

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



Diagnóstico Operativo Empresarial de la Planta de Ácido Sulfúrico y

Oxígeno de Southern Perú Copper Corporation

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN

ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS

OTORGADO POR LA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU

PRESENTADO POR

Bedric Ariel Mory Alvizuri

Denilson Montesinos Pérez

Jorge Santiago Bohorquez Herrera

Luis Fernando Gorvenia Arenas

Victor Armando Mena Acha

Asesor: Sandro Alberto Sánchez Paredes

Surco, Marzo 2018

Dedicatoria

Dedicado a Dios, por seguir dándonos la vida; a nuestras familias por su motivación constante, confianza y comprensión para realizar nuestra tesis.



Agradecimiento

Agradecemos a SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, por brindarnos su apoyo para realizar este diagnóstico operativo empresarial en sus plantas de ácido sulfúrico y oxígeno. Así mismo, agradecemos a CENTRUM, por habernos formado con sus conocimientos y experiencia laboral.



Resumen Ejecutivo

El diagnóstico operativo empresarial para las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno de Southern Perú Copper Corporation que se expone en la presente tesis, se genera como posibilidad de implementar mejoras operativas y de gestión en su cadena productiva y en consistencia a sus proyecciones de expansión operativa en producción de cobre y en creación de valor.

El esquema de la tesis describe en un principio las características de la empresa y de las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno en el proceso de fundición de cobre. Se describen y analizan la ubicación y dimensionamiento de estas plantas, el planeamiento y diseño de sus procesos y productos. Luego se evalúan los esquemas de gestión en logística, costos, calidad, mantenimiento y la cadena de suministro para luego proponer opciones de mejora orientadas al incremento de rentabilidad operativa, ahorro en costos y propuesta de optimización en la cadena de valor para satisfacción de los clientes interno y externo.

Se propone el incremento en la línea de producción de ácido sulfúrico sustentada a partir de las proyecciones de consumo interno y de exportación y basados en la existente capacidad ociosa de las plantas. Las propuestas de mejora incluyen aspectos de optimización en los procesos y recursos que permitan mantener la calidad del producto, la reducción de periodos improductivos según cambios en los diseños y características de los circuitos de plantas e incremento en la eficiencia en el capital humano en contribución a la generación de ahorros en costos fijos y variables.

La contribución en rentabilidad de las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno en el proceso de fundición se proyectan en incremento de beneficios económicos y ahorros proyectados en US\$ 16.99 millones que representa el 20.5% en las utilidades netas proyectadas por la compañía para el período 2018 y 2019 considerando una inversión de US\$ 2.23 millones.

Abstract

The business operating diagnosis for the sulfuric acid and oxygen plants of Southern Peru Copper Corporation exposed in this thesis, is based mainly as a possibility of implementing operational and managerial improvements as part of its productive chain. All projections maintains consistency to the company projections in copper operational expansion and value creating.

The structure of the thesis describes initially the characteristics of the company and the acid sulfuric and oxygen plants as part of the copper smelter process. Description and analysis about the location and size of the plants and the planning and design of the processes and products is being addressed. In following chapters, the evaluation includes current logistics, costs, quality, maintenance and the supply chain management for proposing improvements with focus in increasing profitability in production, cost savings and proposals for value-adding chain for internal and external customer satisfaction.

An increase in sulfuric acid production is proposed supported by internal consumption and exportation future projections of the product and based on existing idle capacity of the plants. The improvements includes optimization in the processes and resources driven by maintaining quality of the product, reduction of unproductive periods after modifying the designs and circuits of the plants and finally optimizing the human resources contributing to reduction in fixed and variable costs.

Contribution to profitability of the acid sulfuric and oxygen plants within the smelting process includes economic returns and saving in US\$ 16.99 million that represents about 20.5% of the company net profits projected through years 2018 and 2019 considering a total investment in US\$ 2.23 million.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	xiii
Lista de Figuras	xvi
Capítulo I. Introducción.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Descripción de la Empresa.....	1
1.3. Productos Elaborados.....	10
1.3.1. Ácido sulfúrico.....	10
1.3.2. Oxígeno	11
1.4. Ciclo Operativo de la Empresa	12
1.4.1. Diagrama entrada-proceso-salida.....	13
1.4.2. Diagrama entrada - proceso - salida del ácido sulfúrico	14
1.4.3. Diagrama entrada - proceso - salida del oxígeno	15
1.5. Clasificación según sus Operaciones Productivas	16
1.6. Matriz de Proceso de Transformación	16
1.7. Relevancia de la Función de Operaciones	17
1.8. Proceso de Investigación de la Tesis	18
1.9. Conclusiones	19
Capítulo II: Marco Teórico	20
2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta	22
2.1.1. Dimensionamiento de Planta	22
2.1.2. Ubicación de Planta	24
2.1.3. Factores de ubicación internacional.....	27
2.1.4. Método de ponderación de factores	27

2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos	28
2.2.1. Secuencia del planeamiento y aspectos a considerar	28
2.2.2. Aseguramiento de la calidad del diseño	31
2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso	33
2.3.1. Mapeo de los procesos	33
2.3.2. Diagrama de actividades de los procesos operativos (DAP)	33
2.3.3. Herramientas para mejorar los procesos	34
2.3.4. Mapeo de procesos	38
2.3.5. El Análisis de campos de fuerza	39
2.3.6. Diagrama de Ishikawa diagrama de causa y efecto	40
2.3.7. La tormenta de ideas	41
2.3.8. Análisis de Pareto	42
2.3.9. Gráfico de control	42
2.3.10. Diagrama de barras	43
2.3.11. Un Diagrama de dispersión de puntos	43
2.3.12. El análisis de matriz	44
2.3.13. El diagrama de puntos o gráfico de resultados	44
2.3.14. Histograma	45
2.4. Planeamiento y Diseño de Planta	45
2.4.1. Distribución de planta	45
2.4.2. Clasificación de las distribuciones de plantas	46
2.4.3. Análisis de la distribución de planta	46
2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo	47
2.5.1. Planeamiento del trabajo	47
2.5.2. Diseño del trabajo	49

