga administrativa, pero con la misma o mejor calidad de servicio y control de riesgos generaría ahorros para la empresa. Estas empresas con menor gestión administrativa han sido creadas en algunos casos por personal que trabajó en METSO PERÚ S.A. por lo cual tienen esta cultura de seguridad para realizar el trabajo. Comparamos los costos de METSO PERÚ S.A. con ESFAMIM MINERAL´S S.A.C. que es una empresa con sede en Juliaca especializada en trabajos de Mantenimiento en Plantas Concentradoras y de beneficio, como el cambio de estos *liners* en los molinos de bolas. La duración de estos consumibles en los molinos está expresada en días en la Tabla 83 en el cual están todos los molinos de la planta:

Tabla 83 Duración de Mill Linnners Planta Concentradora Selene

Duración de Mill Linnners Planta Concentradora Selene

Molino	Articulo	Revestimiento	Duración promedio días
A.Challmers 9.5x15	Polymet Lifter Bar 165-135	polimet (caucho)	222.00
Comesa 9.5x12	Liners Acero – Cilindro	acero	360.00
Comesa 9.5x8	Liners Acero – Cilindro	acero	250.00
Denver 7x7	Liners Acero – Cilindro	acero	427.00
Comesa 7x7	Liners Acero – Cilindro	acero	362.00

Nota. Tomado de “Programa de Mantenimiento 2017” (p. 1), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild

Comparando el costo de estas dos empresas con los mismos estándares de calidad y seguridad para realizar el servicio, se tiene un ahorro de 38% a nivel global. En este sentido la diferencia económica entre un contratista y otro es de \$ 38,682 que asciende un 46 % a favor de ESFAMIM MINERAL´S S.A.C. que la empresa estaría ahorrando, como se muestra en la Tabla 84 .

Tabla 84

Costos de servicio de cambio de Mill Linners.

Equipo	Tipo De Servicio Realizado	Metso Peru S.A.C. (\$)	Esfamim Mineral'S S.A.C. (\$)	Variación (\$)	Variación (%)
Molino Allis C. 9.5" x 15"	Tapa de Alimentación	8,250.00	5,600.00	2,650.00	32.12%
	Cambio solo Head plate tapa de alimentación o descarga	6,900.00			
	Cambio solo Lifter Polymet tapa de alimentación o descarga	6,600.00			
	Cilindro (Polymet)	20,300.00	10,955.71	9,344.29	46.03%
	Tapa de Descarga	8,250.00	5,600.00	2,650.00	32.12%
Molino Comesa 9.5" x 12"	Tapa de Alimentación	8,000.00	5,600.00	2,400.00	30.00%
	Cambio solo Head plate tapa de alimentación o descarga	6,900.00			
	Cambio solo Lifter Polymet tapa de alimentación o descarga	6,600.00			
	Cilindro (Acero)	21,300.00	9,875.19	11,424.81	53.64%
	Cilindro (Acero)	8,000.00	5,600.00	2,400.00	30.00%
Molino Comesa 9.5" x 8"	Cilindro (Acero)	8,000.00	5,400.00	2,600.00	32.50%
	Cilindro (Acero)	6,900.00			
	Cilindro (Acero)	6,600.00			
	Cilindro (Acero)	16,200.00	8,989.74	7,210.26	44.51%
	Cilindro (Acero)	8,000.00	5,400.00	2,600.00	32.50%
Molino Comesa 7" x 7"	Cilindro (Acero)	5,850.00	4,100.00	1,750.00	29.91%
	Cilindro (Acero)	5,600.00			
	Cilindro (Acero)	5,300.00			
	Cilindro (Acero)	12,200.00	7,966.48	4,233.52	34.70%
	Tapa de Descarga	5,850.00	4,100.00	1,750.00	29.91%
Molino Denver 7" x 7"	Tapa de Alimentación	5,850.00	4,100.00	1,750.00	29.91%
	Cambio solo Head plate tapa de alimentación o descarga	5,600.00			
	Cambio solo Lifter Bar tapa de alimentación o descarga	5,300.00			
	Cilindro (Acero)	14,200.00	7,731.33	6,468.67	45.55%
	Tapa de Descarga	5,850.00	4,100.00	1,750.00	29.91%
Total		84,200.00	45,518.45	38,681.55	45.94%

Tomado de "Programa de Mantenimiento 2017" (p. 1), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild

Se tiene programado realizar el cambio de *Liners* en el año 2017 al molino Denver 7 x 7 y al molino 9,5 x 12, por lo cual en el presente año se tendría un ahorro en costo del servicio para realizar este trabajo de \$ 17,893.48. Es necesario hacer un análisis técnico en cuanto al personal que cuenta ambas contratistas, por el lado de METSO PERU S.A. no se tendría problema por los años de experiencia que tienen y demostraron la capacidad necesaria para realizar este tipo de trabajos manteniendo los estándares requeridos de seguridad. Por el lado de ESFAMIM MINERAL'S S.A.C. su personal trabajó en METSO PERÚ S.A. por lo cual hay cierta confianza al respecto de sus capacidades, pero aun así es necesario solicitarle a la empresa sus herramientas de gestión y verificar que estén alineadas a las políticas de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene.

13.3.2. Sistema Manual de Inspección y Monitoreo de Equipos

El sistema propuesto contempla el uso de dos servidores de aplicación, los cuales nos permitirán almacenar la data colectada desde los dispositivos *Hand Held*, por medio de redes inalámbricas distribuidas en la planta concentradora. El sistema estará compuesto por 10 unidades portátiles de inspección y registro, también conocidos como *Hand Held*; los cuales serán usados por las áreas de operaciones y mantenimiento. El diseño de la solución contempla también el uso de dispositivos *RFID* en los equipos principales. De tal manera que el operador que realice la inspección, primero identifique el equipo mediante la lectura de *TAG RFID*; esta acción también es registrada por el equipo, lo que garantiza que la persona necesariamente se movilice hasta el punto de inspección. Luego de realizar la inspección de los parámetros seleccionados, estos quedarán automáticamente grabados en el dispositivo. Al retornar a las oficinas o donde el equipo encuentre conexión a la Red *Wi-Fi* de planta, automáticamente se sincronizan los datos con el servidor de aplicaciones.

La serie de la Figura 67 y la Figura 68, nos muestran el detalle del funcionamiento del proyecto de mejora de monitoreo de parámetros manuales. Típicamente, la colección de datos

en campo se realiza de manera manual, usando libretas o notas. Esto implica que el operador deba leer o registrar el dato manual y pasarlo a una libreta, posteriormente, esta data debe ser transferida a un reporte mediante la digitación de los datos recolectados en campo.



Figura 67. Consulta Típica de Parámetros en Campo



Figura 68. Identificación del Equipo a ser Inspeccionado

En la Figura 68 podemos apreciar cómo se “lee” un dispositivo *RFID*, el cual permite garantizar que el operador llegó físicamente al punto que debía inspeccionar. El mercado nos ofrece una gran gama de presentaciones y características en los dispositivos *RFID*, acorde a la aplicación industrial que se plantea implementar. La Figura 69 muestra algunas de las presentaciones de los dispositivos *RFID*. Y la Figura 70 muestra algunos de los Tipos de *Hand Held* industriales disponibles en el mercado local. La Figura 71 y la Figura 72 muestran la arquitectura y el modo de funcionamiento de esta aplicación de toma de datos manuales. Las posibilidades de integración con el sistema de control de planta, son directas; y permiten entre otras ventajas, integrarse al sistema SAP, generar órdenes de trabajo, programar automáticamente nuevas rondas de inspección cuando algún dato está fuera de rango. Las ventajas son varias y están enfocadas en optimizar el trabajo tanto del personal de mantenimiento como de operaciones y mejorar la productividad de la planta.



Figura 69. TAGs RFID de Uso Industrial Para Identificación de Equipos



Figura 70. Tipos de dispositivos Hand Held Industriales y lectores de Tags RFID.

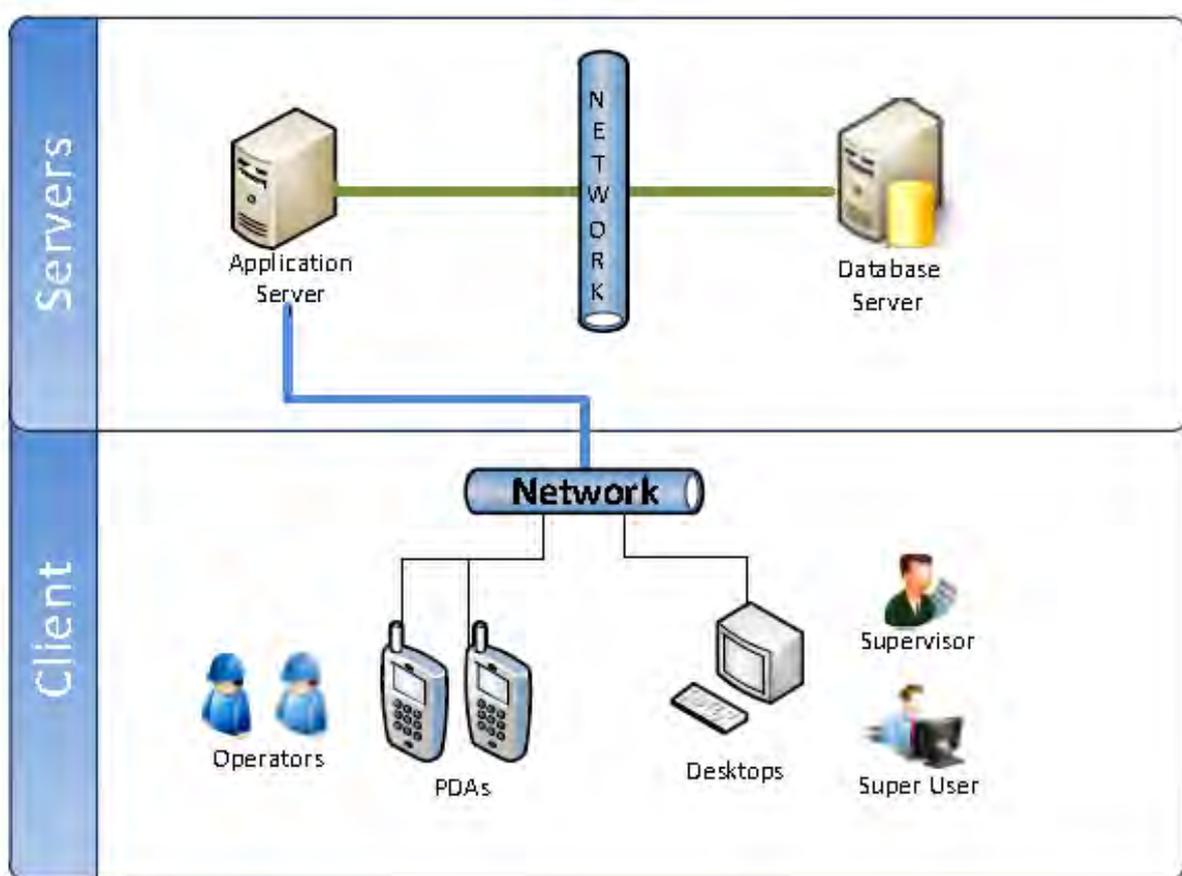


Figura 71. Arquitectura del Sistema Hand Held

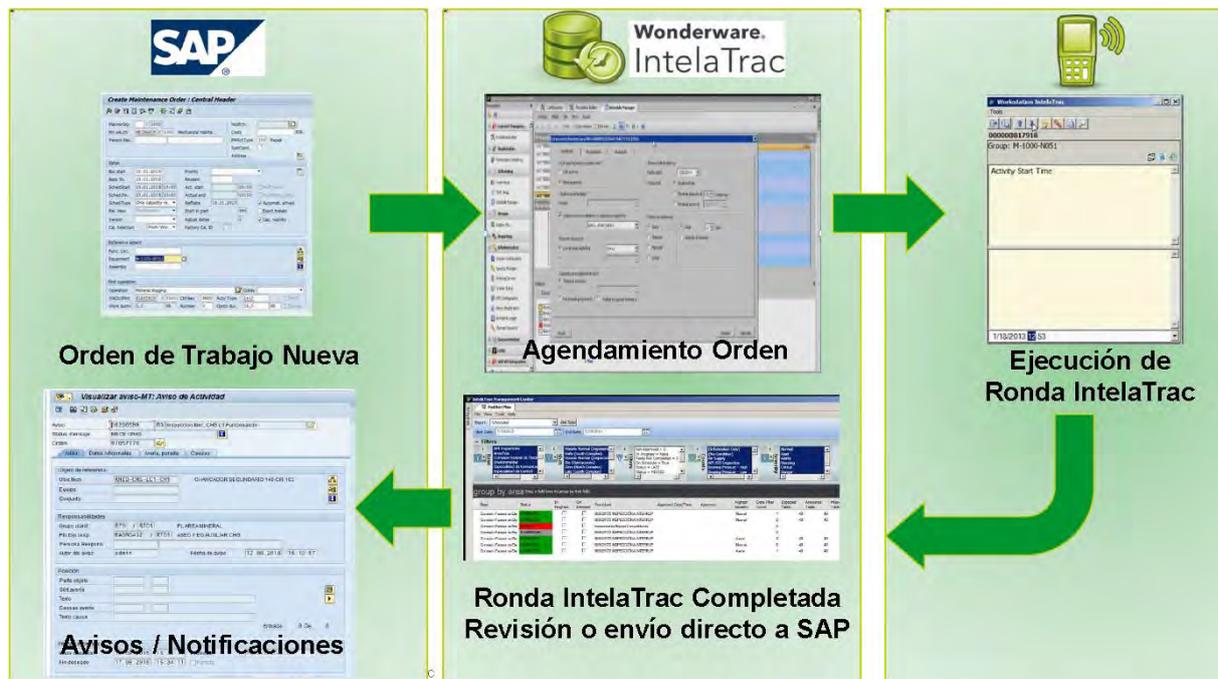


Figura 72. Flujo de información de la Hand Held

13.3.3. Beneficios del Uso de Esta Tecnología

Con la implementación la herramienta tipo *Hand Held*, se obtendrá los siguientes beneficios:

- Automatizar y optimizar la recolección de datos operativos brindando confiabilidad de los mismos, pudiendo clasificar los datos en base a etiquetas personalizadas
- Registrar porcentaje o tasa de cumplimiento de tareas, horas de ejecución e instructivo detallado de labores y puntos a inspeccionar, sirviendo de guía y estandarizando las inspecciones.
- Optimizar la frecuencia de inspecciones en función a los datos obtenidos.
- Respuesta rápida, mediante un sistema de alertas implementados en los procedimientos de inspección y de ejecución inmediata en el *Hand Held*.
- Posibilidad de programar inspecciones especializadas en función a perfiles de operadores y casos especiales, por ejemplo, una inspección especial generada por el cumplimiento del horómetro de un equipo.
- Visualizar los datos recolectados, en forma de informes estadísticos mediante la utilización de tablas, tendencias y reportes personalizados.

- Optimizar el tiempo utilizado en la recolección de datos, generación de reportes y escalamiento de hallazgos de datos críticos para la operación.

13.3.4. Evaluación Económica

En el mes de enero, se tuvo una falla en el motor del molino 9,5" x 15", demorando seis horas, para su cambio, ocasionando una pérdida de producción valorizado en \$ 30,000 dólares por cada hora, que el molino primario estuvo detenido, este evento de maquina parada, pudo ser evitado, si se hubiese registrado y comunicado de manera oportuna la falla, para su posterior corrección o levantamiento. La implementación de este moderno sistema de monitoreo hubiese evitado esta parada no programada de este importante equipo del proceso de producción de concentrados de plata y oro.

Luego de la investigación del evento de parada, se evidenció que seis días antes de presentarse la falla, se realizó una parada de planta programada, con la finalidad de realizar tareas de mantenimiento preventivo; si se hubiese realizado una correcta inspección y registro de los parámetros de operación y estado del equipo que indica el fabricante del equipo, se hubiese detectado y asignar los recursos necesarios para el cambio del rodaje del motor del molino 9,5" x 15", la temperatura del rodaje exterior del motor, indicaba una falla prematura, la cual si era detectada a tiempo, hubiese podido ser evitada seis días antes.

Al evaluar los costos y beneficios de la implementación del sistema *Intermec CN70*, nos da un ratio mayor a uno, indicando que es muy rentable realizar este proyecto de mejora, a continuación se detalla en la Tabla 85 y en la Tabla 86 , los montos de inversión y evaluación económica.

Tabla 85

Inversión para la implementación del Intermec CN70

Implementación del Intermec CN70				
Código	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
CN702000	Intermec cn70a	10.00	4,737.60	47,376.00
90MCS04G	4GB micro SD tarjeta	10.00	102.00	1,020.00
C100154		10.00	486.00	4,860.00
CN70XB10		2.00	159.60	319.20
CN70C100		10.00	540.00	5,400.00
0700S001	Accesorios varios	10.00	57.60	576.00
CN70XE11		10.00	102.00	1,020.00
CN70XS01		2.00	58.80	117.60
CN70XS02	Protector de pantalla	1.00	122.40	122.40
80010005	UHF RFID	500.00	6.60	3,300.00
Inversión total				64,111.20

Tabla 86

Evaluación beneficio-costo del Intermec CN70

Evaluación Beneficio-Costo	
Equipo: Motor del molino 9.5 X 15	
Costo de pérdida de producción	\$30,000.00
Tiempo parado por cambio	6.00
Beneficio (ahorro del costo por tiempo parado)	\$180,000.00
Costo de implementación de Intermec cn70	\$64,111.20
Indicador Beneficio/Costo	2.81

13.1. Conclusiones

- Los indicadores de mantenimiento como utilización y disponibilidad de la planta concentrado Selene, esta con un valor promedio de 79.59%, el valor se ve impactando por el mes de enero que, por motivos de confitos sociales en la zona, a pesar de esto se tiene elevados valores, mostrando la eficiencia en la estrategia y gestión de mantenimiento.
- El tiempo medio entre fallas (MTBF), es de un valor promedio 3,151 horas y el tiempo medio de reparaciones (MTTR), es de un valor promedio 1.45 horas.
- Las tareas de mantenimiento preventivo representan un valor promedio de 74.43%, siendo el valor restante de 25.57% destinado a las tareas de mantenimiento correctivo,

con la implementación de nuevas tecnologías que mejoren la confiabilidad de las mediciones, tal como las mediciones con *RFID*, se podrá mejorar la tasa de mantenimiento preventivos y los *KPIs* como utilización y disponibilidad.

- Los equipos de criticidad alta, en el proceso productivo de la planta concentradora Selene, son la alimentadora, chancadora, zaranda, faja, molino y filtro prensa.
- La implementación de la tecnología *RFID* y *Hand Held* de apoyo al personal de mantenimiento y operaciones, brindaría a la empresa una mejora tangible e inmediata, al mejorar el aseguramiento de la correcta implementación de los mantenimientos preventivos y predictivos, teniendo el proyecto de mejora un valor de B/C de 2.81, siendo muy rentable, permitiendo ahorrar costos de maquina parada o pérdidas de producción, como en el caso del motor del molino 9.5”X15”, asciende al valor de \$180,000.
- La implementación del módulo de mantenimiento SAP va a permitir maximizar el uso de los recursos, asegurando la eficiencia del trabajo y la capacidad de análisis, también va a permitir evaluar y ajustar las capacidades y verificar la disponibilidad de materiales. El ingreso inmediato de datos desde terreno permitirá que se pueda planificar inclusive las compras y requerimiento de repuestos.
- La implementación de una herramienta tecnológica, nos permitirá optimizar y fiscalizar las inspecciones en una planta de grandes dimensiones, como la concentradora Selene, mejorando la programación e inclusive la disponibilidad de tiempo del personal de mantenimiento, abocándose a realizar labores de forma eficiente.

Capítulo XIV. Cadena de Suministro

Este capítulo contiene información sobre la cadena de suministro de la Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, veremos cuáles son los principales proveedores con los cuales interactúa la empresa, así como los clientes a los cuales se les vende el producto final, en este caso el concentrado de mineral. Se detalló el nivel de tercerización que se maneja en los distintos procesos logísticos y el grado de integración vertical que tiene la cadena de suministros.

14.1. Definición del Producto

En la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se tiene como producto final concentrado de plata con una ley promedio programada para el año 2017 de 27 kilogramos de plata por tonelada y como subproducto el concentrado de oro, con una ley promedio de 102 gramo por tonelada del concentrado, siendo estos dos valores los que definen la calidad del producto final que se produce en la planta concentradora. La producción anual de la unidad operativa Selene durante el 2016 fue de 3,307 toneladas de concentrado, para el 2017 el tonelaje de concentrado programado a producir es de 8,099 toneladas.

Generalmente en una empresa minera se maneja como datos principales de producción:

- El tonelaje tratado en la planta de procesamiento de minerales,
- Los datos de metal fino producido, sea éste como metal el refinado, o cómo metal contenido en el concentrado.

Sin embargo, lo que se reporta es el metal fino que contiene los concentrados de mineral, este número también es conocido como onzas equivalentes de plata (Ag), donde están incluidas las onzas producidas de oro.

14.2. Empresas de la Cadena de Suministro

La cadena de suministro en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, está calificada como eficiente como se ve en la Figura 73, se detalla el motivo de este calificativo, ya que posee una baja incertidumbre de la demanda y una baja incertidumbre de suministros.



Figura 73. Clasificación de la cadena de suministro
Adaptado de « Diapositivas de gestión de la cadena de Suministro » (p. 2), por Menocal, R., 2017.

Según el tipo de producto que se extrae de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se trata de un producto genérico o *commoditie*, por lo que la mejor estrategia es la de liderazgo en costos, dado que no existe una diferenciación cualitativa del producto, por ende, se debe mejorar los procesos para reducir los costos operacionales. La cadena de suministro, inicia con la obtención de la materia prima, por medio de exploraciones con perforación diamantina, en esta etapa se subcontrata la perforación, pero el análisis de las muestras es realizado por la empresa, la cubicación de recursos, así como el estudio de pre-factibilidad y factibilidad son realizados por la empresa, una vez aceptada este estudio se pasa a la etapa de construcción y puesta en marcha del proyecto. Cuando la mina ingresa en

operación los procesos de extracción y tratamiento del mineral extraído son controlados por la empresa, también el proceso de comercialización del producto final (concentrado de mineral).

El transporte de mineral de Pallancata a Selene esta subcontratado, el mineral es transportado o trasladado desde la mina hacia la planta por medio de volquetes de la empresa Quicsa S.A. y IESA, que trasladan desde los puntos de acopio en la mina hacia la cancha de tolva de gruesos en la planta, el traslado del producto terminado también esta tercerizado pero en este caso son semitrailers que llevan 30 toneladas de concentrado hacia los almacenes de la empresa en Matarani y una vez homogenizado el producto, es envasado nuevamente en *big bag* de una tonelada para ser dejados en los almacenes de Glencore en Lima. Algunos proveedores son: RANSA, TRANSPORTES ORE, entre otros. El recojo de residuos, esta subcontratado a empresas especializadas en el rubro que cuenten con la documentación legal vigente en nuestro país.

Para el manejo del inventario de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se da por medio de una consignación de materiales de alta rotación, es decir, materiales que se mantienen en custodia en los almacenes de la empresa pero que pertenecen al proveedor, para luego ser traspasados a los almacenes de la empresa y sean entregados al usuario. Esta operación se concluye con un documento emitido por el área de almacén al área de compra para la facturación correspondiente. Algunos proveedores que trabajan con esta metodología son: SEKUR, PRIMAX, MSA del PERU, COORP. LA SIRENA, PROMELSA, entre otros.

El concentrado de mineral es llevado al puerto de Matarani y de allí al puerto de Callao, todo el proceso de traslado de materiales esta subcontratado, el producto se oferta en el mercado de metales como las refinerías polimetálicas, de metales preciosos y *traders* internacionales. A continuación, se muestra la Figura 74, donde se detalla el flujo de materiales desde el proveedor (materia prima e insumos) hasta el cliente.

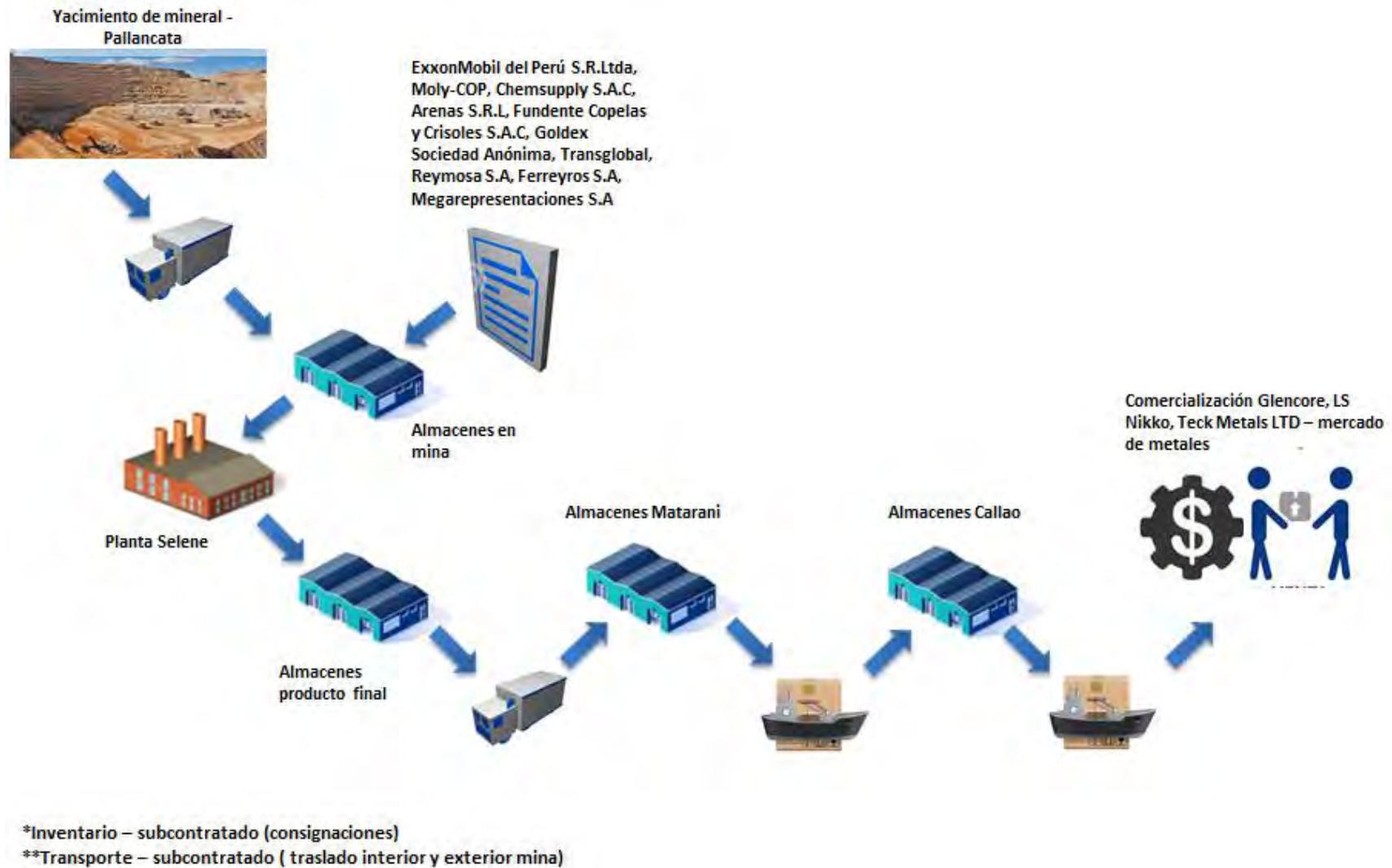


Figura 74. Flujo de la cadena de suministro
Tomado del «Plan anual» (p. 65), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

14.3. Descripción de la Tercerización o Joint-Venture de la Empresa

La cadena de suministros de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, tiene subcontratado dos áreas de toma de decisiones, clasificando a la empresa en *Second Party Logistics (2PL)*, por los siguientes motivos:

- Manejo del inventario, mediante consignaciones mineras, con la finalidad de reducir los costos por almacenamiento, transfiriendo esa responsabilidad a los proveedores de materiales y servicios. En la Tabla 87 y también en la Tabla 88, se muestra el consumo y nivel del inventario, identificando que para atender al área de mantenimiento representa el 95.19% del costo total de inventario solicitado por áreas de la unidad operativa.

Tabla 87

Consumo de materiales por área

Stock de Materiales por Área - mayo 2017		
Área	Monto (\$)	% de participación
Mantenimiento	1,055,285.56	95.19%
Laboratorio	3,253.56	0.29%
Planta	40,759.32	3.68%
Seguridad Mina	170.80	0.02%
Sistemas	461.29	0.04%
Recursos Humanos	3,614.18	0.33%
Mina	0.00	0.00%
Varias	0.00	0.00%
Medio Ambiente	3,704.52	0.33%
Logística	0.00	0.00%
Seguridad Civil	81.97	0.01%
Policlínico	1,080.90	0.10%
Metalurgia y Operaciones Planta	177.70	0.02%
Geología	0.00	0.00%
Proyectos	0.00	0.00%
Monto total (\$)	1,108,589.80	100.00%

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 66), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

- Servicio de transporte, con la finalidad de no poseer costos de operación y mantenimiento de los equipos (tracto camiones) y personal.

Tabla 88

Inventario según planificación de materiales

Materiales	Inventario de materiales (\$)						Inventario promedio (\$)
	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	
Críticos	199,280.29	138,667.23	110,792.03	109,314.21	110,520.78	107,866.70	129,406.87
Regulares	29,119.03	29,126.88	21,119.11	43,603.47	41,670.64	45,285.89	34,987.50
Irregulares	547,288.15	559,966.24	543,525.75	569,344.78	545,979.30	970,521.14	622,770.89
Estratégicos	669,957.32	684,206.46	646,087.13	623,656.30	598,311.76	138,068.66	560,047.94
Obsoletos	130,038.29	0	0	0	0	44,700.90	29,123.20
Proyectos	0	0	0	0	0	0	0
Monto Total (\$)	1,575,683.08	1,411,966.81	1,321,524.02	1,345,918.76	1,296,482.48	1,306,443.29	1,376,336.41

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 36), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

La estrategia de la cadena de suministros de la compañía está enfocada para responder ante la estrategia tipo *push*, ya que se produce todo el producto (tonelaje de concentrado de oro y plata), el cual es absorbido por el mercado de metales, en este caso se debe tener un especial cuidado ya que se conoce con certeza el comportamiento de la demanda.

Así mismo posee un grado mediano de integración vertical por lo siguiente:

- Hacia atrás, maneja toda la fuente de suministros de la principal materia prima, la cual es el mineral del yacimiento minero que va a ser explotado para extraer el mineral, los insumos son comprados a proveedores nacionales e internacionales.
- Hacia adelante realiza la venta del concentrado de mineral directamente al cliente, el proceso de distribución es delegado a otras empresas, mediante la subcontratación.

14.4. Estrategias del Canal de Distribución Para Llegar al Consumidor Final

El canal de distribución es directo ya que la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, entrega el producto (concentrado de mineral) al consumidor final, siendo Glencore, LS Nikkol, Teck Metals. El transporte de este producto esta subcontratado, iniciando el proceso de traslado desde la planta hacia los almacenes en Matarani que también son controlados por la empresa y en estos almacenes se homogeniza el concentrado final y se obtiene la humedad requerida, se envasa nuevamente y se lleva a los almacenes de Glencore ubicado en la ciudad de Lima. A continuación, en la Tabla 89, se detalla los montos

incurridos para realizar el traslado de los materiales y en la Tabla 90, la estimación de los fletes y su ahorro.

Tabla 89

Flete – Real

Destinos	Flete \$/viaje	Fletes (\$) - Año 2017				
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Arequipa	1,338.42	1,621.85	3,636.35	4,173.91	2,479.33	2,676.83
Mallas	1,554.89	5,966.93	3,136.50	1,571.67	6,278.92	3,109.77
Ransa Contenedor	3,127.05	3,977.00	4,074.69	9,593.20	7,484.61	9,381.16
Ransa Plataforma	2,628.77	0.00	3,335.84	7,070.85	6,082.45	7,886.32
Sirena	1,555.83	1,548.26	1,568.25	3,144.76	0.00	3,111.66
Split	1,555.83	3,089.98	0.00	0.00	1,572.13	2,333.75
Tubos y Tubería	1,564.43	0.00	6,274.53	1,572.64	0.00	1,564.43
Pernos Hydrabolt	1,804.89	1,544.99	0.00	0.00	1,169.60	2,707.34
Bolas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Varios	1,268.11	1,302.02	2,357.20	5,360.49	0.00	1,268.11
Almacenamiento	0.00	230.00	230.00	230.00	230.00	230.00
Monto total (\$)		19,281.03	24,613.36	32,717.52	25,297.04	34,269.37

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 37), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

Tabla 90

Flete – Estimado

Destinos	Flete \$/viaje	Fletes (\$) - Año 2017 –Planificado				
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Arequipa	1,202.56	3,607.68	3,607.68	4,810.24	4,810.24	4,810.24
Mallas	1,667.65	3,335.29	3,335.29	5,002.94	3,335.29	5,002.94
Ransa Contenedor	3,565.07	7,130.14	7,130.14	10,695.21	10,695.21	10,695.21
Ransa Plataforma	2,657.64	7,972.91	7,972.91	7,972.91	7,972.91	7,972.91
Sirena	1,667.65	1,667.65	1,667.65	1,667.65	1,667.65	1,667.65
Split	1,667.65	1,667.65	0.00	1,667.65	3,335.29	1,667.65
Tubos y Tubería	1,667.65	0.00	1,667.65	1,667.65	1,667.65	1,667.65
Pernos Hydrabolt	1,667.65	0.00	0.00	1,667.65	1,667.65	0.00
Bolas	1,667.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Varios	1,667.65	1,667.65	0.00	1,667.65	0.00	1,667.65
Almacenamiento	144.90	144.90	144.90	144.90	144.90	144.90
Monto planificado (\$)		27,193.86	25,526.22	36,964.43	35,296.79	35,296.79
Monto real (\$)		19,281.03	24,613.36	32,717.52	25,297.04	34,269.37
% Variación		-29.10%	-3.58%	-11.49%	-28.33%	-2.91%
Ahorro (\$)		24,099.77				

Nota. Tomado del «Plan anual» (p. 37), por la Compañía Minera Ares, 2017. Lima, Perú: Hochschild.

14.5. Propuestas de mejora

Realizado el análisis de la cadena de aprovisionamiento de la compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, al tener las principales actividades subcontratadas, como el manejo de inventario y el servicio de transporte, se ha identificado lo siguiente:

- Para el servicio de transporte, no se tiene una propuesta de mejora, ya que se evidenció una buena gestión, el tener un ahorro de \$24 100, con respecto a la estimación del flete, esto se debe a una reducción el número de viajes, al consolidar la carga del concentrado de mineral, se intenta aprovechar al máximo el espacio en la plataforma o encapsulado del tracto camión.
- Para el manejo del inventario, se debe establecer indicadores de gestión y políticas para mejorar la calidad de servicio en la consignación minera, con la finalidad de evaluar la atención y disponibilidad de los repuestos suministrados por los proveedores, como se muestra en la Tabla 91.

Tabla 91 *Indicadores de calidad de servicio - consignaciones*
Indicadores de calidad de servicio - consignaciones

Servicio al cliente					
Indicador	Objetivos	Definición	Periodo	Formula	Métrica
Pedidos entregados a tiempo	Controlar el nivel de cumplimiento de las entregas de los pedidos.	Este indicador mide el nivel de cumplimiento para realizar la entrega de los pedidos en la fecha o periodo de tiempo pactado.	Mensual	Número de pedidos entregados a tiempo/Total de pedidos entregados	%
Pedidos entregados completos	Controla el nivel de cumplimiento de los pedidos entregados completos.	Mide el nivel de cumplimiento para la entrega de pedidos completos.	Mensual	Número de pedidos entregados completos/Total de pedidos entregados	%

Así mismo se propone las siguientes políticas de atención a los proveedores para elevar el nivel de servicio ofrecido por las consignaciones mineras que posee la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, como se muestra en la Tabla 92:

Tabla 92

Políticas propuestas – consignaciones

Políticas propuestas - Consignación			
Materiales	Nivel de servicio proveedor	Lead times proveedor – atención	Cobertura de stock
Críticos	95.00%	Stock nacional: 2 - 3 días / importación: 5 días	3 meses
Regulares	92.00%	Stock nacional: 2 - 3 días / importación: 15 - 20 días	1.5 - 2 meses
Irregulares	92.00%	Stock nacional: 7 días / importación: 20 - 35 días	1.5 meses
Estratégicos	95.00%	Stock nacional: 2 - 3 días / importación: 5 días	3 meses
Obsoletos	0.00%		0 mes
Proyectos	0.00%		Stock a pedido

Una vez coordinado e implementada estas políticas, por cada proveedor que forma parte de la consignación minera, se propone liberar inventario de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, el riesgo de quedarse desabastecido es balanceado con el alto nivel de disponibilidad (nivel de servicio y cobertura) que se exige a cada proveedor mediante estas políticas, así mismo el área logística debe realizar y fomentar reuniones entre los planificadores de mantenimiento con los proveedores, para identificar las necesidades y requerimientos de materiales (comportamiento de la demanda) en base al plan de mantenimiento de los equipos y maquinarias, así mismo se propone coordinar con los proveedores u otras minas para la venta de los materiales con descripción de obsoletos. Como se puede apreciar en la Tabla 93, aplicando estas políticas, se estima un ahorro de \$824,773 en el nivel de inventario, todo depende del nivel (% de reducción propuesto) que está dispuesto a asumir la unidad operativa Selene, con la finalidad de reducir el inventario y transferir el riesgo (costo de almacenamiento de inventario) a los proveedores de la consignación minera.