2.5.3. Gráfica de operaciones.....	50
2.5.4. Gráfica SMO	50
2.5.5. Medición del trabajo	51
2.6. Planeamiento Agregado	51
2.6.1. Estrategias utilizadas en el planeamiento agregado	52
2.6.2. Análisis del planeamiento agregado	53
2.6.3. Pronósticos y modelación de la demanda	54
2.7. Programación de Operaciones Productivas	54
2.8. Gestión de Costos	55
2.9. Gestión Logística	56
2.10. Gestión y Control de la Calidad	57
2.11. Gestión del Mantenimiento	57
2.11.1. Mantenimiento preventivo	58
2.11.2. Mantenimiento correctivo	58
2.12. Cadena de Suministro	59
Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de la Planta	60
3.1. Dimensionamiento de Planta	60
3.2. Ubicación de Planta	65
3.3. Propuesta de Mejora.....	68
3.4. Conclusiones	70
Capítulo IV: Planeamiento y Diseño de los Productos	72
4.1. Secuencia del Planeamiento y Aspectos a considerar.....	72
4.2. Aseguramiento de la Calidad del Diseño	75
4.3. Propuestas de Mejora	76
4.4. Conclusiones	80

Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso.....	82
5.1. Mapeo de los Procesos	82
5.2. Diagrama de Actividades de los Procesos Operativos (DAP)	84
5.2.1. DAP Planta de ácido sulfúrico	84
5.2.2. DAP Planta de oxígeno	87
5.3. Herramientas para mejorar los Procesos	91
5.4. Descripción de los Problemas Detectados en los Proceso	92
5.5. Propuesta de Mejora.....	99
5.6. Conclusiones	102
Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de Planta	103
6.1. Distribución de Planta	103
6.2. Análisis de la Distribución de Planta	108
6.3. Propuesta de Mejora.....	110
6.4. Conclusiones	113
Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo	115
7.1. Planeamiento del Trabajo.....	115
7.2. Diseño del Trabajo	117
7.3. Método de trabajo	118
7.3.1. Capacitación en el trabajo	119
7.3.2. Satisfacción en el trabajo	120
7.3.3. Medición del trabajo	121
7.4. Propuesta de Mejora.....	123
7.5. Conclusiones	127
Capítulo VIII: Planeamiento Agregado	128
8.1. Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado.....	128

8.2. Análisis del Planeamiento Agregado	130
8.2.1. La demanda	131
8.2.2. Fuerza de trabajo	132
8.2.3. Materia prima	133
8.3. Propuesta de Mejora.....	136
8.4. Conclusiones	136
Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas	138
9.1. Optimización del Proceso Productivo.....	138
9.2. Programación	140
9.3. Gestión de la Información.....	141
9.4. Propuesta de Mejora.....	142
9.5. Conclusiones	145
Capítulo X: Gestión Logística	147
10.1. Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento	147
10.2. La Función de Almacenes.....	149
10.4. La Función de Transporte	152
10.5. Definición de los Principales Costos Logísticos.....	153
10.6. Propuesta de Mejora.....	153
10.7. Conclusiones	156
Capítulo XI: Gestión de Costos	157
11.1 Costeo por Órdenes de Trabajo.....	157
11.2 Costeo Basado en Actividades	160
11.3 El Costeo de Inventarios	165
11.4 Propuesta de Mejoras	165
11.5 Conclusiones	166

Capítulo XII: Gestión y Control de la Calidad	168
12.1. Gestión de la Calidad	168
12.2. Control de la Calidad	169
12.2.1 Disposiciones específicas de producción de ácido sulfúrico	169
12.2.2 Disposiciones específicas de producción de oxígeno	170
12.3. Propuesta de Mejora.....	171
12.4. Conclusiones	172
Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento	174
13.1. Mantenimiento Correctivo	175
13.2. Mantenimiento Preventivo	176
13.3. Propuesta de Mejora.....	177
13.4. Conclusiones	179
Capítulo XIV: Cadena de Suministro	181
14.1. Definición del Producto	181
14.4. Describir las Estrategias del Canal de Distribución para Llegar al Consumidor final	184
14.5. Proponer Mejoras al Desempeño de la Cadena de Aprovisionamiento.....	184
14.6. Conclusiones	186
Capítulo XV: Conclusiones y Recomendaciones.....	187
15.1. Conclusiones	187
15.2. Recomendaciones.....	188
Referencias.....	192
Apéndice A. Abreviaturas	195
Apéndice B. Tabla de Unidades de Medida	196

Apéndice C. Estructura Básica para Elaboración de MOF.....197

Apéndice D. Proyecciones de Ahorro en Costo Labor por Operador198

Apéndice E. Proyecciones de Costos por Liquidación de Beneficios Sociales.....199



Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Capacidades Instaladas Promedio de Planta de Ácido Sulfúrico y Oxígeno</i>	8
Tabla 2	<i>Porcentaje de Producción de las Plantas de Ácido y Oxígeno de 2015 al 2017</i>	9
Tabla 3	<i>Propiedades del Ácido Sulfúrico</i>	11
Tabla 4	<i>Producción de Ácido Sulfúrico</i>	61
Tabla 5	<i>Participación en la Producción de Ácido Sulfúrico por Planta</i>	62
Tabla 6	<i>Producción Nacional de Ácido Sulfúrico</i>	63
Tabla 7	<i>Distribución de la Producción y Consumo de Ácido en el año 2015</i>	63
Tabla 8	<i>Producción Anual Nacional de Cobre</i>	64
Tabla 9	<i>Porcentaje de la Producción Mensual de Oxígeno en SPCC</i>	65
Tabla 10	<i>Método de los Factores Ponderados Aplicado a las PAS</i>	67
Tabla 11	<i>Método de los Factores Ponderados Aplicado a las POX</i>	67
Tabla 12	<i>Variables de Propuesta de Mejora</i>	70
Tabla 13	<i>Costo de Inversión</i>	79
Tabla 14	<i>Costo de Oportunidad</i>	80
Tabla 15	<i>Ponderación del Impacto de las Causas para la PAS</i>	97
Tabla 16	<i>Ponderación del Impacto de las Causas para la POX</i>	98
Tabla 17	<i>Propuestas de Mejora del Proceso</i>	101
Tabla 18	<i>Costos y Beneficios por la Mejora de Procesos de las PAS Propuestas 1 y 2</i>	101
Tabla 19	<i>Cálculo Valor Actual Neto de la Inversión en Propuesta de Mejora</i>	101
Tabla 20	<i>Área Utilizada por las Plantas de Producción</i>	104
Tabla 21	<i>Área Utilizada por las PAS</i>	105
Tabla 22	<i>Distribución de Áreas de las PAS</i>	106
Tabla 23	<i>Área Utilizada por las POX</i>	107
Tabla 24	<i>Distribución de Áreas de la POX</i>	108