Tabla 93

Estimación de ahorro – consignaciones

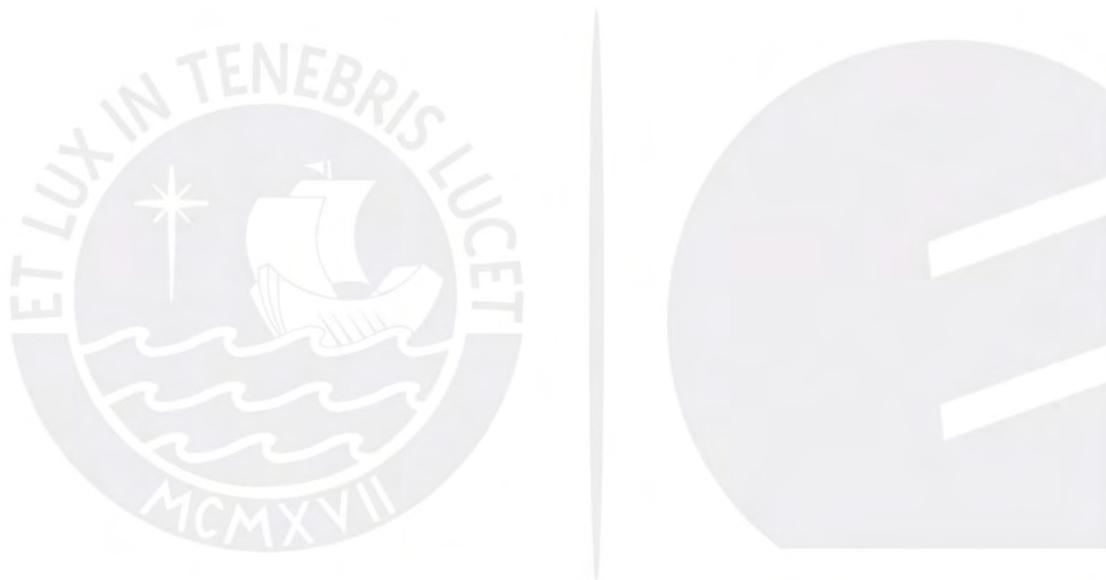
Análisis de inventario				
Materiales	Inventario promedio (\$)	% de reducción propuesto	Ahorro (\$)	Nivel de inventario propuesto (\$)
Críticos	129,406.87	20.00%	25,881.37	103,525.50
Regulares	34,987.50	100.00%	34,987.50	0
Irregulares	622,770.89	100.00%	622,770.89	0
Estratégicos	560,047.94	20.00%	112,009.59	448,038.35
Obsoletos	29,123.20	100.00%	29,123.20	0
Proyectos	0	0.00%	0	0
Monto total (\$)	1,376,336.41		824,772.56	551,563.85

14.6. Conclusiones

- La cadena de suministros de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, entrega al cliente, el producto de concentrado de plata con una ley promedio programada para el año 2017 de 27 kilogramos de plata por tonelada y como subproducto el concentrado de oro, con una ley promedio de 102 gramos por tonelada del concentrado.
- La Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene maneja y controla los procesos de aprovisionamiento y comercialización, clasificando su cadena de suministros en un grado intermedio de integración vertical tanto hacia atrás como hacia adelante, al tener subcontratado los procesos de transportes e inventarios.
- La estrategia de la cadena de suministros de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es de tipo *push (empujar)*, ya que se produce todo el producto (tonelaje de concentrado de oro y plata), que es absorbido por el mercado de metales.
- Dentro de la cadena de suministros de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, está clasificado como *Second Party Logistics (2PL)*, por los siguientes motivos: subcontrata los procesos de transporte, teniendo un monto en flete al mes de mayo de \$34,269.37 y manejo de inventario de materiales para atención al área de

mantenimiento, ya que representa el 95.19% con respecto al monto total de inventario.

- Se ha identificado una oportunidad de mejora, para elevar la disponibilidad de los materiales (nivel de servicio y cobertura) entre los valores de 92% hasta 95% dependiente del tipo de material (crítico, estratégico, obsoleto, etc.), mejorando la capacidad de respuesta de la cadena de suministros de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, así mismo se logra reducir el inventario, generando un ahorro de \$ 824,773, mediante las modificaciones e implementación de las políticas de atención de los proveedores de la consignación minera.



Capítulo XV. Conclusiones y Recomendaciones

Luego del análisis realizado a las labores productivas de la Compañía Minera Ares, Unidad Minera Selene,

15.1. Conclusiones Finales

- La ubicación y dimensionamiento de La Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, permitió alcanzar una tasa de utilización promedio de 85.53% para los últimos dos años (2015 y 2016), así mismo un factor importante es la cercanía a la materia prima, en este caso por accidentes geográficos y el potencial de yacimiento minero (Pallancata), las instalaciones de la planta Selene se ubican a 22 kilómetros de la unidad operativa Pallancata, permitiendo a la empresa, ampliar su infraestructura en caso se incremente la producción. Al agotarse el yacimiento minero Selene, la compañía tenía que decidir entre construir una nueva planta, reubicarla o transportar el mineral por medio de volquetes o fajas transportadoras. Finalmente, la decisión tomada por la empresa de no mover la planta y transportar el mineral desde el nuevo yacimiento Pallancata, fue correcta.
- La Compañía Minera Ares, Unidad operativa Selene, oferta un producto que cumple y se alinea a los objetivos de la empresa, obteniendo un puntaje de 46 en idoneidad y 81 viabilidad y valoración; una de las características principales del concentrado de plata y oro, es que es un *commoditie*, por ende, no posee un alto grado de especialización en la fase de diseño final. Hay rangos de calidad en cuanto a contenido metálico, nivel de humedad y nivel de impurezas que deben ser cumplidos para la satisfacción de sus clientes finales. Si bien es cierto, al ser un *commoditie*, no se maneja el precio de venta, pero se debe cuidar los factores de calidad indicados para no tener penalidades en el precio de venta.

- Se ha identificado que al suprimir del proceso la operación de acondicionador (no agrega valor) y uniformizar la entrada de alimentación de la pulpa, a cada circuito se logra un aumento del %*Touch Time* a un valor de 78.65%, esto cambios aumentarán el flujo de pulpa y por ende el porcentaje de tratamiento y recuperación del mineral en aproximadamente 1%, pasando de una recuperación del mineral de 87.22% a 88.22% con respecto al escenario actual.
- La zona de mayor TCR (Relación de cercanía total) con un puntaje de 49, en la planta Selene, es la zona de filtración / separación, ya que esta zona viene hacer el último eslabón para la obtención del concentrado de mineral. Las áreas o zonas de mayor relevancia en la distribución de planta son: zonas de flotación, abastecimiento de aguas / desarenador y de la zona de espesamientos de relaves o planta de desaguado.
- El principal recurso de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, es el potencial humano, el cual está distribuido en las diferentes áreas de la unidad; el mayor número de trabajadores está en la parte operativa, alrededor del 80%, así mismo, se evidencia que actualmente se está siguiendo un plan de acción de forma eficiente en el área de planta, sobre el manejo del personal, estimando un ahorro en las remuneraciones en un valor de \$ 33,789, siendo en la categoría de obrero, donde se da el mayor impacto de reducción de aproximadamente 10.81%. El uso de personal de las áreas de influencia de las operaciones mineras y la baja rotación de personal contribuye al ahorro de costos en entrenamiento y manejo de los recursos humanos.
- Al establecer una cobertura al inventario de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, según el costo de almacenamiento, ubicación en la zona de Pareto y su importancia en el proceso productivo (crítico o regular), se obtiene un ahorro estimado de \$ 870,169.

- Vemos que es una muy buena inversión triplicar los presupuestos de capacitación y señalización de las unidades operativas Selene-Pallancata, pues con un presupuesto relativamente bajo (\$18,418) se obtienen excelentes retornos en un horizonte de cinco años: un VAN de \$179,776.27 y un TIR de 116.30% y eso se da básicamente por los costos ocultos de los accidentes laborales, que en suma son mucho más onerosos de lo que realmente pensamos.
- Utilizando proveedores de menor carga administrativa (cambio de proveedor de Metso a Esfamim) en trabajos como el cambio de forros de los molinos de bolas se puede ahorrar 46 % en comparación con el proveedor actual, este ahorro se dará cada vez que se culmine este trabajo en los 5 molinos.
- Al establecer un costeo por actividades (ABC) en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, se logrará asegurar la trazabilidad de los costos que se incurren para la obtención de las onzas de plata y de oro, teniendo un valor inicial de 0.93 \$/Oz Eq Ag, siendo mucho menor al coste de 1.21 \$/Oz Eq Ag.
- La implementación de la tecnología *RFID* y *Hand Held* de apoyo al personal de mantenimiento y operaciones, permitirá mejorar los indicadores de mantenimiento de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, como son tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparaciones (MTTR), teniendo el proyecto de mejora un valor de beneficio/costo de 2.81, siendo muy rentable, permitiendo ahorrar costos de maquina parada o pérdidas de producción, como en el caso del motor del molino 9.5"x15", de \$180,000. La optimización de las rondas de inspección de mantenimiento ayudará a mejorar la detección de problemas de mantenimiento antes de que se genere problemas mayores o paradas de equipos por fallas no detectadas prematuramente.

- La cadena de suministros de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, mediante la aplicación de políticas propuestas a los proveedores de la consignación, permitirá brindarle mayor flexibilidad y rapidez, logrando elevar la disponibilidad de los materiales (nivel de servicio y cobertura) en un valor de 92% hasta 95% dependiente del tipo de material (critico, estratégico, obsoleto, etc.) y también podrá reducir su nivel de inventario, generando un potencial ahorro de \$ 824,773.

A continuación, se muestra en la Tabla 94, un resumen de los beneficios cuantificados de las propuestas de mejora, segregadas por cada capítulo desarrollado y analizado en el presente DOE (Diagnóstico Operativo Empresarial) de la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene.

15.2. Recomendaciones Finales

- Se recomienda tener en cuenta factores como: cercanía a materia prima, impactos al medio ambiente y grupos de interés, recursos ambientales (actividades de riesgo ambiental y contaminante) y por último el tipo de proceso productivo (masivo / intermitente). Para poder ubicar y dimensionar las plantas o fábricas, ya que como identificamos en el análisis realizado en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, estos son factores críticos para determinar decisiones a largo plazo, de alto riesgo y de un gran monto de inversión.
- Se recomienda para realizar cualquier tipo de expansión y distribución de la planta Selene, partir del DAP (Diagrama de análisis del proceso), priorizando la cercanía e importancia en cada etapa del proceso productivo, enfocándose en la integración total, mínima distancia, flujo optimo, espacio cubico, satisfacción y seguridad y por último flexibilidad del proceso.

Tabla 94

Resumen de beneficios (ganancia-ahorro) de las propuestas de mejora

Capítulo	Propuesta de mejora	Inversión	Ahorro (1er año)	Ahorros (al 5to año)	Ganancia
Planeamiento y Diseño del Proceso	Instalación de un analizador de granulometría en línea, medición por rayos X y malla -200.	\$240,000			\$1,370,074
Programación de Operaciones Productivas	Aplicación de Programación Lineal	\$75,000	\$28,672	\$156,810	
	Planes de mejoras en la Instrumentación	\$150,000	\$35,010	\$191,290	
	Sistema de Control Centralizado	\$500,000	\$203,412	\$1,123,981	
	Sistema de Gestión de Datos <i>PI System</i>	\$65,000	\$81,340	\$449,455	
Gestión Logística	Proceso de planificación de materiales o <i>SKUs</i> por coberturas de meses de stock	\$18,000(*)	\$870,169	\$870,169	
Gestión de Costos	Transferir a categoría de obsoletos, los materiales irregulares con una baja rotación	\$18,000(*)	\$45,079	\$225,395	
Gestión y Control de la Calidad	Optimización del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	\$18,418	\$1,632	\$289,733	
	Implementación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG)	\$85,000	\$15,620	\$78,098	
Gestión del Mantenimiento	Implementación del sistema <i>Intermec CN70</i>	\$64,111	\$180,000	\$900,000	
Cadena de Suministro	Establecer indicadores de gestión y políticas para mejorar la calidad de servicio en la consignación minera	\$18,000(*)	\$824,773	\$824,773	
Monto total		\$1,251,529	\$2,285,706	\$5,109,703	\$1,370,074

Nota. La inversión en los capítulos de gestión logística, gestión de costos y cadena de suministros está basado en la contratación de un personal especializado por el horizonte de seis meses a un sueldo mensual estimado de \$3,000.

- Se recomienda enfocar los recursos para asegurar la calidad del proceso de flotación y mantener un programa de capacitación del personal de forma permanente en la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, ya que cualquier variación estas variables del proceso productivo, impacta de manera directa en la calidad del concentrado de estableciendo planes de acción que permitan mantener el proceso bajo control (dentro de los límites de control y de especificación).
- Se recomienda a la Compañía Minera Ares, Unidad Operativa Selene, elaborar indicadores claves de desempeño a sus procesos subcontratados como son el de transportes e inventarios que impactan de manera directa en el nivel de servicio ofrecido al cliente, con la finalidad de evaluar de manera periódica el desempeño de los proveedores, generando una cultura de mejora continua, en los procesos logísticos que vuelvan flexible y rápida la cadena de suministros
- Se recomienda analizar los procesos de operación en forma continua, con la finalidad de identificar oportunidad de mejora y estableciendo puntos de control, para monitorear el tamaño de partículas en tiempo real para asegurar la calidad de granulometría (tamaño de partícula) que se requiere para el proceso de flotación. Esto redundará en la mejora en la eficiencia de recuperación de mineral y menor pérdida de contenido metálico en los relaves.
- Poner en funcionamiento nuevamente las zarandas de alta frecuencia, para retirar las partículas extrañas al proceso de flotación como son maderas y plásticos provenientes de la voladura en mina, ya que obstruyen las descargas de las celdas de flotación, teniendo presencia en el producto final de concentrado, afectando la calidad del mismo.

- Controlar la densidad de pulpa en el ingreso de las celdas de flotación, para permitir un flujo uniforme entre las diferentes etapas del proceso flotación, disminuyendo la variabilidad de los resultados metalúrgicos, impactando en la calidad del producto.
- Se recomienda implementar el estándar de calidad ISO 9001 para en primer lugar mejorar los procesos de cara a la calidad de los mismos, adicionalmente se completaría el set de herramientas de gestión de calidad para un mejor rendimiento y acople del Sistema Integrado de Gestión (SIG).
- Para mejorar y asegurar la calidad de los concentrados de plata y oro se propone lo siguiente:
 - Se recomienda implementar un equipo de análisis de tamaño de partículas, operado por rayos X (*PSI* por sus siglas en inglés), para medir este importante parámetro en tiempo real, considerando los puntos de muestreo adecuados y un equipo cuarteador automatizado que permita obtener una muestra real representativa. Los datos de este equipo deberán ser transferidos en tiempo real al sistema de control, permitiendo realizar los ajustes necesarios en el proceso de molienda.
 - Reutilizar la Zaranda de Alta Frecuencia, la cual no está siendo utilizada, se recomienda su reutilización para retirar los materiales ajenos al proceso, como son partículas de madera y plástico provenientes de la voladura en mina aumentando la abertura de la malla, permitiendo el pase del mineral molido en forma de pulpa y no de las partículas indicadas.
 - Instalar equipos auxiliares, como un densímetro nuclear, un flujómetro magnético y un lazo de control de dosificación de agua mediante la implementación de un flujómetro de agua y una válvula proporcional automática, nos permitirá controlar la densidad de alimentación de pulpa a la

sección de flotación. Entre el densímetro y el flujómetro magnético, se calculará el flujo masa que ingresa a las celdas de flotación y se medirá el porcentaje de sólidos contenidos en la pulpa. Finalmente, y de acuerdo con los requerimientos del área de investigaciones metalúrgicas, se hace el ajuste automático de la dosificación de agua a la salida de los molinos. Toda esta información será transferida al sistema de control para el monitoreo y ajuste necesario. Controlar este lazo de control, reduce la carga circulante en el circuito de molienda, logrando incrementar la capacidad de procesamiento de mineral fresco, sin requerir una inversión de capital muy alta.

- La implementación de un sistema de control avanzado permitirá la optimización de muchos de los procesos y operaciones de la Planta Concentradora Selene. La optimización de reportes, detección prematura de fallas y las mejoras en la disponibilidad de planta son parte de los beneficios de la implementación de un sistema de control. La tecnología actualmente utilizada en gran minería, ha bajado significativamente de precios y existen múltiples opciones para la implementación de un sistema de este tipo y lograr beneficios en todas las áreas del proceso productivo.
- La implementación de un sistema de gestión de datos *PI System* permitirá tomar mejores decisiones de manera informada y centralizar la información una sola fuente de información. Las herramientas de acceso a la data generada usan plataformas de gestión de datos móviles, lo cual permitirá que la data llegará a todo el personal clave en tiempo real y se mejorará el seguimiento y la prevención de los problemas operativos.

Referencias

- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (2008). *Las ventajas de una buena salud y seguridad en el trabajo*. Bilbao, España: Autor. Recuperado de <https://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/publications/factsheets/77>
- Alarcón, J. (2007). *El outsourcing llego para quedarse, señala KMPG*. KPMG en México Comunicado de prensa abril 2007.
- Armas Navarro, O. (2006). *Aplicación de un procedimiento para el cálculo y evaluación de costos de calidad en la Química Ligera (ELQUIM)*. Recuperado de <http://www.monografias.com>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro* (5a ed.). México D.F., México: Pearson Educación.
- Barba, E., Boix, F. & Cuatrecasas, Ll. (1998). *Seis Sigma*. Barcelona, España: Gestión 2000 S.A.
- Barndt, S.E. & Carvey, D. W. (1982). *Essentials of operations management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bird F. y Germain G. (1985). *Liderazgo Práctico en el Control de Pérdidas*. Georgia, GA: Det Norske Veritas Inc.
- Brigham, E. (2005). *Fundamentos de la Administración Financiera*. (10a ed.). México D.F., México: Thomson Editores, S.A
- Brito, J. (2001). *Contabilidad Básica e Intermedia*. (6a ed.). Caracas, Venezuela: Centro de contadores
- Buzby, C.M., Gerstenfeld, A., Voss L.E. & Zeng A.Z. (2002). Using lean principles to streamline the quotation process: a case study. *Industrial Management & Data Systems*, 102(8), 513. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/da4f/flac7a6f9ecb90ae6ad4babeef0cebe84a70.pdf>

- Cárdenas N. (1995). *La lógica de los costos I*. México D.F., México: Instituto Mexicano de Contadores Públicos (IMCP) y Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración (ANFECA)
- Carro, P. & González, G. (2012a). *Diseño y selección de procesos*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf
- Carro, P. & González, G. (2012b). *Diseño y medición de puestos de trabajo*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1609/1/04_medicion_puestos_trabajo.pdf
- Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. México D.F., México: Pearson
- Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones* (12a ed.). México D.F., México: Mc Graw Hill
- Chopra, S. & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro* (3a ed.). México D.F., México: Pearson Educación.
- Compañía Minera Ares (2016a). *Reporte Anual*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2016b). *Memoria Anual*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2016c). *Nuestra Historia*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2016d). *Nuestro Modelo de Negocio*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2016e). *Reporte de Producción Anual*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2017a). *Proyección de Costos a junio 2017*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2017b). *Plan de Capacitación 2017 Selene-Pallancata*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2017c). *Plan de Inversiones OPEX 2017 Selene-Pallancata*. Lima, Perú: Hochschild.
- Compañía Minera Ares (2017d). *Plan Anual*. Lima, Perú: Hochschild.

- ComparaBien (2017, 20 de julio). *Elige tu Depósito a Plazo*. Recuperado de <https://comparabien.com.pe/depositos-plazo/>
- Crosby, P. B. (1989). *La calidad no cuesta: El arte de asegurar la calidad*. México: CIA, Editorial Continental, S.A de C.V.
- D'Alessio, F. (2012). *Administración de las operaciones productivas*. México D.F., México: Pearson
- Deming, W. E. (1989). *La salida de la crisis. Calidad, productividad y competitividad*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos.
- Domínguez, J. A., Álvarez, M. J., García, S., Domínguez, M. A. & Ruíz, A. (1995). *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Duffuaa, S., Raouf, A. & Dixon, J. (2005). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México D.F., México: Limusa Wiley
- Eckes, G. (2004). *El six sigma para todos*. Bogotá, Colombia: Norma S.A.
- Feigenbaum, A. V. (1994). *Control Total de la Calidad (Tercera Edición Revisada)*. México: Compañía Editorial Continental, S. A de C. V.
- Fernández, R. (2007). *Outsourcing, Estrategia Empresarial del Presente y Futuro*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos10/outso/outso.shtml>
- Fontena, F. (2003). Situación Actual de la Logística. *Revista de la Marina de Chile*.1(1), 1-11. Recuperado de <http://revistamarina.cl/revistas/2003/5/fontena.pdf>
- Gaither, N & Frazier G. (2000). *Administración de producción y operaciones (8a ed.)*. México D.F., México: International Thomson Editores
- García-Sabater, J. (2012). *Diseño de Sistemas productivos y logísticos - Distribución de Planta*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de

<http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/4%20distribucion%20en%20planta.pdf>

González, C. (2007). *Principios de Mantenimiento*. Cartagena, Colombia: Universidad

Industrial de Santander-UIS - Posgrado en Gerencia de Mantenimiento.

Greaver, M.F. (1999). *Strategic Outsourcing*. New York, NY: AMACOM.

Griem-Klee, S. (2013). *Exploraciones Mineras*. Copiapó, Chile: Universidad de Atacama.

Grimaldi, John V. & Simonds, Rollin H. (1975). *Safety Management* (3th ed.). Alabama, AL:

Richard D. Irwin

Hackman, J.R. & Oldham, G.R. (1976). Motivation through the design of work: Test of a

theory. *Organizational Behavior and Human Performance*, 16(1), 250-279.

Heizer, J. & Render, B. (2009). *Principios de administración de Operaciones* (7a ed.).

México D.F., México: Pearson

Heinrich, H. W. (1931). *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach*. New York,

NY: McGraw-Hill

Hochschild Mining PLC (2012). *Reporte de Sostenibilidad 2012*. Recuperado de

<http://www.hochschildmining.com/CKFinderJava/userfiles/files/hochschild-reporte-sostenibilidad-2012.pdf>

Hochschild Mining PLC (2015). *Hochschild Mining PLC Annual Report 2015*. Recuperado

de

<http://www.hochschildmining.com/CKFinderJava/userfiles/files/2015%20Sustainability%20Report%285%29.pdf>

Hornigren T., Sundem G. & Stratton W. (2001). *Introducción a la Contabilidad*

Administrativa (11a ed.). México D.F., México: Prentice Hall

Hornigren, Datar & Rajan (2012). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial* (14a ed.).

México D.F., México: Pearson

- Imre, J. (1974). *Unpublished doctoral dissertation* (Tesis doctoral). Michigan State University, Michigan, MI.
- International Organization for Standardization. (2005). Norma ISO 9000:2005. *Sistemas de Gestión de la Calidad-Fundamentos y Vocabulario*. Ginebra, Suiza.
- Ishikawa, K. (1988). *¿Qué es el control total de la calidad? La modalidad japonesa*. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Sociales.
- Juran, J. M. (1993). *Manual de Control de la Calidad* (cuarta edición.). La Habana, Cuba: Editorial MES.
- Krajewsky, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. (2013). *Administración de operaciones, procesos y cadena de suministro* (10a ed.). México D.F., México: Pearson
- Levin, R.I., Kickpatrick, C. A., & Rubin, D. S. (1982). *Quantitative approaches to management* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- López, R. (2005). *Los Costos y el Control Total de la Calidad*. Recuperado de <http://www.monografias.com>
- Manzaneda, J. (2012). *Procesamiento de Minerales*. Lima, Perú: UNI.
- Marez, I. (2007). *Directriz conceptual para implementar un Sistema Integrado ISO 9001:2000, Seis Sigma y Premio Nacional de calidad Total en una PyME* (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas). Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Maynard, A.B. (2005). *Outsourcing "Selecting an outsourcing provider – Art or Science?"*. TEC Technology Evaluation Center.
- Menocal, R. (2017). *Curso Gestión de la cadena de Suministro*. Recuperado de <http://centrumonline.pucp.edu.pe/course/view.php?id=970§ion=2>
- METSO Minerals. (2004). *Conocimientos Básicos en el Procesamiento de Minerales* (5a ed.). Lima, Perú: Autor.

- Monchy, F. (1990). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. Barcelona, España: MASSON, S.A.
- Monks, J.G. (1991). *Administración de operaciones*. México D.F., México: McGraw-Hill.
- Morales, F. (1982). *Control y Valuación de Inventarios*. México D.F., México: Ediciones Contables y Administrativas S.A. de C.V.
- Morales, G (2007). *Outsourcing*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos3/outsourcing/outsourcing.shtml?monosearch>
- Moreira, D. A. (1996). *Administração Da Produção E Operações* (2a ed.). São Paulo, Brasil: Livraria Pioneira.
- Moubray, John (1997). *Reliability Centred Maintenance* (2da ed.). New York, NY: Industrial Press.
- Muther R. (1977). *Distribución en planta* (3a ed.). Barcelona, España: Hispano Europea.
- Nahmías, S. (2007). *Análisis de la Producción y de las Operaciones* (5a ed.). México D.F., México: McGraw-Hill
- Perdomo, A. (2002). *Elementos básicos de la Administración Financiera*. (10a ed.). México D.F., México: Ediciones PEMA.
- Pérez, J. (2007). *Sistema de Gestión en Seguridad y Salud ocupacional Aplicado a Empresas Contratista en el sector económico minero metalúrgico* (Tesis magistral). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/633/1/perez_jl.pdf
- Polimeni, R., Fabozzi, F. & Adelberg, A. (1994). *Contabilidad de Costos* (3a ed.). Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw Hill Interamericana
- Real Academia Española (2017). *Diccionario de la lengua española* (Edición del Tricentenario). Recuperado de <http://dle.rae.es/?w=calidad&m=form&o=h>

- Roethlisberger, J. & Dickinston, W. (1941, Jun). Managemente and the Workers. *The Economic Journal*, 51(202), 306-308. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/2226267?seq=1#page_scan_tab_contents
- Schneider, B. (2004) *Outsourcing. La herramienta de gestión que revoluciona el mundo de los negocios*. Grupo Editorial Norma.
- Schroeder, R. G. (2005). *Administración de operaciones. Casos y conceptos contemporáneos* (2th ed.) México D.F., México: McGraw-Hill.
- Soto, J. (2007). *Establecimiento de un nuevo sistema de inventario para facilitar el manejo de mercancía de la empresa TINTAMAX S.A. de C.V.* (Tesis magistral), Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México. Recuperado de http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/239_jose_soto.pdf
- Stock, J. & Lambert, D. (2001). *Strategic Logistics Management*. Massachusetts, MA: Irwin-Mc Graw Hill.
- Universidad América Latina (2015). *Administración de la Producción*. Recuperado de http://ual.dyndns.org/Biblioteca/Admon_de_la_Produccion/Docs/Inicio.html
- Uribe, R. (2011). *Costos para la toma de decisiones*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana
- Veliz, C. (2014). *Estadística para la Administración de Negocios* (2a ed.). Lima, Perú: Pearson.
- Vilcarromero, R. (2013). *La Gestión de la producción*. Málaga, España: eumed.net. Recuperado de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1321/index.htm>
- Freites J. (2005). *I Jornada de Minería y Ciencias Afines* – Ciudad Bolivar: CVG-Ferrominera Orinoco C.A. Departamento de Planificación y Desarrollo de Mina

Apéndice A. Puestos de Trabajo en Planta Concentradora Selene

Nº pers/	Nombre	Posición	Sub-División	Área de personal
7000208	CUCHILLO CUIPA, CONSTANTINO	OPERARIO DE INVESTIGACIONES METALURGICAS	Invest/Metalurg	Obreros
7000378	VALENTE CONTRERAS, EFRAIN	OPERARIO DE INVESTIGACIONES METALURGICAS	Invest/Metalurg	Obreros
7000340	QUISPE SUCANTAIPA, ALAN ROBERTO	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000679	ASTO PANUERA, URBANO	PREPARADOR DE MUESTRAS	Laboratorio	Obreros
7000192	CONDE HUACCHARAQUI, JOSE IGNACIO	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000380	VELAZCO BARRIGA, AUGUSTO JAVIER	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000128	ALI CHARCA, MARCOS RICARDO	MAESTRO DE LABORATORIO	Laboratorio	Obreros
7000678	ASTO CHUMPE, LUISA MARLENI	PREPARADOR DE MUESTRAS	Laboratorio	Obreros
7000147	ATAHUA VILLEGAS, ELVER	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000173	CCAMA CCALLO, ISAC LEON	MAESTRO DE LABORATORIO	Laboratorio	Obreros
7000191	CONDE FLORES, EXALTACION	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000566	CUARESMA QUICAÑA, OCTAVIO	PREPARADOR DE MUESTRAS	Laboratorio	Obreros
7000403	HERRERA MARTINEZ, ORLANDO ANICETO	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000249	HUACCHARAQUI DE LA TORRE, MANUEL	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000177	CCORMORAY HUACCHARAQUI, RUDECINDO	ENSAYADOR QUIMICO	Laboratorio	Obreros
7000556	LEON BECERRA, LUIS	ASISTENTE DE ALMACEN	Logística	Empleados
7000289	MEDINA PANIURA, DAVID	OPERARIO DE ALMACEN	Logística	Obreros
7001082	SEGURA ORTIZ, RUBEN NICOLAS	MAESTRO DE ALMACEN	Logística	Obreros
7000334	PONCE ÑAUPA, PAULINO	OPERARIO DE ALMACEN	Logística	Obreros
7000573	QUICAÑA HERRERA, CLEOFE	AYUDANTE DE ALMACEN	Logística	Obreros
7000603	RAMOS BERROSPÍ, RICHARD	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	Mantenimiento	Empleados
1010849	CABALLERO MONTERO, ARTUR ROLANDO	ELECTRICISTA 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000673	OSORES FABIAN, ROY RICHARD	ELECTRICISTA 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000363	SIMON SALAZAR, YHONY CESAR	OPERADOR DE EQUIPO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000366	SOTA PORTILLA, CARLOS	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
1010590	ZAMATA CRUZ, RAUL	MECANICO 2DA/	Mantenimiento	Obreros
7000601	CUCHILLO PEREZ, RICHARD	ELECTRICISTA 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000222	ESPINOZA ALARCON, PEDRO RICHARD	ELECTRICISTA 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000228	GALLEGOS PAREDES, ROGELIO ALAN	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000297	NIFLA YANQUE, TEOFILO	OPERADOR DE EQUIPO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000322	PEÑA ALARCON, CLUDIO RODOLFO	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
1010786	ATAHUI NAVIO, SIMON	OPERADOR DE EQUIPO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
1011030	BUENO CASTRO, JHONATAN ALIPIO	TECNICO INSTRUMENTISTA	Mantenimiento	Empleados
7000465	COLQUE LLALLAQUE, ZAQUEO BENECIO	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000256	HUANCA MOLLOSHUE, SILVERIO FABIAN	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000265	HUAYHUA AROTAIPE, LUIS	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7001080	HURTADO BARREDA, ALFONSO SALVADOR	MECANICO 2DA/	Mantenimiento	Obreros
7000274	LAQUI CALDERON, MIGUEL ISAIAS	MECANICO 2DA/	Mantenimiento	Obreros
7000298	NIFLA AYALA, ANICETO	ELECTRICISTA 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000359	ROJAS HELACCAMA, MELCHOR	MECANICO 1RA/	Mantenimiento	Obreros
7000829	SUAÑA MAMANI, DAVID LUCIO	MECANICO 2DA/	Mantenimiento	Obreros
7000597	HUANACCHIRI ÑAUPA, VICENTE	AYUDANTE DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Obreros
1010349	LLACTA PANIURA, SABINO	AYUDANTE	Medio Ambiente	Obreros
1010824	SAAVEDRA ANCCO, WILBER	AYUDANTE DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Obreros
7001032	PONCE ANAMPA, ALFREDO	TECNICO DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Empleados
7000211	CUIPA CONDE, MARIANO	MAESTRO DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Obreros
7000237	GUERRERO ATAHUA, ISIDRO	AYUDANTE DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Obreros
1010347	GUTIERREZ TAYPE, JOSE	AYUDANTE	Medio Ambiente	Obreros
7000568	GIL MUÑOZ, JAVIER	MAESTRO DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Obreros
1010348	CONDE HUACCHARAQUI, TITO MARCIAL	AYUDANTE	Medio Ambiente	Obreros
7000623	GOYA HUANACCHIRI, RUTH DELFINA	AYUDANTE	Medio Ambiente	Obreros
7000598	MARTINEZ CCANCCE, BERNABE	AYUDANTE DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Obreros
1012079	MERCEDES ARTEAGA, ARMANDO	TECNICO DE MEDIO AMBIENTE	Medio Ambiente	Empleados
7000247	HUACCHARAQUI VARGAS, GREGORIO	OPERADOR DE BALANZA	Planta	Obreros
7000308	ORTIZ RAMIREZ, GEDEON	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000911	POCCO GARCIA, RODRIGO	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000662	QUISPE CASA, RUFO JAVIER	OPERADOR PLANTA DE DESAGUADO	Planta	Obreros
1012227	CCANCCE OSCCO, MARCIAL	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000519	BENIQUE PAUCARRA, MAURO	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000193	CONDORI BUENDIA, ELIO	OPERADOR DE BALANZA	Planta	Obreros
7000671	HUILLCAYA ARONI, HELDER	OPERADOR PLANTA DE DESAGUADO	Planta	Obreros
7000416	MARAZA LIMA, VICTOR HUGO	MAESTRO DE PLANTA	Planta	Obreros
7000288	MEDINA CONTRERAS, CRISTIAN NILTON	OPERADOR PLANTA DE DESAGUADO	Planta	Obreros
7000604	SAPACAYO SISA, ROBERTO	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000078	MEJIA QUISPE, MARIO	SECRETARIO	Planta	Empleados
7000832	ANCCO HUACCHARAQUI, LINO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000136	APAZA MESTAS, MARTIN JOSE	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000140	ARONI ÑAHUINLLA, PANFILO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000142	ARONI ÑAUPA, NILO	FLOTADOR	Planta	Obreros
7000145	ATAHUA AZARTE, VIRGILIO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000167	CASQUINO LLAMOCA, GARY EBERT	OPERADOR MONTACARGA	Planta	Obreros
7000181	CHIPANA TAIPE, DIONICIO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000455	CONDE ANAMPA, EDWIN	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000189	CONDE CARITAS, ORLANDO	MOLINERO	Planta	Obreros
7000456	CONDE FLORES, FIDEL	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000214	CUIPA HUAMANI, DAMIAN	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000221	ENRIQUEZ MENDOZA, AMADOR	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000230	GARCIA CUIPA, REYNALDO	OPERADOR EQUIPO PESADO	Planta	Obreros
7000231	GARCIA SARMIENTO, DIOMIDES	FILTRERO	Planta	Obreros
7000725	GUERRERO ATAHUA, MIGUEL	OPERADOR MONTACARGA	Planta	Obreros
7000240	HERRERA LLACCTA, CLAUDIO	MOLINERO	Planta	Obreros
7000242	HILARIO CALLE, ROBERTSON ESTANISLAO	FILTRERO	Planta	Obreros
7000246	HUACCHARAQUI ÑAUPA, ROBERTO	OPERADOR MONTACARGA	Planta	Obreros
7000245	HUACCHARAQUI VARGAS, LEONIDAS	SUPERVISOR DE PLANTA	Planta	Empleados
7000255	HUANCA HUAMANI, ANDRES	OPERADOR PLANTA DE DESAGUADO	Planta	Obreros
7000278	LLACTA PANIURA, JOSE BENITO	FILTRERO	Planta	Obreros
7000277	LLACTA SUCANTAIPA, GUILLERMO ELOY	FILTRERO	Planta	Obreros
7000282	LOCO ORTIZ, ANASTACIO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000600	MAMANI YANQUI, EFRAIN SERGIO	OPERADOR DE BALANZA	Planta	Obreros
7000304	ÑAUPA ARONI, TITO ALEX	MAESTRO DE PLANTA	Planta	Obreros
7000307	ORTIZ HUILLCAYA, CARLOS SILVESTRE	MOLINERO	Planta	Obreros
7000324	PEREZ CUCHILLO, PABLO SEMION	FLOTADOR	Planta	Obreros
7000337	QUISPE ALFERES, SAUL JUAN DE DIOS	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000510	QUISPE QUISPE, GEDEON	FLOTADOR	Planta	Obreros
7000445	SALAZAR MAMANI, GENARO HUGO	SUPERVISOR DE PLANTA	Planta	Empleados
7000424	SOCANTAIPA CALLA, ELOY	OPERADOR PLANTA DE DESAGUADO	Planta	Obreros
7000365	SOCANTAIPA CALLA, PEPE	FLOTADOR	Planta	Obreros
7000377	VALDERRAMA LOAYZA, YSAAC	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000379	VARGAS TAIPE, LINO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000381	VENTURA MAMANI, EFRAIN ARCADIO	OPERADOR PLANTA DE DESAGUADO	Planta	Obreros
7001025	YAURI MARTINEZ, YOEL	FILTRERO	Planta	Obreros
7000509	ZEBALLOS MAQUERA, ALEXANDER GONZALO	CHANCADOR	Planta	Obreros
7000447	ZEBALLOS VILLASANTE, JUAN SERGIO	SUPERVISOR DE PLANTA	Planta	Empleados
7000909	CCANCCE OSCO, LOURDES	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000564	CHUMPI GANGE, MARINA ALEJANDRINA	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000567	FLORES LLACA, LINO	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000563	CHIPANA ALVAREZ, GABINA	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000565	CORONADO TAYPE, MARGARITA	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7001042	CUIPA MEDINA, HUGO	AYUDANTE	Recur Humanos	Obreros
7000570	HERRERA HUAMANI, GERONIMO	AYUDANTE	Recur Humanos	Obreros
7000571	HUAMANI LIMASCA, FLORENTINA	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000572	LLACTA SOCANTAIPA, BEATRIZ	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000607	PONCE CUIPA, CANDELARIO	AYUDANTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Obreros
7000594	POCCO SUCANTAIPA, ROSEL	AYUDANTE DE MONITOREO	Salud e Higiene	Obreros
1011479	VASQUEZ SANCHEZ, DANAÉ MARILYN	ENFERMERA OCUPACIONAL	Salud e Higiene	Empleados
1009867	ORTIZ VICENTE, FRANZ GUILLERMO	INGENIERO METALURGISTA	Invest/Metalurg	Empleados
1012246	PACCO JORDAN, PERCY	ASISTENTE DE INVESTIGACION METALURGICA	Planta	Empleados
7000036	CORBACHO TAPIA, YURI ANDRES	JEFE DE GUARDIA LABORATORIO	Laboratorio	Empleados
1008436	RAMOS JAIME, ANGEL AUGUSTO	JEFE DE CALIDAD	Laboratorio	Empleados
7000048	GALA RAMOS, ZOSIMO AMERICO	JEFE DE GUARDIA LABORATORIO	Laboratorio	Empleados
1010923	MULLISACA CANSAYA, ROBERT EDDY	ANALISTA QUIMICO	Laboratorio	Empleados
1010774	SALAZAR FRANCO, CARLOS UBER	PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO	Mantenimiento	Empleados
1012239	LOPEZ QUIÑONES, YURI LEO	INGENIERO DE MANTENIMIENTO MECANICO	Mantenimiento	Empleados
7000444	CASTRO ALBA, HUGO MARINO	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MECANICO	Mantenimiento	Empleados
1011494	EGOAVIL GASPAS, EDWIN	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO ELECTRICO	Mantenimiento	Empleados
1010813	MARCELO ZAMBRANO, JORGE DOMINGO	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MECANICO	Mantenimiento	Empleados
7000013	BEDOYA ACOSTA, WILDER ADOLFO	JEFE DE SECCION PLANTA	Planta	Empleados
1012160	COAQUIRA GOMEZ, SAMIR ROMARIO	PRACTICANTE	Planta	Pract/Profesionales
1012177	MAMANI HUISACAYNA, KATHERINE JUDITH	PRACTICANTE	Planta	Pract/Profesionales
7000905	POMA LOPEZ, ROBERTO CARLOS	JEFE DE GUARDIA PLANTA	Planta	Empleados
1000042	URQUIZO CRUZ, MAURICIO JUAN	JEFE DE GUARDIA PLANTA	Planta	Empleados
1012194	CENTENO HUAMANI, SARA BEATRIZ	ASISTENTA SOCIAL	Recur Humanos	Empleados
7001059	FIGUEROA MAMANI, ELOY GERARDO	ASISTENTE DE CAMPAMENTOS	Recur Humanos	Empleados
1012195	DICCION VIRRUETA, MANUEL ALEJANDRO	ANALISTA DE RECURSOS HUMANOS	Recur Humanos	Empleados
1009154	FLORES YUCRA, EDITH	JEFE DE RELACIONES COMUNITARIAS	Rel Comunitaria	Empleados
7001076	INCAHUAMAN SANCHEZ, JUAN FRANCISCO	GESTOR DE RELACIONES COMUNITARIAS	Rel Comunitaria	Empleados
1010888	PUMAYLLE PARIONA, MAGNO CESAR	CHOFER	Rel Comunitaria	Empleados
7000090	PEVE PALOMINO, SORAIDA DIGNA	ENFERMERA OCUPACIONAL	Salud e Higiene	Empleados
7000058	GUTIERREZ QUISPE, SOFIA EDITH	ENFERMERA OCUPACIONAL	Salud e Higiene	Empleados
7001072	BEJARANO VERGARA, EDWARD CARLOS	MEDICO OCUPACIONAL	Salud e Higiene	Empleados
1010390	ZEGARRA LOPEZ, JULIO PASCUAL	INGENIERO SENIOR DE SEGURIDAD	Seguridad	Empleados
1012240	GONZALES OVIEDO, YURI ALEXANDER	INGENIERO DE SEGURIDAD	Seguridad	Empleados