Tabla 25 <i>Inversión Requerida para realizar Tie-in</i>	113
Tabla 26 <i>Costo-Beneficio de Inversión en Tie-in</i>	113
Tabla 27 <i>Funciones Asignadas Supervisor de Planta de Ácido y Oxígeno</i>	118
Tabla 28 <i>Consolidado de las Actividades del SIG - Supervisores</i>	121
Tabla 29 <i>Consolidado mensual con Inspecciones 5S para el control del Comité HSE</i>	122
Tabla 30 <i>Estimacion de Liquidación de Beneficios Sociales</i>	124
Tabla 31 <i>Estimacion de Reducción de Costos Fijos en Sueldos y Beneficios</i>	125
Tabla 32 <i>Planeamiento Agregado de Ácido Sulfúrico para el 2018 Según SPCC</i>	134
Tabla 33 <i>Planeamiento Agregado de Oxígeno para el 2018 Según SPCC</i>	135
Tabla 34 <i>Planeamiento Agregado Propuesto de Ácido Sulfúrico para el 2018</i>	137
Tabla 35 <i>Gasto por Transporte de Insumos</i>	144
Tabla 36 <i>Implementación Data Maestro</i>	145
Tabla 37 <i>Lista de Control de Gestión de Almacén</i>	149
Tabla 38 <i>Análisis de Falla de Válvula en la POX</i>	154
Tabla 39 <i>Inversión de Válvulas</i>	155
Tabla 40 <i>Propuesta de Reducción de Costos Logísticos</i>	155
Tabla 41 <i>Costos Incurridos en la PAS y POX en el 2016</i>	158
Tabla 42 <i>Costos Unitarios de Producción</i>	159
Tabla 43 <i>Costos Directos de Fabricación</i>	161
Tabla 44 <i>Bases de Asignación de Costos</i>	161
Tabla 45 <i>Agrupamiento de Costos Indirectos</i>	162
Tabla 46 <i>Cálculo de Tasa de Asignación de Costos</i>	163
Tabla 47 <i>Prorratio de Costos Indirectos</i>	163
Tabla 48 <i>Costo Total de Fabricación</i>	164
Tabla 49 <i>Comparativo Método de Costos de Producción</i>	165

Tabla 50 <i>Costo de Inventarios 2016</i>	165
Tabla 51 <i>Cálculo de Utilidad por Pérdida de Producción de Oxígeno</i>	166
Tabla 52 <i>Inversión en Software de Procedimiento Criptográfico</i>	172
Tabla 53 <i>Distribución de Horas-Hombre por Tipo de Mantenimiento</i>	175
Tabla 54 <i>Proyecciones Costo-Beneficio en Optimización de Mantenimiento Correctivo</i> ...	179
Tabla 55 <i>Tiempos Perdidos, Inversiones y Costos de Mano de Obra</i>	179
Tabla 56 <i>Cálculo del Costo por 1 Km de Transporte</i>	185
Tabla 57 <i>Cálculo del Ahorro por Transporte</i>	186
Tabla 58 <i>Resumen de las Propuestas de Mejora en SPCC</i>	191



Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Proceso de fundición de Ilo SPCC.....	5
<i>Figura 2.</i> Productos de fundición de SPCC.....	6
<i>Figura 3.</i> Organigrama de fundición de SPCC.....	6
<i>Figura 4.</i> Ciclo Operativo de la planta de ácido y oxígeno de SPCC	13
<i>Figura 5.</i> Diagrama entrada-proceso-salida de producción de ácido sulfúrico	14
<i>Figura 6.</i> Diagrama entrada-proceso-salida de producción de oxígeno	15
<i>Figura 7.</i> Clasificación de las operaciones productivas	16
<i>Figura 8.</i> Matriz de proceso de transformación.....	17
<i>Figura 9.</i> Mapa de literatura	20
<i>Figura 10.</i> Factores que afectan la decisión de ubicación según J. Monks	26
<i>Figura 11.</i> Modelo de diseño del producto por French	31
<i>Figura 12.</i> Ejemplo de un DAP	34
<i>Figura 13.</i> Símbolos de un diagrama de flujo	36
<i>Figura 14.</i> Mapeo de procesos.....	38
<i>Figura 15.</i> Análisis de campos de fuerza.....	40
<i>Figura 16.</i> Diagrama de Ishikawa.....	41
<i>Figura 17.</i> Gráfico de control por atributos	42
<i>Figura 18.</i> Diagrama de barras	43
<i>Figura 19.</i> Diagrama de dispersión de puntos	43
<i>Figura 20.</i> Análisis de la matriz	44
<i>Figura 21.</i> Diagrama de puntos o gráficos de resultados	44
<i>Figura 22.</i> Histograma.....	45
<i>Figura 23.</i> Diseño de las tareas.....	49
<i>Figura 24.</i> Flujo grama del plan agregado.....	53

<i>Figura 25.</i> Terminología de mantenimiento según la norma de EN-13306	58
<i>Figura 26.</i> Producción mensual de ácido sulfúrico en porcentaje (2013 – 2017)	61
<i>Figura 27.</i> Porcentaje en participación de la demanda mundial de ácido sulfúrico	62
<i>Figura 28.</i> Ubicación de la planta en Ilo	66
<i>Figura 29.</i> Mapa de Procesos de SPCC	82
<i>Figura 30.</i> Mapa de procesos propuesto para SPCC	83
<i>Figura 31.</i> DAP Planta de ácido sulfúrico No.1	85
<i>Figura 32.</i> DAP Planta de ácido sulfúrico No.2	86
<i>Figura 33.</i> Diagrama de proceso de producción de ácido sulfúrico	87
<i>Figura 34.</i> DAP Planta de oxígeno No.1	88
<i>Figura 35.</i> DAP Planta de oxígeno No.2	89
<i>Figura 36.</i> Diagrama de flujo de proceso de producción de oxígeno.....	90
<i>Figura 37.</i> Diagrama de flujo de seguridad	92
<i>Figura 38.</i> Diagrama de Ishikawa de las PAS	94
<i>Figura 39.</i> Diagrama de Ishikawa de las POX	95
<i>Figura 40.</i> Layout actual de la PAS No.1	104
<i>Figura 41.</i> Layout actual de la PAS No.2.....	105
<i>Figura 42.</i> Layout actual de la POX No.1	107
<i>Figura 43.</i> Layout actual de la POX No.2	108
<i>Figura 44.</i> Diagrama de relación de actividades de la PAS	111
<i>Figura 45.</i> Diagrama de relación de actividades de la POX.....	111
<i>Figura 46.</i> Plano de SPCC	112
<i>Figura 47.</i> Organigrama de la Superintendencia de PAS y POX.....	117
<i>Figura 48.</i> Tablero de control de actividades del SIG	121
<i>Figura 49.</i> Proyecciones déficit ácido sulfúrico en Chile en relación a producción SPCC ..	132

<i>Figura 50.</i> Sistema Integral de Operaciones.....	141
<i>Figura 51.</i> Región factible de operación	143
<i>Figura 52.</i> Distribución de horas-hombre por tipo de mantenimiento	174
<i>Figura 53.</i> Cadena de suministro de la PAS y POX.....	182
<i>Figura 54.</i> Muelle de SPCC en Ilo	183
<i>Figura 55.</i> Ruta de ferrocarril de SPCC	185



Capítulo I. Introducción

1.1. Introducción

Perú es el segundo mayor productor mundial de cobre, después de Chile con 2'300,000 Tm de cobre, y tiene las terceras mayores reservas de cobre con 81'000,000 Tm de cobre después de Chile y Australia. Las exportaciones de cobre representan aproximadamente 38% en millones de dólares de los envíos totales del Perú en el extranjero. Dado su fuerte potencial minero, Perú atrae a las principales empresas mineras para expandir sus operaciones en el país. De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), la producción de cobre en el Perú se incrementó en un 38% de 1'700,000 Tm finas en el año 2015 a 2'400,000 Tm finas en el año 2016. Del total de producción nacional de concentrados de cobre en el año 2016, el 13% corresponde a la empresa Southern Perú Copper Corporation. Del total de producción nacional de fundición de cobre de 309,000 Tm finas en el año 2016, el 81% corresponde a la empresa Southern Perú Copper Corporation.

El presente capítulo describe a la empresa Southern Perú Copper Corporation, su historia y organización, los productos elaborados, los hitos de la operación productiva como ciclo operativo, los diagramas de entrada – proceso – salida, la clasificación según sus operaciones productivas y la matriz del proceso de transformación, explicaremos la relevancia de la función de operaciones de la superintendencia de planta de ácido sulfúrico y oxígeno, como foco de investigación en el presente Diagnostico Operativo Empresarial.

1.2. Descripción de la Empresa

Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú es una empresa pública que posee las operaciones mineras integradas de cobre más grandes del Perú además cotiza sus acciones comunes en la Bolsa de Valores de Lima.

Las operaciones de Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú, comprenden el minado, molido y flotación del mineral para producir concentrados de cobre y

molibdeno y finalmente la fundición de los concentrados de cobre para producir ánodos de cobre y su posterior refinación del ánodo para producir cátodos. Como parte de esta producción, también produce significativas cantidades de concentrado de molibdeno y plata refinada. Produce además cátodos de cobre usando la tecnología de lixiviación extracción por solventes y electrodeposición. Opera las minas en Cuajone y en Toquepala en las alturas de los Andes, aproximadamente a 860 km al sur este de la ciudad de Lima, Perú. También opera una fundición y refinería, al oeste de las minas en Toquepala y Cuajone, en la ciudad de Ilo, Perú.

Southern Copper Corporation es la empresa matriz de Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú y controla el 99.29% de su accionariado. Este accionariado incluye el 82.69% del patrimonio y 16.60% de las acciones de inversión.

Southern Copper Corporation fue constituida el 12 de diciembre de 1952, de acuerdo a las leyes del estado de Delaware de los Estados Unidos, bajo la denominación original de Southern Perú Copper Corporation, la que con fecha 11 de octubre de 2005 fue cambiada a Southern Copper Corporation. En el año 1954, Southern Copper Corporation estableció una sucursal en el Perú a la cual denominó Southern Perú Copper Corporation, Sucursal del Perú, para realizar actividades mineras en el país.

En noviembre de 1999, Grupo México SAB de CV, una sociedad constituida de acuerdo a las leyes de la República de México, adquirió en los Estados Unidos el 100% de las acciones de ASARCO Incorporated, que hasta ese momento era el principal accionista de Southern Perú Copper Corporation (en adelante SPCC). De esta manera, SPCC se convirtió en una subsidiaria de Grupo México, quienes mantienen su tenencia accionaria a través de Southern Copper Corporation y esta a su vez controlada por Americas Mining Company, ambas constituidas en Estados Unidos (Southern Copper Grupo Mexico, 2017).

Los principales activos que controla SPCC, Sucursal del Perú son (Bolsa de Valores de Lima, 2014):

- La unidad de producción de Toquepala con a) 12 concesiones mineras con un área de 23,910 ha, b) equipos de carguío, equipos de perforación y equipo auxiliar, c) equipos de acarreo y d) planta de Beneficio “Concentradora Toquepala”, con capacidad de molienda de 90,000 Tm/d.
- La unidad de producción de Cuajone con a) concesión minera con un área disponible de 14,875 ha, b) equipos de carguío, equipos de perforación y equipo auxiliar, c) equipos de acarreo y d) planta de Beneficio “Concentradora Cuajone” con capacidad de molienda de 87,000 Tm/d.
- Planta de lixiviación, extracción por solventes y electrodeposición en Toquepala y planta de lixiviación en Cuajone.
- El complejo metalúrgico de Ilo conformada por: a) 22 concesiones mineras con un área total de 4,531 ha, b) planta de Beneficio “Fundición Ilo”, c) dos plantas de ácido sulfúrico, d) dos plantas criogénicas de oxígeno, e) planta de Beneficio “Refinería Ilo”, f) mina Coquina y planta de clasificación tiene una capacidad de producción de conchuela de 200,000 Tm/d y g) La planta de cal tiene una capacidad de producción de 80,000 Tm/d.
- Ferrocarril industrial de SPCC entre Ilo, Toquepala y Cuajone.