ANÁLISIS Y DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO



Para que el profesional pueda actuar de manera proactiva necesita información sobre los recursos humanos y las necesidades de su organización.

La actividad del departamento de recursos humanos se basa en la información disponible respecto a puestos. Los puestos de trabajo constituyen la esencia misma de la productividad de la organización.

Análisis de la información sobre puestos: perspectiva general.

Antes de la creación de un departamento de personal, los gerentes de cada área suelen tener a su cargo todos los aspectos relativos al personal. Debido a su familiaridad con las funciones de las personas que están a su cargo, los gerentes de áreas específicas no requieren, por lo común, sistemas de información, al menos durante las primeras etapas de la actividad de una empresa.

A medida que aumenta el grado de complejidad de una organización, más funciones se delegan en el departamento de personal, el cual no suele poseer información detallada sobre los puestos de otros departamentos; esa información se debe obtener mediante el análisis de puestos, que consiste en la obtención, evaluación y organización de información sobre los puestos de una organización. Quien lleva a cabo esta función es el analista de puestos.

Esta función tiene como meta el análisis de cada puesto de trabajo y no de las personas que lo desempeñan.

Si carecen de un sistema adecuado de información, los responsables de la toma de decisiones no podrán, por ejemplo, encontrar candidatos que reúnan las características necesarias para un puesto, ni señalar niveles salariales de acuerdo con el mercado.

Las principales actividades gerenciales vinculadas con la información sobre el análisis de puestos son:

1. Compensación equitativa y justa.
2. Ubicación de los empleados en los puestos adecuados.
3. Determinación de niveles realistas de desempeño.
4. Creación de canales de capacitación y desarrollo.
5. Identificación de candidatos adecuados a las vacantes.

6. Planeación de las necesidades de capacitación de recursos humanos.
7. Propiciar condiciones que mejoren el entorno laboral.
8. Evaluar la manera en que los cambios en el entorno afectan el desempeño de los empleados.
9. Eliminar requisitos y demandas no indispensables.
10. Conocer las necesidades reales de recursos humanos de una empresa.

Obtención de información para el análisis de puestos

Antes de estudiar cada puesto, los analistas estudian la organización, sus objetivos, sus características, sus insumos (personal, materiales y procedimientos) y los productos o servicios que brinda a la comunidad. Estudian también los informes que generan varias fuentes como: la misma empresa, otras entidades del ramo, informes oficiales. Provistos de un panorama general sobre la organización y su desempeño, se realizan los siguientes pasos:

1. Identificación de puestos.

Es una tarea sencilla en una organización pequeña. En una empresa grande, es posible que se deba recurrir a la nómina y a los organigramas vigentes, o a una investigación directa con los empleados, supervisores y gerentes. Aunque no sea vigente, un análisis de puestos anterior resulta de mucha utilidad.

2. Desarrollo del cuestionario.

Tiene como objetivo la identificación de labores, responsabilidades, conocimientos, habilidades y niveles de desempeño necesarios en un puesto específico.

- **Identificación y actualización:** se procede primero a identificar el puesto que se describirá más adelante, así como la fecha en que se elaboró la última descripción. Es preciso verificar esta información para no utilizar datos atrasados y no aplicar la información a otro puesto.
- **Deberes y responsabilidades:** muchos formatos especifican el propósito del puesto y la manera en que se lleva a cabo. Esto proporciona una rápida descripción de las labores. Los deberes y responsabilidades específicos permiten conocer a fondo las labores desempeñadas.
- **Aptitudes humanas y condiciones de trabajo:** describe los conocimientos, habilidades, requisitos académicos, experiencia y otros factores necesarios para la persona que desempeñará el puesto. Es vital para proceder a llenar una vacante o efectuar una promoción. Asimismo, permite la planeación de programas de capacitación específica.
- **Niveles de desempeño:** en el caso de muchas funciones industriales, suelen fijarse niveles mínimos normales y máximos de rendimiento. Se deberá recurrir en muchas ocasiones a la ayuda de los supervisores o

los ingenieros industriales que resulte procedente para determinar dichos niveles.

Obtención de datos.

El analista debe determinar la combinación más adecuada de técnicas, manteniendo en todos los casos la máxima flexibilidad.

- Entrevistas: el analista visita personalmente al sujeto que puede proporcionarle información relevante sobre algún puesto. Puede basarse en un cuestionario general, al cual pueden agregarse preguntas que abarquen las variantes concretas que presente el puesto. Este sistema ofrece máxima confiabilidad, pero tiene un alto costo: suele entrevistarse tanto a personas que desempeñan el puesto como a sus supervisores (que se entrevistan después. A fin de verificar la información proporcionada por el empleado).
- Comités de expertos: aunque igualmente costoso y lento, el método de recabar la opinión de un grupo de expertos reunidos ex profeso para analizar un puesto permite un alto grado de confiabilidad. Es especialmente útil cuando el puesto evaluado es de importancia vital y es desempeñado por numerosas personas.
- Bitácora del empleado: una verificación del registro de las actividades diarias del empleado, según las consigna él mismo en un cuaderno, ficha o bitácora de actividades diaria, constituye otra alternativa para la obtención de información. La verificación de estas bitácoras no es una alternativa común para obtener información sobre un puesto, porque significan una inversión en términos considerables de tiempo.
- Observación directa: este método resulta lento, costoso y más susceptible de conducir a errores. Es aconsejable dejar este campo al ingeniero de tiempos y movimientos. Salvo casos excepcionales, no es recomendable para el análisis de ningún puesto.
- El método ideal: flexibilidad en los procedimientos y sentido común.

Aplicaciones de la información sobre análisis de puestos.

La información sobre los diversos puestos puede emplearse en la descripción de puestos, para las especificaciones de una vacante y para establecer los niveles de desempeño necesarios para una función determinada.

Descripción de puestos:

Es una explicación escrita de los deberes, condiciones de trabajo y otros aspectos relevantes de un puesto específico. Todas las formas para la descripción de puestos deben tener un formato igual dentro de la compañía, para preservar la comparabilidad de los datos.

- Datos básicos: una descripción de puestos puede incluir información como el código que se haya asignado al puesto (clave del departamento, si el puesto está sindicalizado o no, el número de personas que lo desempeñan):
 - Fecha, para determinar si la descripción se encuentra actualizada o no.
 - Datos de la persona que describió el puesto, para que el departamento de personal verifique la calidad de su desempeño y pueda proporcionar retroalimentación a sus analistas.
 - Localización: departamento, división, turno (del puesto).
 - Jerarquía, para establecer niveles de compensación.
 - Supervisor, es la persona que ejerce autoridad directa sobre el puesto y está vinculada de muchas maneras con el desempeño que se logre.
 - Características especiales: régimen de pagos por tiempo extra, si se pueden pedir cambios de horario, si debe existir disponibilidad para viajar, etc.
- Resumen del puesto: después de la sección de identificación, suele continuarse con un resumen de las actividades que se deben desempeñar. Es ideal que el resumen conste de pocas frases, precisas y objetivas. Cada responsabilidad se describe en términos de las acciones esperadas y se destaca el desempeño.
- Condiciones de trabajo: no sólo las condiciones físicas del entorno en que debe desempeñarse la labor, sino también las horas de trabajo, los riesgos profesionales, la necesidad de viajar y otras características.
- Aprobaciones: las descripciones de puestos influyen en las decisiones sobre personal. Es preciso verificar su precisión. Esa verificación la puede realizar el supervisor del analista, el gerente de departamento en que se ubica el puesto y el gerente de personal.

Especificaciones del puesto:

La diferencia entre una descripción de puesto y una especificación de puesto estriba en la perspectiva que se adopte. La descripción define qué es el puesto. La especificación describe qué tipo de demandas se hacen al empleado y las habilidades que debe poseer la persona que desempeña el puesto.

No es frecuente separar enteramente la descripción de la especificación, resulta más práctico combinar ambos aspectos.

Niveles de desempeño:

El análisis del puesto permite también fijar los niveles de desempeño del puesto, con ello se consigue ofrecer a los empleados pautas objetivas que deben intentar alcanzar y permitir a los supervisores un instrumento imparcial de medición de resultados.

Los sistemas de control de puestos poseen cuatro características: niveles, medidas, corrección y retroalimentación.

Los niveles de desempeño en un puesto se desarrollan a partir de la información que genera el análisis del puesto. Cuando se advierten niveles bajos de desempeño, se toman medidas correctivas. Las toma el supervisor, aunque en algunos casos interviene el gerente. La acción correctiva sirve al empleado como retroalimentación. En algunos casos, no es la conducta del empleado la que debe corregirse, sino la estructura misma del puesto.

Cuando los niveles especificados no son adecuados, constituyen un aviso para que el personal adecuado proceda a tomar medidas correctivas.

El sistema de información sobre los recursos humanos.

Las descripciones de puesto, las especificaciones y los niveles de desempeño integran la base mínima de datos que necesitan los departamentos de personal y permiten la toma de decisiones.

Organización de la base de datos:

Disponer la información para su ingreso en archivos magnéticos o en papel requiere en muchos casos el trabajo coordinado del departamento de personal con el de cómputo. La base de datos se organiza con el postulado de que los puestos constituyen una unidad básica. Cada vez más, los puestos se organizan en grupos laborales. Los grupos laborales son conjuntos de puestos similares, llamados puestos tipo o típico.

Diseño de puestos.

Los puestos constituyen el vínculo entre los individuos y la organización.

Dado que la función de los departamentos de personal es ayudar a la organización a obtener y mantener una fuerza de trabajo idónea, los especialistas en personal deben poseer una comprensión profunda de los diseños de puestos.

El diseño de un puesto muestra los requerimientos organizativos, ambientales y conductuales que se han especificado en cada caso.

La productividad del empleado, su satisfacción con la labor que lleva a cabo y las dificultades en su labor diaria proporcionarán una guía de lo bien diseñado que se encuentre el puesto. Cuando una ocupación determinada presenta deficiencias serias en su diseño, con frecuencia se presentan fenómenos como alta rotación del personal, ausentismo, quejas, protestas sindicales, sabotajes. Sin embargo, no todos los puestos conducen al mismo grado de satisfacción personal. Asimismo, no en todos los casos puede culparse al diseño por la conducta negativa de las personas que tienen determinada función.

Elementos organizativos del diseño de puestos:

Estos elementos se relacionan con la eficiencia. Los puestos adecuadamente diseñados permiten conseguir una motivación óptima del empleado y conducen al logro de resultados óptimos.

La especialización constituye un elemento esencial en el diseño de puestos. Cuando los trabajadores se limitan a efectuar unas pocas tareas repetitivas la producción suele ser más alta. Éste es un enfoque mecanicista, que procura identificar todas las tareas de un puesto, para que estas tareas puedan disponerse de manera que se reduzcan al mínimo de tiempo y esfuerzo de los trabajadores. Una vez determinada la identificación de las tareas, se agrupa un número limitado de tareas y se integra un puesto. El resultado es una especialización en determinadas tareas. Los puestos especializados conducen a ciclos cortos en el puesto.

El enfoque mecanicista destaca la eficiencia en el esfuerzo, en el tiempo, en el costo de los salarios, capacitación y tiempo de aprendizaje que requiere el obrero o el empleado. Esta técnica se utiliza mucho en operaciones de ensamblado. Resulta especialmente efectiva cuando se emplea a trabajadores sin calificación o sin experiencia en trabajos industriales. Este enfoque ha cedido el paso a diseños de puestos elaborados bajo la óptica del flujo de trabajo y de las prácticas laborales.

Flujo de trabajo. Cuando se estudia la naturaleza del producto o servicio que se va a procesar, se puede determinar la línea ideal de flujo para que el trabajo se efectúe con eficiencia.

Prácticas laborales. Son los procedimientos adoptados para el desempeño del trabajo. Pueden originarse en los hábitos del pasado, en las demandas colectivas, en los lineamientos de la persona que dirige la empresa, etc.

Elementos del entorno en el diseño de puestos:

Al diseñar puestos es necesario tener en cuenta tanto la habilidad como la disponibilidad de los empleados en potencia. Asimismo, es necesario tener en cuenta el entorno social.

Habilidad y disponibilidad de los empleados. Las demandas de eficiencia deben balancearse con la habilidad y disponibilidad reales de los empleados que puede proveer el mercado.

Demandas del entorno social. El grado de aceptación de un empleo es también influido por las demandas y expectativas del entorno social. Un diseñador hábil dará a los puestos que diseña características que lo hagan deseable.

Elementos conductuales en el diseño de puestos:

Los puestos no pueden diseñarse utilizando solamente los elementos que mejoren la eficiencia. Los diseñadores de puestos se apoyan mucho en investigaciones conductuales con el fin de procurar un ambiente de trabajo que satisfaga las necesidades individuales. Las personas con deseos de satisfacer necesidades de carácter superior se desempeñan mejor cuando se les ubica en puestos con calificaciones altas en determinados ámbitos. Estos ámbitos son:

- Autonomía – responsabilidad por el trabajo. Gozar de autonomía significa ser responsable por la labor desempeñada. Implica la libertad de seleccionar las respuestas propias al entorno. Con esto aumenta la responsabilidad individual y la posibilidad de autoestimarse. La ausencia de autonomía puede conducir a niveles pobres de desempeño o apatía.
- Variedad – uso de diferentes habilidades y conocimientos. La falta de variedad puede producir aburrimiento, que a su vez conduce a errores, fatiga y accidentes.
- Identificación con la posibilidad de seguir todas las fases de la labor. El problema de algunos puestos es que no permiten que el empleado se identifique con su tarea. Posiblemente, el empleado experimente escaso sentido de responsabilidad y quizá no muestre satisfacción alguna por los resultados que obtiene.
- Significado de la tarea. Este aspecto adquiere especial relevancia cuando el individuo evalúa su aportación a toda la sociedad.
- Retroalimentación – información sobre el desempeño. Cuando no se proporciona retroalimentación a los empleados sobre su desempeño, hay pocos motivos para que su actuación mejore.

El equilibrio adecuado entre los elementos conductuales y la eficiencia.

Aumentar los aspectos conductuales quizás repercuta en la eficiencia. En este sentido, no existe una solución unívoca. Los expertos en personal deben esforzarse por lograr un equilibrio adecuado entre los elementos conductuales y la eficiencia.

La productividad y la especialización:

La creencia de que a más especialización correspondería siempre mayor productividad sólo es verdadera en cierto grado. A medida que un puesto se hace más especializado, sube también la productividad, hasta que elementos conductuales como el tedio hacen que se suspendan los avances en productividad.

La satisfacción y la especialización:

Al principio, la satisfacción tiende a subir con la especialización. A partir de cierto punto, la especialización ulterior conduce a un rápido descenso de la satisfacción.

Los puestos sin especialización requieren períodos largos de adaptación. La frustración decrece en tanto aumenta la retroalimentación, cuando se añade cierto grado de especialización. Cuando la especialización excede cierto punto, sin embargo, la satisfacción decrece debido a la falta de autonomía, variedad e identificación con la tarea.

La productividad continúa en ascenso sólo si las ventajas de la especialización sobrepasan las ventajas de la falta de satisfacción.

Aprendizaje y especialización:

Cuando un trabajo es altamente especializado disminuye la necesidad de aprender. Se requiere menos tiempo, por tanto, para aprender a desempeñar un trabajo especializado.

Rotación y especialización:

Aunque un trabajo especializado se aprende en menor tiempo, los niveles de satisfacción generalmente asociados con esas tareas son más bajos. A su vez, este factor puede conducir a una alta tasa de rotación. Cuando las tasas de rotación son altas, un nuevo diseño del puesto, con más atención a los aspectos conductuales, pueden reducirlas.

Técnicas para el nuevo diseño de puestos.

El punto central en un nuevo diseño de puestos con frecuencia es si un puesto específico debe tener más especialización o no. La respuesta dependerá de si el puesto se encuentra ya muy especializado.

El análisis y la experimentación constituyen los únicos medios para determinar el punto en el que se ubica un puesto determinado.

Especialización insuficiente:

Cuando los especialistas en personal consideran que los puestos no se encuentran suficientemente especializados, proceden a la simplificación de las labores. Las tareas de un puesto pueden dividirse entre dos puestos. Las tareas que no resultan esenciales se identifican y eliminan con el fin de diseñar puestos que incluyan menos tareas.

El riesgo de la simplificación estriba en producir aburrimiento, errores e incluso accidentes. Este problema tenderá a producirse con más frecuencia en proporción directa al grado de preparación académica que tenga la fuerza de trabajo. A mayor grado de educación, corresponde mayor posibilidad de que aparezca el tedio como manifestación grave.

Especialización excesiva:

A medida que la educación se extiende a clases populares y suben los niveles de vida, los trabajos rutinarios muy especializados, como los trabajos industriales repetitivos y monótonos resultan cada vez menos atractivos. A fin de incrementar la calidad del entorno laboral, se pueden emplear varios métodos. Las técnicas utilizadas con mayor frecuencia incluyen:

- Rotación de labores. Consiste en asignar tareas cambiantes. Los puestos no cambian en sí mismos, son los empleados quienes rotan. La rotación rompe la monotonía del trabajo muy especializado, porque requiere el uso de habilidades muy distintas. Es necesario tratar con cautela esta técnica, ya que no mejora los puestos en sí mismos. La relación entre tareas, actividades y objetivos continúa sin cambiar. Debe ponerse en práctica sólo después de haber considerado otras técnicas.
- Inclusión de nuevas tareas. Mediante esta técnica se incrementa el número y la necesidad de las labores desarrolladas en un puesto. Reduce la monotonía mediante la expansión del ciclo del puesto y apela a una gama más amplia de habilidades del empleado.
- Enriquecimiento del puesto. Con base en el agregado de nuevas fuentes de satisfacción, esta técnica incrementa los niveles de responsabilidad, autonomía y control. La inclusión de nuevas tareas, que consiste en sumar nuevas labores a las que ya se desempeñaban. En el proceso de enriquecer un puesto, se apela a aumentar la posibilidad de planeación y control. A la técnica de inclusión de nuevas tareas se le puede describir como una expansión del nivel de ejecución. El uso de técnicas de enriquecimiento del puesto constituye un recurso al que siempre se puede apelar. Las críticas hechas más frecuentemente destacan la poca receptividad que suele encontrarse en grupos sindicalizados, el costo de diseñarla y ponerla en práctica y los escasos datos de que se dispone actualmente para prever sus efectos a largo plazo. También se señala que esta técnica no es suficientemente radical.

(*) Resumen de ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL Y RECURSOS HUMANOS, de William B. Wether, Jr. - Heith Davis, editorial Mc. Graw Hill



Apéndice C. Carta de Difusión Clima Laboral

HOCHSCHILD MINING

Estimados Amigos,

Quiero comentarles que ya hemos recibido los resultados de la Encuesta de Clima Laboral. En el 2015 obtuvimos un 57.4% de satisfacción a nivel de toda la Compañía.

Agradezco a todos ustedes por haberse tomado el tiempo para darnos a conocer sus opiniones. En términos generales, el resultado refleja la gran motivación y compromiso que tienen ustedes con esta gran organización, pese a los momentos difíciles que nos han tocado vivir por la coyuntura internacional de precios.

A través de sus opiniones podremos identificar una serie de oportunidades de mejora y, al mismo tiempo, reforzar nuestras fortalezas y continuar aplicando las buenas prácticas con nuestra gente, activo principal de la compañía, buscando así hacer de HOC un mejor lugar para trabajar.

Compartiremos con ustedes los resultados por sedes y programaremos reuniones con los líderes de área para establecer planes de acción frente a estos resultados.

Estamos seguros que con tu esfuerzo y compromiso con tu equipo y la empresa garantizaremos un mejor ambiente de trabajo para cada uno de nosotros.

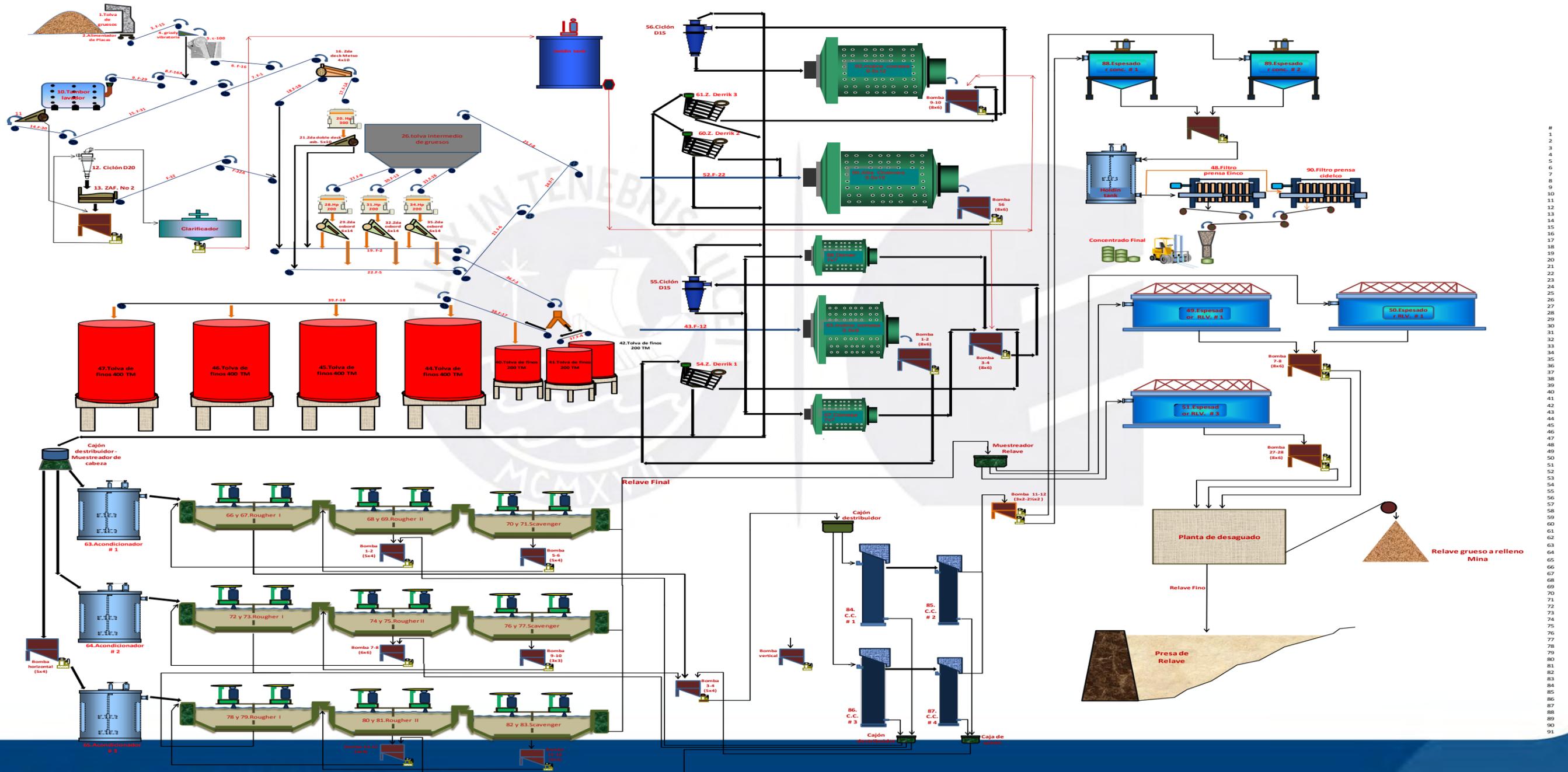
¡Contamos contigo!

Saludos cordiales,
Ignacio Bustamante
CEO



Apéndice D. Diagrama de Flujo Planta Concentradora Selene

DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA CONCENTRADORA SELENE - 2015



- 1 TOLVA DE MINERA
- 2 ALIMENTADOR DE
- 3 FAJA TRANSPORT
- 4 GRUZZLY VIBRATO
- 5 CHANGADORA DE
- 6 FAJA TRANSPORT
- 7 FAJA TRANSPORT
- 8 FAJA TRANSPORT
- 9 ZARANDA DE TRIP
- 10 TAMBOR LAVADO
- 11 ZARANDA DE TRIP
- 12 CICLÓN GIMAX DE
- 13 ZARANDA DE ALTA
- 14 FAJA TRANSPORT
- 15 FAJA TRANSPORT
- 16 ZARANDA METSO
- 17 FAJA TRANSPORT
- 18 FAJA TRANSPORT
- 19 FAJA TRANSPORT
- 20 CHANGADORA CO
- 21 ZARANDA OSBOR
- 22 FAJA TRANSPORT
- 23 FAJA TRANSPORT
- 24 FAJA TRANSPORT
- 25 FAJA TRANSPORT
- 26 TOLVA INTERMED
- 27 FAJA TRANSPORT
- 28 CHANGADORA CO
- 29 ZARANDA OSBOR
- 30 FAJA TRANSPORT
- 31 CHANGADORA CO
- 32 ZARANDA OSBOR
- 33 FAJA TRANSPORT
- 34 CHANGADORA CO
- 35 ZARANDA METSO
- 36 FAJA TRANSPORT
- 37 FAJA TRANSPORT
- 38 FAJA TRANSPORT
- 39 FAJA TRANSPORT
- 40 TOLVA DE FINOS
- 41 TOLVA DE FINOS
- 42 TOLVA DE FINOS
- 43 FAJA TRANSPORT
- 44 TOLVA DE FINOS
- 45 TOLVA DE FINOS
- 46 TOLVA DE FINOS
- 47 TOLVA DE FINOS
- 48 FILTRO PREENSA E
- 49 ESPESADOR DE F
- 50 ESPESADOR DE F
- 51 ESPESADOR DE F
- 52 FAJA TRANSPORT
- 53 MOLINO DE BOLAS
- 54 ZARANDA VIBRAT
- 55 HIDROCICLÓN G15
- 56 HIDROCICLÓN G15
- 57 MOLINO DE BOLAS
- 58 MOLINO DE BOLAS
- 59 MOLINO DE BOLAS
- 60 ZARANDA VIBRAT
- 61 ZARANDA VIBRAT
- 62 MOLINO DE BOLAS
- 63 ACONDICIONADOR
- 64 ACONDICIONADOR
- 65 ACONDICIONADOR
- 66 CELDA DE FLOTAC
- 67 CELDA DE FLOTAC
- 68 CELDA DE FLOTAC
- 69 CELDA DE FLOTAC
- 70 CELDA DE FLOTAC
- 71 CELDA DE FLOTAC
- 72 CELDA DE FLOTAC
- 73 CELDA DE FLOTAC
- 74 CELDA DE FLOTAC
- 75 CELDA DE FLOTAC
- 76 CELDA DE FLOTAC
- 77 CELDA DE FLOTAC
- 78 CELDA DE FLOTAC
- 79 CELDA DE FLOTAC
- 80 CELDA DE FLOTAC
- 81 CELDA DE FLOTAC
- 82 CELDA DE FLOTAC
- 83 CELDA DE FLOTAC
- 84 CELDA COLUMNA
- 85 CELDA COLUMNA
- 86 CELDA COLUMNA
- 87 CELDA COLUMNA
- 88 ESPESADOR DE C
- 89 ESPESADOR DE C
- 90 FILTRO PREENSA C
- 91 HOLDIN TANK

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Apéndice E. Reporte Mensual de Investigaciones Metalúrgicas

INFORME IM - 021 - 2016 U.O. SELENE

A : ING. VÍCTOR DELGADO.
 CC. : ING. JUAN GUILLÉN, ING. WILDER BEDOYA, ING. MARCELA LIVIA.
 DE : INVESTIGACIONES METALÚRGICAS SELENE.
 ASUNTO : PRUEBAS DE GEOMETALURGIA VETA EXPLORADOR PABLO.
 FECHA : 13 DE JULIO DEL 2016.

INTRODUCCIÓN:

Se realizaron pruebas de flotación a nivel laboratorio con mineral proveniente de la Veta Explorador Pablo con %caja, realizándose pruebas a 55%, 60% y 65% -m200.

Código	Veta	Labor	NIVEL
1201597	Explorador Pablo	GAL 4306	4306

*Datos tomados de los REGISTROS DE ENVÍO DE MUESTRAS DE GEOLOGÍA.

OBJETIVO:

- ✓ Conocer la performance del mineral de la veta Explorador Pablo al ser flotado siguiendo el circuito estándar de planta concentradora Selene a diferentes % de – m200.

CONDICIONES:

Prueba	pH	Eh
1201597	7.90	-52.50

Granulometría	55.00% -m200
	60.00% -m200
	65.00% -m200

Etapas de Flotación	Tiempo, min	
	Acondic.	Flotación
Rougher I	6	5
Rougher II	-	4
Scavenger	-	4
Limpieza	-	2

DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS:

Etapa	Reactivos, g/t			
	Z6	D-771	A-404	MIBC
Molienda	60	20	20	30
Ro-II	20	-	-	-

RESULTADOS:

- **Mineral 1201597 Veta Explorador Pablo 4306**

55%-m200 1201597	%	Leyes (g/t)			Recuperación		
		Ag	Au	Fe (%)	Ag	Au	Fe
Cabeza	100.00	434.89	1.26	1.00	100.00	100.00	100.00
Concentrado	1.06	36018.12	105.52	28.47	87.86	88.61	30.32
Relave	98.94	53.36	0.15	0.70	12.14	11.39	69.68

60%-m200 1201597	%	Leyes (g/t)			Recuperación		
		Ag	Au	Fe (%)	Ag	Au	Fe
Cabeza	100.00	434.85	1.26	1.00	100.00	100.00	100.00
Concentrado	1.05	36922.70	108.09	28.47	88.80	89.46	29.81
Relave	98.95	49.22	0.13	0.71	11.20	10.54	70.19

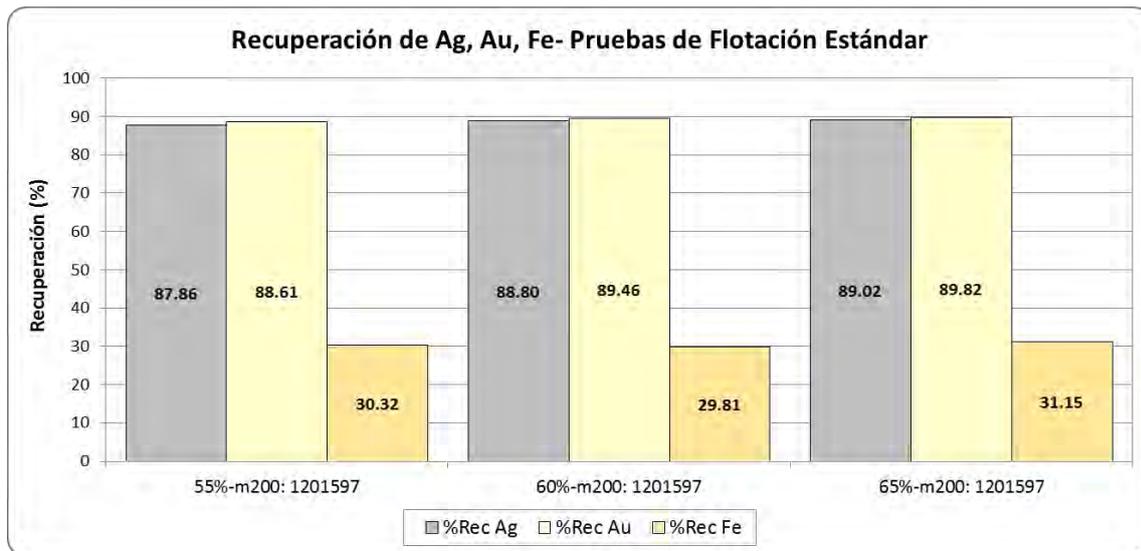
65%-m200 1201597	%	Leyes (g/t)			Recuperación		
		Ag	Au	Fe (%)	Ag	Au	Fe
Cabeza	100.00	433.53	1.27	1.01	100.00	100.00	100.00
Concentrado	1.03	37439.82	110.57	30.60	89.02	89.82	31.15
Relave	98.97	48.09	0.13	0.70	10.98	10.18	68.85

Comentarios:

Buena mineralización desde el inicio de la prueba, espumación regular y de nivel de colchón variable en las diferentes etapas. Presencia de pirita en regular cantidad durante el desarrollo de la prueba.