Los proyectos de inversión aprobados por SPCC, Sucursal del Perú para el periodo 2017-2020 son:

- Expansión de planta concentradora de mina Toquepala con una inversión de US\$ 1,200 millones hasta el segundo trimestre del 2018.
- Proyecto Tía María (SX/EW) con una inversión de US\$ 1,400 millones segundo trimestre del 2020.

Otros proyectos de expansión en cartera para futura expansión de SPCC son:

- Proyecto Los Chancas (Concentrados y SX/EW) con inversión de US\$ 2,800 millones para una producción proyectada de 134,000 Tm de cobre y 7,600 Tm de molibdeno.
- Expansión de planta concentradora de mina Cuajone con una inversión de US\$ 500 millones para una producción de 50,000 Tm de cobre y 0.7 Tm molibdeno.
- Expansión de la refinería y fundición de Ilo (Southern Copper Grupo México, 2017).

Las operaciones de SCPP, Sucursal del Perú, están constituidas por el desbroce, minado, molienda y flotación del mineral para producir concentrados de cobre y molibdeno, la fundición de los concentrados de cobre para producir ánodos de cobre y su posterior refinación del ánodo para producir cátodos. Como parte de esta producción, también produce y vende significativas cantidades de concentrado de molibdeno, granallas de plata, ácido sulfúrico y se produce oxígeno.

Los precios de venta de sus productos están definidos por los precios internacionales de los metales influenciados básicamente por el nivel de demanda y oferta en las bolsas de valores en todo el mundo. Por ello, la gerencia enfoca sus esfuerzos en la creación de valor mediante la producción de cobre, el control de costos, la mejora de la producción y el mantenimiento de una estructura de capital prudente para continuar siendo rentables. La compañía se esfuerza por lograr dichos objetivos a través de programas de gastos de capital, proyectos de exploración y programas de reducción de costos. La meta de SPCC es continuar siendo rentable durante los periodos de bajos precios del cobre y maximizar el rendimiento financiero en periodos de altos precios del cobre y de las acciones de la empresa (Bolsa de Valores de Lima, 2014).

Dentro del complejo metalúrgico de Ilo se encuentran la fundición que está localizada a 17 km al norte del puerto de Ilo en el departamento de Moquegua. La fundición de Ilo inició sus operaciones en 1960 y estuvo constituida por dos hornos reverbero, siete

convertidores Pierce Smith o CPS, un convertidor modificado teniente, una planta de ácido sulfúrico, una planta de oxígeno, dos plantas de moldeo e instalaciones auxiliares.

En febrero del 2007 la fundición de Ilo, inició la operación de su nuevo horno de fusión en baño, denominado horno Isasmelt, en reemplazo de dos hornos de reverbero y un convertidor teniente. La capacidad de fusión de la fundición actual fue diseñada para mantener la misma fusión anual de 1'200,000 Tm de concentrados de cobre.

El horno Isasmelt se encuentra asociado a un caldero de recuperación de calor y un precipitador electrostático, cuatro convertidores Pierce Smith, dos en soplado, uno en espera y uno en mantenimiento, tres precipitadores electrostáticos, dos plantas de ácido sulfúrico, dos plantas criogénicas de oxígeno, dos plantas de efluentes, una planta de moldeo de ánodos, dos hornos de limpieza de escoria y plantas auxiliares de servicios. El proceso actual se lleva a cabo tal como se muestra en la Figura 1.

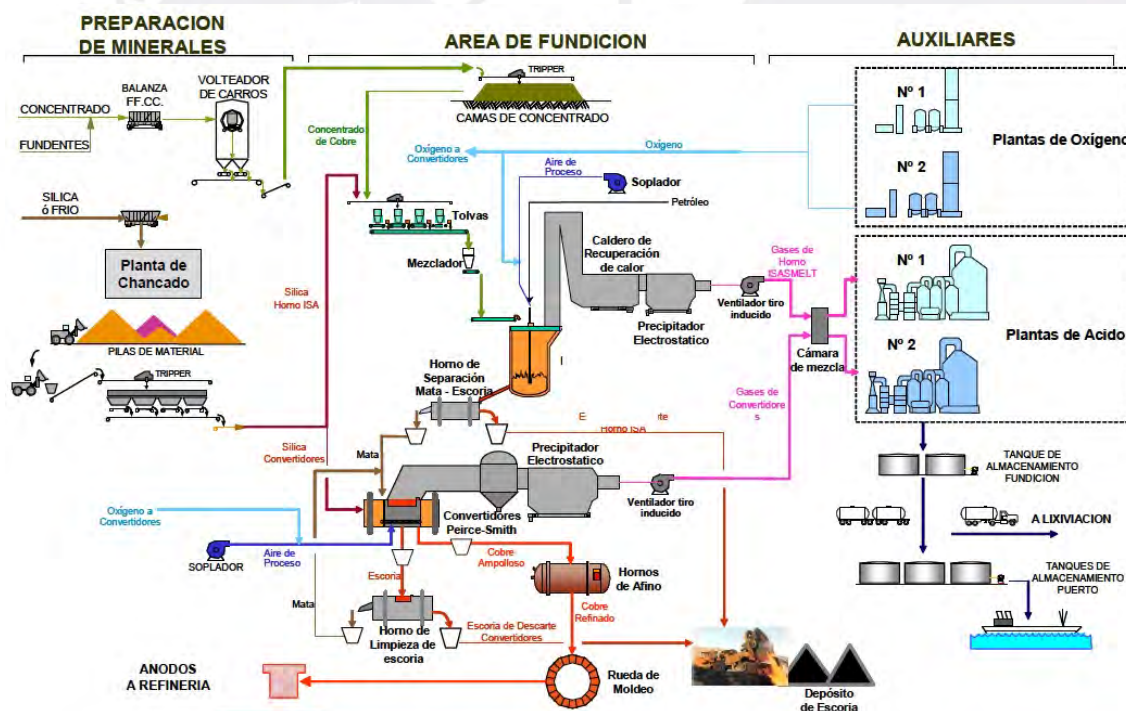


Figura 1. Proceso de fundición de Ilo SPCC

Tomado de (Cuadros Rojas, 2010, p. 14) "Reducción de las Pérdidas de Cobre en las Escorias del Proceso Isasmelt de la Fundición de Ilo de SPCC" (p.14), por Alejandro Cuadros Rojas, 2010, Lima -Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.