CUADRO RESUMEN

PRUEBA	Ley de Conc., g/TM			Recuperación, %		
	Ag	Au	Fe (%)	Ag	Au	Fe
55%-m200: 1201597	36018.12	105.52	28.47	87.86	88.61	30.32
60%-m200: 1201597	36922.70	108.09	28.47	88.80	89.46	29.81
65%-m200: 1201597	37439.82	110.57	30.60	89.02	89.82	31.15



Atentamente.

Franz Ortiz
Investigaciones Metalúrgicas
U. O. Selene



Apéndice F. Caso de Éxito de Aplicación Minera del PI System

Anglo American Expansión del acceso a datos para impulsar un mayor rendimiento



Anglo American es una empresa minera global y diversificada que proporciona las materias primas esenciales para el desarrollo económico y la vida moderna. Su empresa cuprífera, con sede en Santiago, es uno de los productores de cobre más importantes del mundo. Anglo American está comprometida a trabajar con socios y partes interesadas clave para extraer un valor duradero de los recursos que ofrece para los accionistas, las comunidades y países en los que opera. Cuando su empresa cuprífera buscaba nuevas formas de impulsar la innovación y de fortalecer a los usuarios, Anglo American implementó el PI System™ de OSIsoft para ayudar a identificar áreas de mejora y para lograr que la información operativa sea más accesible para los trabajadores ubicados en Chile.

“OSIsoft ha sido un socio estratégico, ya que nos ha ayudado a mantenernos al día y a planificar con anticipación”.

– Fernando Romero, Gestor de control de procesos

Situación

En 2013, las cinco operaciones cupríferas de Anglo American en Chile fueron responsables del 26 % de los ingresos de la empresa. Para diferenciarse de la competencia (y aumentar la rentabilidad global), la empresa cuprífera de Anglo American se centra en la entrega del cobre de la manera más eficiente con un menor impacto en el ambiente. “Lo único que podemos controlar es la producción y la calidad. Nuestra manera de producir cobre es mejor que la de otras empresas”, afirmó Fernando Romero, Gestor de control de procesos de la empresa cuprífera de Anglo American. “Antes teníamos que enseñar a nuestros operadores a centrarse en el rendimiento y la calidad, pero ahora también tenemos que realizar demostraciones para probar que utilizamos el agua y la energía con responsabilidad”.

Para lograr estos objetivos, la empresa invertía en herramientas y procesos diseñados para impulsar mejoras en el control de los procesos. Se utilizaban sensores e instrumentos en las operaciones para enviar datos a una

gran variedad de sistemas que abarcaban el control de los procesos, el monitoreo ambiental, el monitoreo y el análisis del estado de los activos, Sistemas de control distribuido (DCS), PLC y SCADA. Sin embargo, los datos se dispersaban a través de distintas herramientas de software y, a menudo, la información quedaba disponible únicamente para un grupo selecto de empleados.

Con el fin de utilizar los datos para mejorar las operaciones, los administradores tenían que solicitar la información archivada a numerosos sistemas de TI, a través de varios departamentos, y analizarlos después del hecho. El trabajo era arduo y lento. Los operadores con el conocimiento no podían responder a la información de manera dinámica, por lo que los pocos individuos responsables de identificar mejoras potenciales tenían una visión limitada de las operaciones.

Esto dificultaba la identificación de oportunidades para mejorar el rendimiento en toda la empresa. También significaba que los estándares se establecían sin saber verdaderamente cuáles eran las mejores prácticas en el campo. Anglo American quería estandarizar las mejores prácticas en su empresa cuprífera y fortalecer a todos los empleados para optimizar las operaciones. “Para llegar a esa posición, teníamos que colocar la información ubicada en nuestros diversos sistemas en las mentes de nuestros operadores y administradores”, expresó Romero. Anglo American firmó un Enterprise Agreement con OSIsoft para un proyecto cuyo objetivo inicial es el de reducir los costos de mantenimiento en un 1 %, mejorar la eficiencia de la energía en un 1 % e incrementar la disponibilidad de los equipos y los procesos en un 0,2 %.

Solución

Anteriormente, se había instalado el PI System en algunas de las operaciones mineras de Anglo American en Chile, pero solo una cantidad limitada de usuarios tenía acceso a esa información. En diciembre de 2010, la empresa firmó un Enterprise Agreement con OSIsoft y en 2011, comenzó a implementar el PI System en todas las operaciones en Chile.

El PI System expandido recopila datos de todos los activos y procesos en cada sitio. Con el apoyo del Center of Excellence de OSIsoft, Anglo American está desarrollando una forma estándar de organizar sus datos empresariales con PI Asset Framework™ (PI AF), para proporcionar a los usuarios un marco de datos consistente. Esto hace que resulte más fácil encontrar

Apéndice G. Convertir Datos a en una Ventaja Competitiva



Siete formas en las que las compañías metalíferas, de minería y de materiales convierten datos en una ventaja competitiva sustentable

Esta guía se enfoca en optimizar el flujo de información interno de compañías metalíferas, de minería y de materiales (MMM). Si quiere convertir a su organización en una empresa más dinámica, innovadora, con capacidad de recuperación y sustentable, administrar en forma efectiva el flujo de la información es una plataforma necesaria para el éxito.

En una época en la que la velocidad de los negocios se aceleraba a un ritmo sin precedentes, el fundador y presidente de Microsoft, Bill Gates, escribió *Business @ The Speed of Thought: Using a Digital Nervous System* (Negocios a la velocidad del pensamiento: Cómo utilizar un sistema nervioso digital). "La forma más significativa de diferenciar a su compañía de la competencia ... es sobresalir en el manejo de la información. La forma en la que recopile, administre y utilice la información determinará si será un ganador o un perdedor", escribió. En el libro, Gates desarrolla la idea de un "sistema nervioso digital" que, al igual que el del cuerpo humano, filtra enormes cantidades de información para determinar lo que realmente es crítico.

Como concepto, el sistema nervioso digital ofrece intrigantes hallazgos para los negocios. A modo de comparación, el sistema nervioso del ser humano traduce datos del entorno por medio de los sentidos y los convierte en impulsos eléctricos que se integran con subsistemas (reflejos) y centros de procesamiento central en el cerebro, lo que permite establecer niveles de interconectividad y velocidad sin fisuras. Ahora, pensemos en las compañías. ¿Con qué velocidad se mueven los datos en una compañía de MMM típica? Desde el sensor de un instrumento hasta el informe, ¿con qué velocidad se pueden obtener las cifras para elaborar un informe regulatorio o un informe de sustentabilidad anual? Si se decidiera por una nueva iniciativa corporativa, ¿con qué velocidad podría crear las métricas y los Indicadores de rendimiento clave (Key Performance Indicators, KPI) que impulsarían esa iniciativa? Si pudiera hacer todo eso a la velocidad del pensamiento, ¿cuál podría ser el efecto sobre la innovación y el dinamismo empresarial?

Su organización, ¿opera a la velocidad del pensamiento?

Cuando una compañía metalífera asumió el riesgo calculado de introducir la lata de aluminio al mercado de consumo, ya había recopilado datos de consumidores para diseñar la "tapa con lengüeta" como un aspecto crucial del producto. Imagine que pudiera acceder rápidamente a lo que piensan sus consumidores y a su comportamiento: ¿de qué manera cambiaría su producción? Cuando las compañías dedicadas a la fabricación de baterías de iones de litio estaban buscando formas de reducir el costo de las materias primas para disminuir el costo de las baterías, los datos que recopilaban demostraron que no sería suficiente implementar más mejoras en los procesos a las materias primas de las minas. Reciclar las baterías sí; por eso, se hicieron cambios que resolvieron los requisitos relacionados con los costos. Imagine poder ver la totalidad de sus procesos para llegar a estas conclusiones "prácticas" más rápidamente, y el posible efecto de tener la ventaja de ser el primero en establecer el liderazgo en el mercado.

A este sistema nervioso digital lo llamamos infraestructura de datos. Organizar su infraestructura de datos de modo de ejercer un efecto positivo en los negocios es complejo, pero no difícil. A continuación se describen siete aspectos relacionados con los datos que alientan a que su empresa piense y actúe a la velocidad del pensamiento, lo que deriva en más valor y mejores efectos para su empresa:





RECOPILACIÓN DE DATOS:

Recopile todo.

No se conforme con hacer lo que le indican los datos, búselos. Nunca sabrá qué será importante en el futuro. Desarrolle un sistema que pueda conectarse con sistemas de datos nuevos y heredados, recopile y ocúpese de la cantidad correcta de datos y asegúrese de tener capacidad de ampliación progresiva a medida que crezca la empresa y aumente la cantidad de datos concomitantes. Reconozca que es posible que haya atributos especiales de distintos tipos de datos que requieran un manejo especial. Asegúrese de tener los sistemas necesarios para manejarlos. Identifique los sistemas de información que pueden actuar como "sistemas de registro" y saque conclusiones con fines de integración y análisis. En el caso de compañías de minería que buscan mejores formas de almacenar y administrar datos, se deben comprender los sutiles beneficios y las limitaciones implicados en mantener una solución de almacén de datos para sustentar la eficiencia. Por ejemplo: los datos operativos tienen una base de series temporales y su naturaleza es muy diferente a la de los datos financieros, que pueden administrarse más fácilmente en un sistema de almacenamiento de datos.

PROPORCIONAR EL CONTEXTO DE LOS DATOS

para convertirlos en información.



Genere información útil que el público objetivo pueda consumir. Aquí, un paso fundamental es la capacidad para organizar activos y procesos en jerarquías que reflejen la estructura de la mina o del piso de producción. Esto suma un nivel básico de contexto a los datos que provienen de esas áreas. Otra capa de información contextual como la lógica o los cálculos comerciales puede asociarse con este marco organizacional. Considere la posibilidad de organizar sus datos con un modelo empresarial de datos o con modelos de planta estándares como ISA S95/S88, que se pueden aplicar a datos provenientes de todos los sitios. Esto se convierte en el "idioma en común" por medio del cual se transfieren las mejores prácticas generadas por los datos a todos los sitios.

Ejemplo: una compañía de materiales con presencia en todo el mundo estaba sufriendo graves problemas luego de una serie de actividad de fusiones y adquisiciones. Cuando todos los sitios de la empresa incorporaron una infraestructura de datos en común, se materializaron los niveles de eficiencia deseados que se anunciaban durante las fusiones y adquisiciones. Se pudieron elaborar cuadros de mando corporativos rápidamente para extraer los datos que necesitaban los ejecutivos para orientar decisiones de alto nivel.

Cómo convertir datos en información comercial valiosa



3

PROPORCIONAR SERVICIOS DE INCORPORACIÓN Y CAPACITACIÓN
a la base de usuarios.

Proporcione recursos de datos y entrenamiento para enseñarle al personal de los departamentos a mejorar sus conocimientos a través de los datos. Incluso luego de asegurarse de que los datos estén disponibles para todos los que los necesiten, tendrá que capacitar a los trabajadores para que sepan cómo usarlos. Instruir y estimular a los trabajadores generará un ciclo de retroalimentación positiva: cuanto más sepa la fuerza laboral, se utilizarán y estudiarán más datos. Uno de los resultados importantes será que mejorará la calidad de los datos y eso, a su vez, tiene un efecto positivo en los niveles de confiabilidad y credibilidad. A la vez, esto genera seguridad en la información y en las decisiones comerciales que se toman a partir de este punto.

A medida que sus trabajadores ganen confianza en el uso de los datos, deje ciertas libertades para la innovación: evite la obligatoriedad de seguir puntos de referencia. En una corporación dedicada a la minería se dan muy pocos días "comunes" y estos días pueden representar oportunidades para elevar procesos a un nivel nuevo. Si hay puntos de referencia antiguos arraigados, sus trabajadores no "verán" las nuevas posibilidades.

DESARROLLAR MÉTRICAS DE RENDIMIENTO Y MOSTRAR DATOS
IMPORTANTES VISUALMENTE

para iniciar la acción correcta.

4

Como primera medida, establezca modelos apropiados para las operaciones y los procesos de minería y materiales. Con esto, a su vez, se definen las métricas correctas que se deben medir. Asegúrese de poder incorporar cuadros de mando y alertas apropiados para convertir datos y métricas en información sobre la que se pueda accionar. Determine si añadir más modelos de datos seguirá mejorando el nivel de hallazgos; por ejemplo: los índices de flujo de efectivo y datos son tipos de modelos que pueden proporcionar más detalles importantes cuando se formulan con (y convierten en) métricas relevantes. Esto permitirá que los trabajadores relacionen lo que está sucediendo en la mina, la trituradora, el horno de fundición y la planta con los efectos que se producen en la empresa.

Ejemplo: para el control ambiental, una compañía metalífera desarrolló cuadros de mando y alarmas para medir los niveles de fluoruros y los de emisiones de los crisoles; eso permitió implementar una respuesta más rápida e inmediata ante la presencia de niveles anormales.

5

APOYAR LA INVESTIGACIÓN Y EL ANÁLISIS
para impulsar la innovación y la mejora continua.

Determinar cuáles son las preguntas más útiles es similar a elegir la cadena de búsqueda correcta en una búsqueda web: se puede aprender a hacer mejor. Si se permite a los trabajadores buscar patrones, se pueden detectar mejoras en el tiempo de inactividad, la lentitud en la producción y las pérdidas de producción. Para sustentar iniciativas de innovación, calidad o mejora continua, permita que los trabajadores accedan en forma rápida y sencilla a datos actuales e históricos. Los usuarios con experiencia escasa o nula en programación deben poder configurar e implementar cálculos básicos y análisis de base. Permita la implementación de diversos métodos de comparación como, por ejemplo, por pasada (marco de tiempo) o por relación de activos (orientación a objetos). Tenga presente la movilidad y asegúrese de contar con soluciones que permitan realizar análisis en el campo.

Siete formas en las que las compañías metalíferas, de minería y de materiales convierten datos en una ventaja competitiva sustentable

Si lo hacen bien, las compañías de MMM pueden tener clara visibilidad del total de pérdidas de producción por área de proceso, tipo de mineral y turno. Si bien las tendencias más recientes como la analítica de Datos masivos (Big Data) tienen el potencial de detectar datos importantes nuevos a partir de datos antiguos, manténgalas en un nivel simple para la mayoría de su organización. Esto puede derivar en "impulsos" mayores a raíz de encontrar objetivos fáciles de alcanzar. En general, hemos visto que el 80 % de la productividad de los procesos puede mejorarse a un nivel elevado de eficiencia con tres parámetros; por eso, asegúrese de tener herramientas simples y fáciles de usar para cálculos y análisis básicos disponibles en todos los niveles. Asegúrese de tener un modo de institucionalizar ese conocimiento para así fortalecer las ventajas competitivas de su organización. Considere la posibilidad de crear un Centro de excelencia o un Centro de competencias que recopile hallazgos locales y distribuya mejores prácticas a todos los sitios.

Ejemplo: una compañía de minería de metales cambió sus operaciones de trituración: de utilizar el mismo método para todos los minerales pasó a emplear procesos diferentes según los tipos de mineral. A su vez, esto derivó en mejoras significativas en el consumo de agua y energía.

DESARROLLAR MÉTRICAS Y PROCESOS DE INFORMES UNIFORMES

con fines de evaluación.



Considere las decisiones que está tomando su organización y ofrezca a los encargados de tomar decisiones de todos los niveles los mejores datos para que puedan tomar esas decisiones. Asegúrese de poder alinear sus sistemas de datos con los factores que impulsan su empresa. Yuxtaponga, compare/ contraste e incorpore otros datos y dominios para crear un juego uniforme de métricas empresariales, cuadros de mando y medidas del rendimiento, desde la planta hasta los sistemas operativos de la calidad de fabricación o los cuadros de mando ejecutivos. Cumpla con otros requisitos de datos como los precios del mercado, los estándares regulatorios y los estándares de la industria. Además, tenga presente que las notificaciones (o alertas) son clave para aplicar e incorporar lo que se aprende de los conjuntos de datos grandes que provienen de empresas de gran envergadura.

Hacer este proceso por proceso o sitio por sitio puede ser exigente. La clave para desarrollar informes consistentes en forma rápida y eficiente es tener una versión de la verdad, una versión que sea posible elaborar gracias a una infraestructura de datos sólida y bien organizada. Esto ayudará a conectar las mejores prácticas aisladas que se hayan desarrollado en silos operativos.



INTEGRAR OPERACIONES A LOS NEGOCIOS:

mejore la inteligencia de pronósticos, de modelado y comercial integral.

Lo que es aún más importante: integre y extienda. Facilite la colaboración diseñando el modo en el que el personal trabaja con los datos; demuestre cómo se visualizan, modelan y comparan los datos.

Permita la colaboración entre sistemas dispares; para ello, integre sistemas de información. Si quiere establecer una cultura de innovación, permita que los trabajadores accedan a los tipos de datos que pueden derivar en pensamientos ingeniosos más allá de sus áreas funcionales. Asegúrese de que todos los departamentos puedan ver todos los datos importantes; por ejemplo: datos operativos, de laboratorio, de mantenimiento, de quejas de clientes y de ventas. Cuando se permite que diferentes grupos funcionales colaboren entre sí, el resultado siempre es el perfeccionamiento de las mejores prácticas.

Siete formas en las que las compañías metalíferas, de minería y de materiales convierten datos en una ventaja competitiva sustentable

Ejemplo: los equipos de mantenimiento de una compañía de minería con acceso a datos operativos pudieron manejar el tiempo de inactividad de mejor manera. Entre los beneficios posteriores se incluyeron los siguientes: reducción en el consumo de energía específico y mejor índice de cumplimiento gracias a una menor cantidad de excursiones y materiales rechazados debido a tiempos de inactividad no previstos.

Al extenderse más allá de la empresa, diversas compañías de MMM con una infraestructura de datos efectiva se han beneficiado por la colaboración externa con proveedores de equipos y organizaciones de apoyo, lo que ha derivado en que las operaciones de demanda y consumo integradas regionales trabajen para detectar restricciones ambientales y relacionadas con la energía y el agua.

El procesamiento de minería y de materiales implica cierta complejidad en los procesos y activos que se despliegan. Los complejos de minería y metalúrgicos grandes tienen más datos que una ciudad pequeña. Gran parte de esos datos son en "tiempo real" y se modifican rápidamente según evolucionan las condiciones internas y externas. Las compañías de MMM también deben adaptarse a la antigüedad de los activos y a las presiones de un mercado volátil. Como agravante, cuando las corporaciones compran y venden activos y reequipan a su personal, la estructura y las herramientas que se utilizaban para comprender datos heredados pueden perderse. El resultado neto es un desafío muy significativo en términos de mantener una operación "inteligente" dirigida por los datos.