Figura 2. Productos de fundición de SPCC

Tomado del "Productos de Cobre", por Southern Perú, 2017. Recuperado de <http://www.southernperu.com/ESP/opinte/Pages/PGProductos.aspx>

La estructura organizacional es del tipo funcional jerárquica en el área de fundición que permite a sus funcionarios y operadores la máxima aplicación de sus especializaciones técnicas de fundición, plantas de ácido, plantas de oxígeno, de mantenimiento, metalurgia-laboratorio y equipos, consecuentemente a desarrollar actividades muy específicas y un esquema de comunicación y reporte de resultados directo y vertical según cada Superintendencia. La estructura organizacional se indica en la Figura 3.

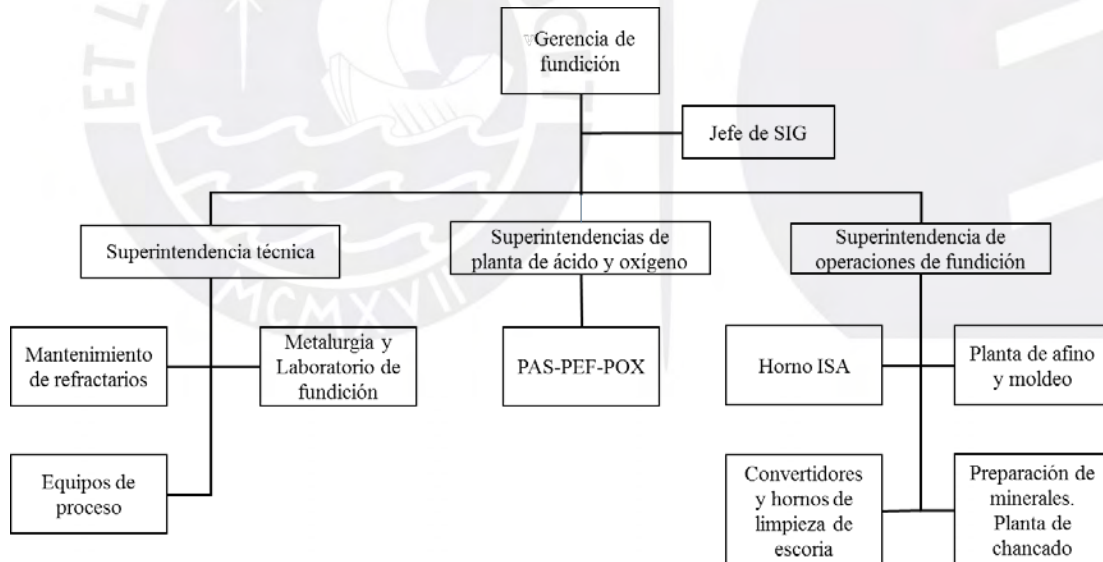


Figura 3. Organigrama de fundición de SPCC

Las dos plantas de ácido sulfúrico y las dos plantas criogénicas de oxígeno son gestionadas por la Superintendencia de plantas de ácido y oxígeno. Esta Superintendencia así como las Superintendencias Técnicas y de Operaciones de Fundición reportan en funciones a

la Gerencia de Fundición. La planta de ácido sulfúrico y oxígeno cuentan con 62 trabajadores. Los trabajadores rotan semanalmente y los supervisores por guardias, el tiempo se define a decisión de la Superintendencia, los demás puestos son fijos.

La planta de ácido sulfúrico, a través de la Resolución Directoral No. 024-96-EM/DGM, de fecha 19 de enero de 1996, obtuvo la autorización de funcionamiento de la planta de ácido sulfúrico instalada en la Concesión de Beneficio "La Fundición"

La primera planta de ácido sulfúrico fue instalada con una capacidad de 524 Tm/d de producción, el cual permitió el inicio de recuperación del dióxido de azufre y la reducción de emisiones de la fundición. En marzo del año 1998 se implementa la ampliación de la planta de ácido sulfúrico existente incrementando su capacidad de producción a 1,050 Tm/d. Esta etapa de inversión significó duplicar la recuperación del dióxido de azufre y también duplicar la capacidad de reducción de las emisiones.

En febrero del 2007 inicia sus operaciones la segunda planta de ácido sulfúrico con una capacidad instalada de 3,740 Tm/d. Esta etapa de inversión fue parte del compromiso que asumió SPCC para la modernización con una inversión de US\$ 520 millones. La capacidad fue aumentada a una producción de 300,000 Tm de cobre y 1'100,000 Tm de ácido sulfúrico con una concentración del 98%. Este incremento es obtenido mediante dos plantas de ácido sulfúrico, que procesan los gases de la fundición, capturando más del 92% del azufre y reduciendo así notablemente las emisiones contaminantes.

Las dos plantas de ácido sulfúrico se encuentran en un área de 39,967 m². Desde mayo del 2010, los embarques del ácido sulfúrico se efectúan por un muelle exclusivo situado junto a la fundición. En la actualidad 2017, la capacidad instalada y su producción de ácido sulfúrico es de 4,790 Tm/d.

En el proceso de fundición de minerales sulfurados de cobre, se produce una gran cantidad de dióxido de azufre, compuesto contaminante. Mediante las plantas de ácido

sulfúrico se procesan los gases generados en esta etapa del proceso para producir ácido sulfúrico, utilizando una serie de procesos físicos y químicos. Además el proceso de producción de ácido sulfúrico elimina de los gases algunas impurezas que son contaminantes atmosféricos, como el arsénico, mercurio, selenio y otros metales; lo que permite descartar gases por la chimenea sin dióxido de azufre y limpio de estas impurezas contaminantes.

La planta de oxígeno inició sus actividades en 1995 con una capacidad instalada de 300 Tm/d. En febrero del 2007 inicia sus operaciones la segunda planta de oxígeno con una capacidad instalada de 1,045 Tm. Actualmente al año 2017 ya se cuentan con dos plantas con capacidad instalada y un producción actual de oxígeno de 1,345 Tm/d, con una pureza del 95%. Las dos plantas de oxígeno se encuentran en un área de 8,315 m².

La Superintendencia de planta de ácido sulfúrico y oxígeno es responsable de las operaciones de las dos plantas de ácido con capacidad instalada de producción de 1'748,350 Tm al año con una pureza de 98% y de las plantas de oxígeno con una capacidad instalada de producción de 1,317 Tm/d de oxígeno y con una pureza de 95% (véase la Tabla 1). El oxígeno representa uno de los insumos importantes para el proceso de fundición de cobre y el ácido sulfúrico como un bien, producto del proceso de fundición. Los días disponibles de producción en año impar son 365 días y 335 días en año par, las plantas tienen un receso de 30 días durante los meses de octubre a noviembre para mantenimiento.

Tabla 1
Capacidades Instaladas Promedio de Planta de Ácido Sulfúrico y Oxígeno

Planta	Planta No.1 producción/día	Planta No.2 producción/día
Oxígeno	22.30%	77.70%
Ácido Sulfúrico	21.92%	78.08%

Nota. Capacidades instaladas al año 2017

Tabla 2
Porcentaje de Producción de las Plantas de Ácido y Oxígeno de 2015 al 2017

Año	Producción	Producción	Capacidad	Capacidad
	POX	PAS	ociosa POX	ociosa PAS
2015	74%	62%	26%	38%
2016	74%	68%	26%	37%
2017	74%	68%	26%	37%
Promedio			26%	37%

Se observa en la Tabla 2 que la producción de la planta de oxígeno y ácido sulfúrico es constante desde los años 2015 al 2017, es decir no es ascendente ni descendente, se puede apreciar una capacidad ociosa en un 26% para la planta de oxígeno y de un 36% para la planta de ácido sulfúrico.

La misión y visión de la Superintendencia de planta de ácido sulfúrico y oxígeno son:

- **Misión:**

«Contribuir a que la Fundición Ilo obtenga una producción continua y rentable de cobre, produciendo ácido y oxígeno de calidad con seguridad, responsabilidad social y ambiental.» (SPCC, 2017a)

- **Visión:**

«Hacia el año 2020, ser los operadores de plantas de ácido y oxígeno de clase mundial que generen los mejores indicadores de gestión, operación, mantenimiento y medio ambiente.» (SPCC, 2017a)

Tanto la Misión como la visión, no hacen referencia a índices específicos cuantificables en lo que se refieren a niveles de producción, rentabilidades, índices de seguridad, indicadores de gestión en general.

1.3. Productos Elaborados

1.3.1. Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es un químico usado en la minería del cobre y es también un subproducto de muchos tipos de minería. Mezclado con agua y metales pesados forma el drenaje ácido de mina. Este producto es regulado como un material corrosivo con un número de identificación UN1830. Según su característica, es cristalino como el agua y translúcido y se produce a concentración superior al 98%. En un análisis típico se identificará: fierro con una concentración máxima de 30 ppm, manganeso máximo 0.2 ppm, arsénico máximo 1.0 ppm, cobre máximo 1.0 ppm, dióxido de Azufre máximo 50 ppm, mercurio máximo 0.5 ppm.

El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso incoloro ámbar con una gravedad específica casi el doble que el agua. A temperaturas normales y a una concentración del 98% o inferior tiene poco olor. A temperaturas más elevadas y por encima de una concentración del 98%, pueden liberarse humos de trióxido de azufre irritantes. Óleum (ácido sulfúrico fumante) es un líquido oleoso, incoloro a blanco, pesado, que contiene trióxido de azufre disuelto en ácido sulfúrico. En la exposición al aire, el óleum libera vapores blancos irritantes de trióxido de azufre (véase la Tabla 3).

Todos los grados de ácido sulfúrico tienen una afinidad por el agua que resulta en la evolución del calor cuando se diluye. En el caso del óleum, la reacción se produce con violencia explosiva. El ácido sulfúrico y el óleum absorben la humedad del aire, lo que resulta en la dilución del ácido. Todos los grados son fuertemente corrosivos y las precauciones de seguridad personal deben ser cuidadosamente seguidas.

Muchas sustancias orgánicas como madera, almidón, azúcar, papel, etc. se carbonizan al contacto con ácido sulfúrico, formando carbono. Las cantidades muy pequeñas de materia

orgánica ennegrecerán el ácido sulfúrico como resultado del carbono suspendido (Sulphuric Acid on the Web, 2013).

Tabla 3

Propiedades del Ácido Sulfúrico

Propiedades	Características
Nombre Químico	Ácido sulfúrico
Fórmula	H ₂ SO ₄
Estado Físico	Líquido
Color	Claro, de incoloro a turbio
Punto de inflamación	No tiene
Corrosión	Altamente corrosivo a casi todos los metales con desprendimiento de hidrógeno
Reactividad	Agente fuertemente oxidante y puede causar inflamación en contacto con materiales orgánicos y productos como nitrato y cloratos
Reacciona	Exotérmicamente con el agua
Temperatura de ebullición	160 a 332°C dependiendo de su concentración
Higroscopicidad	Si

Nota. Tomado de "Características del ácido sulfúrico", por INDEC Chile Ltda. , s.f. (http://www.indec.cl/man_asp.html#caracteristicas)

1.3.2. Oxígeno

El oxígeno es el segundo constituyente más abundante en el aire y tiene la propiedad de combinarse químicamente con la mayoría de los elementos. A temperatura y presión atmosférica el oxígeno es un gas incoloro, inodoro y con mayor peso específico que el aire. En el estado líquido el oxígeno es ligeramente azulado e inodoro y con un peso específico aproximadamente 14% más que el agua.