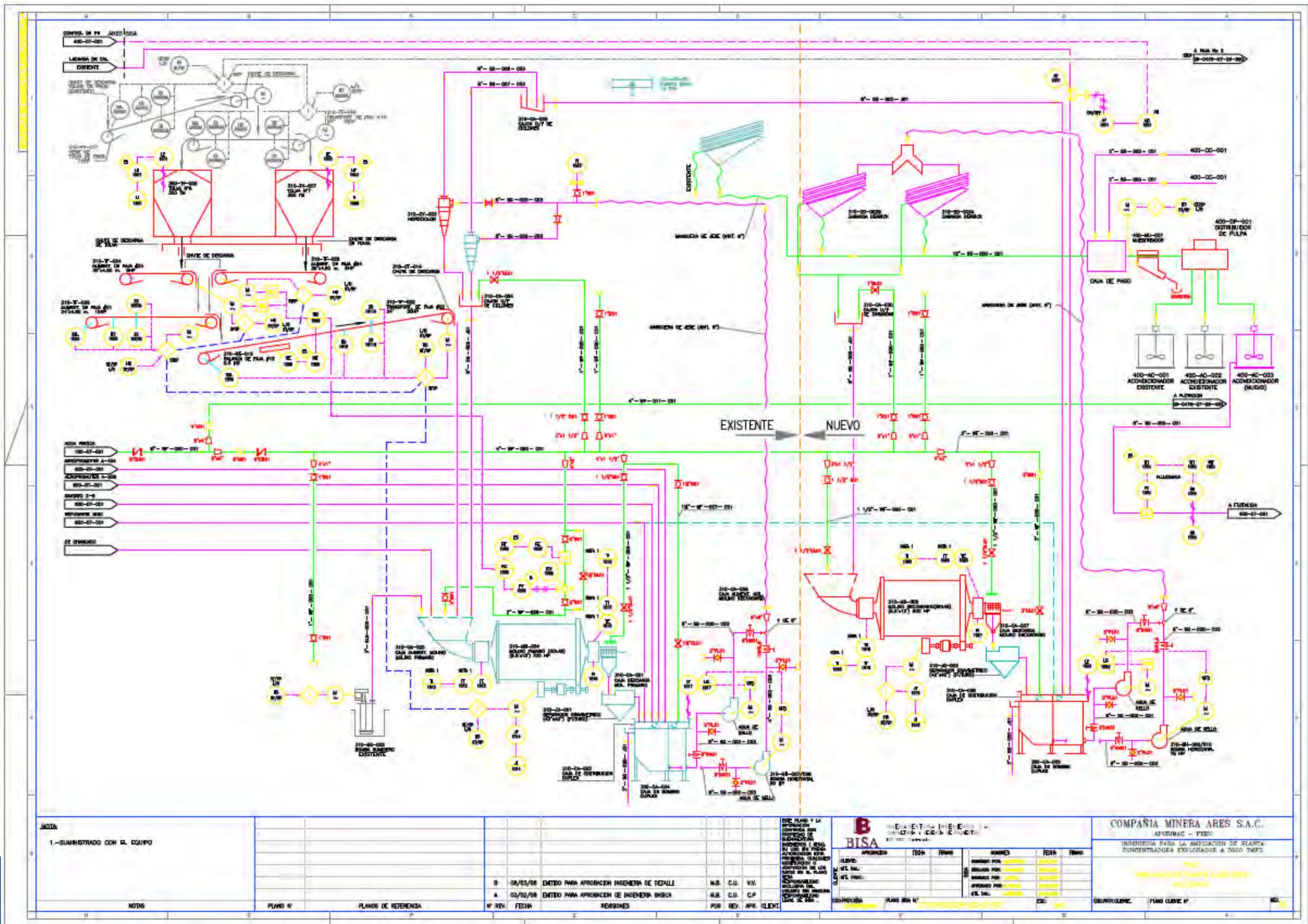
El primer paso para imponer un orden y una estructura a los datos y a la información que fluye a partir de esta complejidad es considerar su infraestructura de datos en tiempo real: el sistema nervioso de su organización. Cada organización tiene uno (efectivo o no), independientemente de que esté conformado por sistemas dispares conectados por un código personalizado y pen drives o que esté planificada intencionalmente en una estrategia formal de administración maestra de datos y arquitectura empresarial. Su infraestructura de datos comienza en el nivel de los sensores que miden algo físico, pero termina usándose para impulsar y reflejar iniciativas corporativas a través de los KPI, de las métricas de calidad, de los cuadros de mando ejecutivos y de los informes anuales. Al incorporar modelos de datos y procesos a la infraestructura de datos, un modo estándar para comunicar y analizar los datos de todos los sistemas o sitios simplificará la vista de las operaciones. En su caso de uso más efectivo, extender esta infraestructura más allá del piso de producción combinándola con otros sistemas comerciales permite la transformación sin fisuras de datos operativos en información clave que impulsará decisiones comerciales en toda la empresa. Si se hace bien, hemos visto que este impulso redujo costos en la optimización de procesos, en el consumo de energía y agua, y generó una reducción de las pérdidas de producción.

Para obtener más información, visite: <http://www.osisoft.com/corporate/mmm/index.html>.

Acerca de OSISOFT, LLC

OSISOFT, la compañía líder global en "Inteligencia" Operativa, proporciona una infraestructura abierta para conectar los datos provenientes de sensores con las operaciones y las personas permitiendo disponer de una información práctica y de utilidad en tiempo real. Como fabricante del PI System, OSISOFT ayuda a generar valor en compañías de diferentes sectores industriales entre los que destacan las industrias de petróleo y gas, generación eléctrica, servicios públicos, farmacéutica, minería y papel mejorando y enriqueciendo sus negocios al hacer uso de datos de alta resolución. Durante más de treinta años, los clientes de OSISOFT han estado utilizando el PI System para conseguir mejoras en los procesos; mejora de la calidad en la gestión energética, mayor conformidad normativa, mayor seguridad, y estado de los activos de sus operaciones. Fundada en 1980, OSISOFT es una compañía privada con sede en San Leandro, California y con oficinas alrededor del mundo. Para mayor información visite nuestra web www.osisoft.com.

Apéndice H. Diagrama P&ID – Circuito de Molienda Planta Concentradora Selene



NOTA:

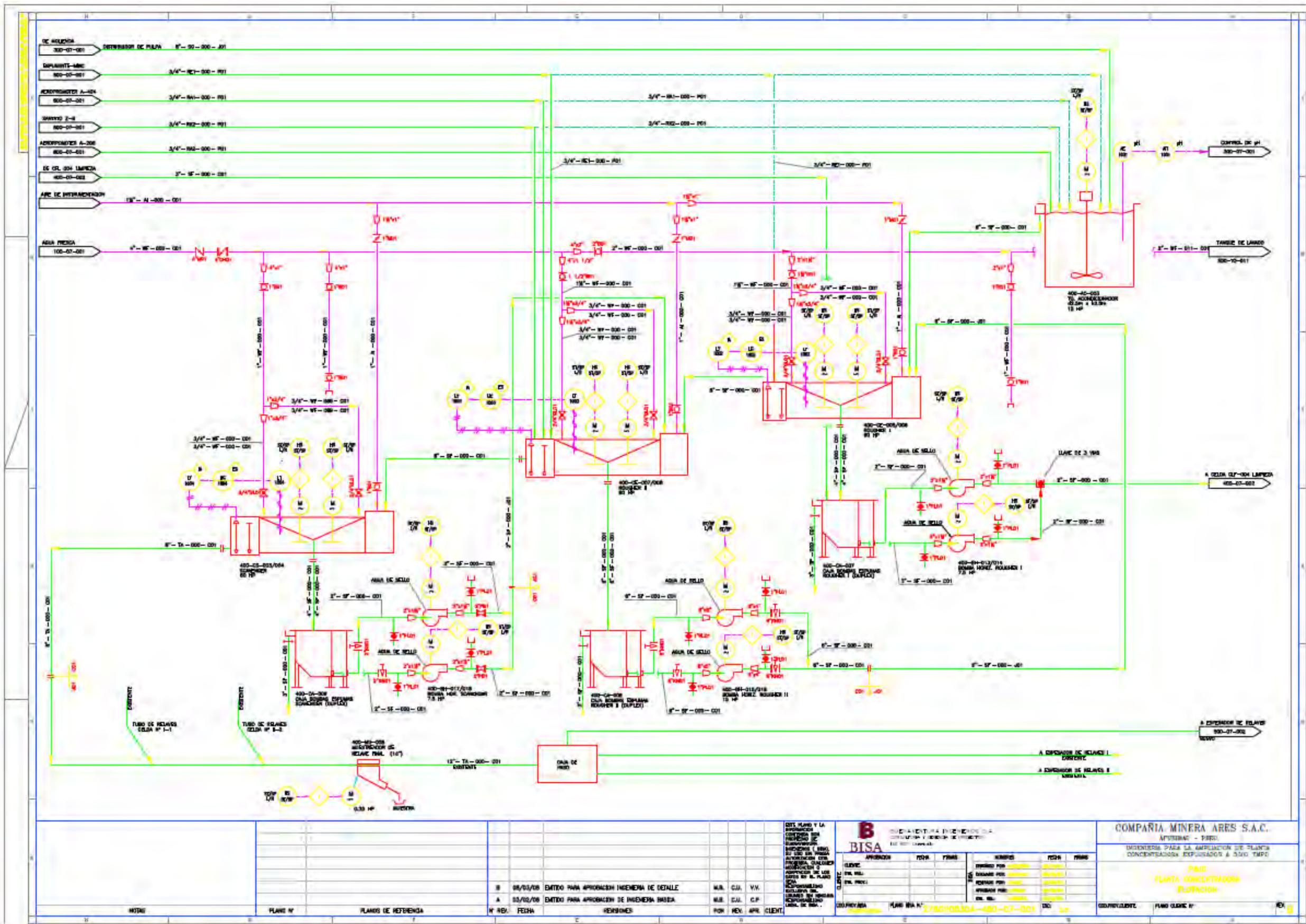
1-SUMINISTRADO CON EL EQUIPO

NOTAS	PLANO N°	PLANOS DE REFERENCIA	N° REV.	FECHA	REVISIONES	POB	REV.	APR.	CLIENTE
			0	08/03/08	EMITIDO PARA APROBACION INGENIERIA DE DETALLE	M.S.	C.J.	V.V.	
			A	03/02/08	EMITIDO PARA APROBACION DE INGENIERIA GERENCIAL	M.S.	C.S.	C.P.	

<p>EL PLAN Y LA MODIFICACION CORRIENTE SON DE DISEÑO Y DIBUJO DE INGENIERIA (I) Y DISEÑO Y DIBUJO DE INGENIERIA GERENCIAL (G) POR PERSONAL DE BISA. EL DISEÑO Y DIBUJO DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA SON DE DISEÑO Y DIBUJO DE INGENIERIA GERENCIAL (G) DE BISA.</p>		<p>BISA INGENIERIA INGENIERIA S.A. S.R.L. C.A. S.A. S.R.L.</p>	<p>COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C. APURIMAC - PERU</p>	
<p>INDICADA PARA LA AMPLIACION DE PLANTA CONCENTRADORA EXPLORADOR A 3000 T.M.P.</p>			<p>PROYECTO: AMPLIACION DE PLANTA A 3000 T.M.P. AND S.M.C.A.</p>	
<p>ELABORADO POR: [Nombre]</p> <p>REVISADO POR: [Nombre]</p> <p>APROBADO POR: [Nombre]</p> <p>ETC. ETC.</p>	<p>ELABORADO POR: [Nombre]</p> <p>REVISADO POR: [Nombre]</p> <p>APROBADO POR: [Nombre]</p> <p>ETC. ETC.</p>	<p>PROYECTO: AMPLIACION DE PLANTA A 3000 T.M.P. AND S.M.C.A.</p>	<p>PLANO N°: 27000000-000-01-001</p>	<p>FECHA: [Fecha]</p>

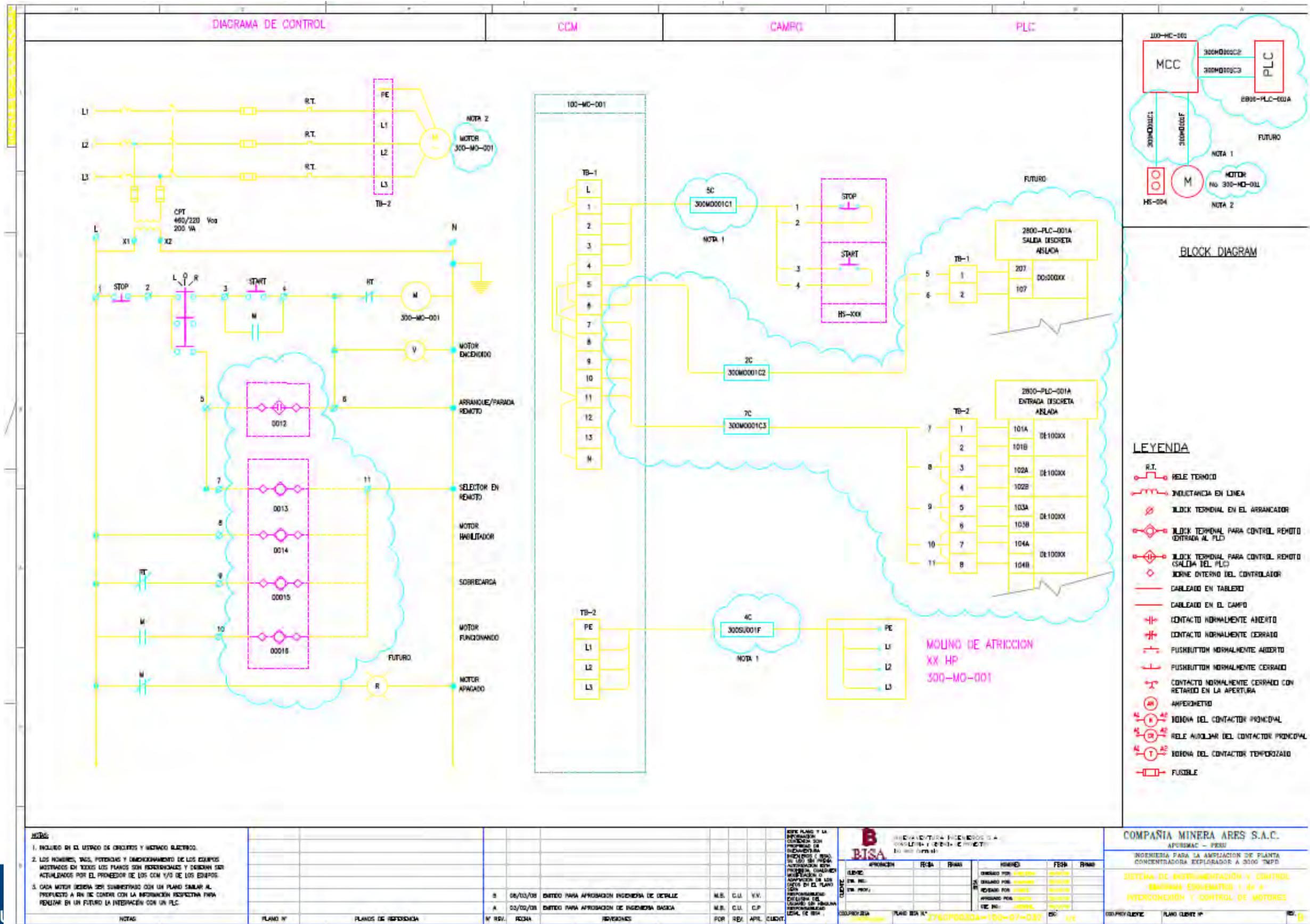
Tesis p
No olvide citar esta tesis

Apéndice I. Diagrama P&ID – Circuito de Flotación Planta Concentradora Selene



Tesis p
No olvide citar esta tesis

Apéndice J. Diagrama de Lazo de Control – Integración Futura a PLC



Apéndice K. Autorización de Uso de Información Cia Minera Ares

El 8 de junio de 2017, 14:01, Wilder Bedoya escribió:

Ing. Manuel

Muchas gracias

Saludos

WILDER BEDOYA ACOSTA

Jefe de Planta

Planta Concentradora



Metalurgia



13172000 - 54224320 Ext. 3224

Compañía Minera Ares

Afiliada a Hochschild Mining

www.hocplc.com



Protege nuestro medio ambiente. No imprimas este e-mail de no ser necesario.

Protect our environment. Do not print this message unless it is necessary.

El 7 de junio de 2017, 20:08, Manuel Peralta escribió:

Wilder

Tu tesis está aprobada, no te olvides de dejar un ejemplar para la biblioteca de la empresa.

Saludos

MANUEL PERALTA E.

----- Mensaje reenviado -----

De: Cromwell Yarrow

Fecha: 7 de junio de 2017, 19:44

Asunto: Fwd: Tema de tesis

Para: Manuel Peralta

Manuel para tu información

Saludos

Inicio del mensaje reenviado:

De: Eduardo Villar

Fecha: 7 de junio de 2017, 19:05:28 PET

Para: Cromwell Yarrow

Asunto: Fwd: Tema de tesis

Listo. Aprobado

Inicio del mensaje reenviado:

De: Ignacio Bustamante

Fecha: 7 de junio de 2017, 18:58:50 PET

Para: Eduardo Villar

Asunto: Re: Tema de tesis

Ok

On Jun 7, 2017, at 6:13 PM, Eduardo Villar wrote:

Ignacio

Para tu V°B. Es un trabajador de Selene que está pidiendo autorización para hacer su tesis sobre la planta de Selene. El temario es extenso y abarcaría prácticamente todo. Tienes algún inconveniente sobre eso?

Saludos,

EDUARDO VILLAR

VP Recursos Humanos / VP Human Resources



+511 317 2000 Ext. 2035

Hochschild Mining

www.hocplc.com



Protege nuestro medio ambiente. No imprimas este e-mail de no ser necesario.
Protect our environment. Do not print this message unless it is necessary.

----- Mensaje reenviado -----

De: Cromwell Yarrow

Fecha: 7 de junio de 2017, 17:22

Asunto: Fwd: Tema de tesis

Para: Eduardo Villar

Eduardo, para tu info

Saludos

----- Mensaje reenviado -----

De: Manuel Peralta

Fecha: 7 de junio de 2017, 17:03

Asunto: Fwd: Tema de tesis

Para: Cromwell Yarrow

Cromwell

El tema de tesis de Wilder Bedoya es un Diagnóstico Operativo de una Empresa, los temas a tocar están en el archivo adjunto.

Saludos

----- Mensaje reenviado -----

De: Wilder Bedoya

Fecha: 7 de junio de 2017, 16:56

Asunto: Re: Tema de tesis

Para: Manuel Peralta

Ing Manuel

El tema es un DOE (Diagnóstico Operativo Empresarial), le indico los capítulos en el archivo adjunto

Saludos



WILDER BEDOYA ACOSTA

Jefe de Planta

Planta Concentradora

Metalurgia