El oxígeno en cualquiera de sus dos estados no arde, pero es contribuyente principal para una fácil combustión de otras sustancias. Químicamente es clasificado como un oxidante fuerte con capacidad de reaccionar con la mayoría de los metales y materiales orgánicos, a medida que la concentración de oxígeno aumenta la velocidad de reacción y la velocidad de liberación de energía calórica se incrementa de manera directamente proporcional.

El oxígeno en SPCC es producido con una pureza mayor al 95%, porcentaje mínimo requerido para mantener en operación el proceso de fusión y ser utilizado como oxidante en el proceso de fusión del horno Isasmelt.

1.4. Ciclo Operativo de la Empresa

Las cuatro columnas básicas de la empresa que intervienen en el ciclo operativo de la planta de ácido sulfúrico y oxígeno son: Administración y Finanzas, Operaciones, Mantenimiento y Ventas. Las cuatro columnas sostenidas por Recursos Humanos e interrelacionadas por Logística. Estos departamentos se complementan para transformar el dióxido de azufre en ácido sulfúrico, cumpliendo las características y estándares establecidos ofrecidos a los clientes externos. También la producción de oxígeno con las características de calidad establecidos por los clientes internos.

El área de Administración y Finanzas es la encargada de asignar los recursos económicos necesarios para la compra de los insumos indirectos, materiales, repuestos y equipos de reemplazo; el área de Operaciones de planta de ácido sulfúrico y oxígeno realiza la transformación de insumos directos en productos. Esta área está directamente relacionada con el proveedor del insumo directo y el proveedor de servicio de mantenimiento para la producción del ácido sulfúrico y el oxígeno. El área de Ventas se enfoca a la investigación de mercados con el objetivo de generar oportunidades de concretar acuerdos comerciales para el producto; el área de Recursos Humanos es la encargada de garantizar la cantidad necesaria del personal en las diferentes áreas de la empresa. En la Figura 4 se muestra las áreas y elementos que intervienen en el ciclo operativo de la empresa.

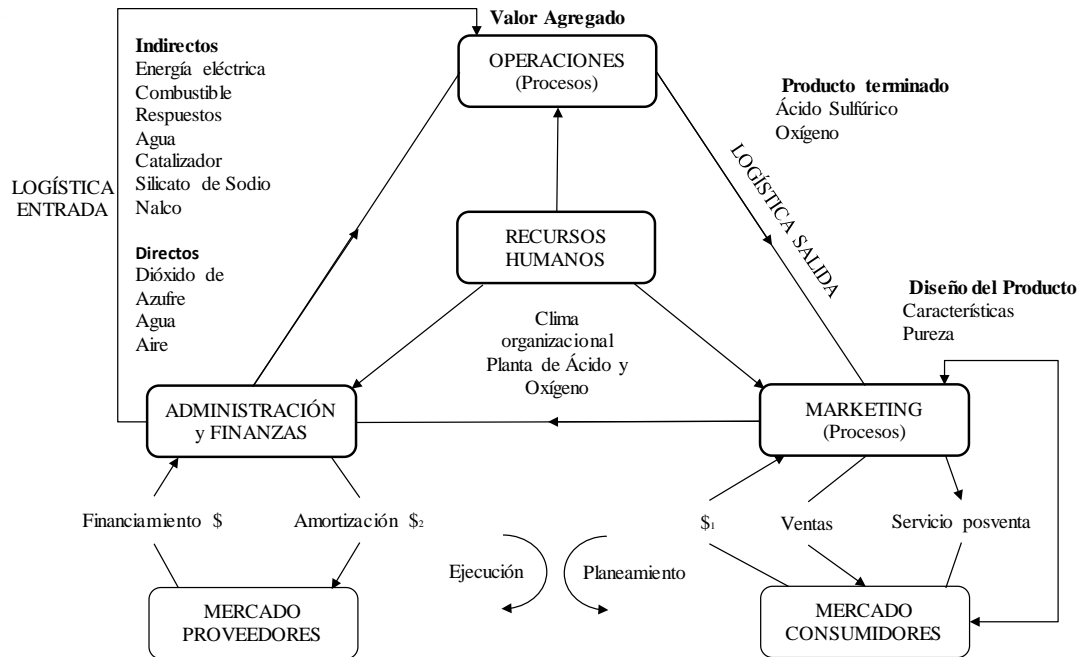


Figura 4. Ciclo Operativo de la planta de ácido y oxígeno de SPCC
Adaptado de “Administración de las operaciones productivas” (p.9), por F.A. D’ Alessio, 2012, México: Pearson

1.4.1. Diagrama entrada-proceso-salida

Las operaciones de la empresa se resumen en el diagrama de entrada-proceso-salida, este proceso se ejecuta para la producción de ácido sulfúrico y oxígeno. En el proceso productivo, se considera a la materia prima como elemento de entrada, los proveedores requieren operaciones especializadas con un nivel técnico operativo alto para entregar insumos directos bajo características y condiciones termodinámicas definidas.

El proceso comprende una serie de actividades para darle valor agregado usando la planta con equipos especializados, sistemas de control con tecnología avanzada y personal capacitado permanentemente en cada proceso, la sinergia entre los tres factores en esta etapa garantiza la ventaja competitiva. El elemento de salida considera al producto terminado que será entregado a los clientes internos y externos que quedan satisfechos y que cubren sus necesidades y expectativas.

1.4.2. Diagrama entrada - proceso - salida del ácido sulfúrico

Las plantas de ácido procesan gases provenientes del horno Isasmelt y los convertidores Pierce Smith en volumen equivalente a su capacidad de diseño. El gas que contiene dióxido de azufre ingresa a la sección de limpieza para remover el material particulado, vapores y neblina ácida provenientes de la fundición. Todas las impurezas son contenidas en el agua de lavado de gases de esta sección y son tratadas en el proceso de tratamiento de efluentes.

El gas antes de ingresar a la sección de contacto se encuentra saturado en agua que es removida en una torre de secado por proceso de absorción. El dióxido de azufre posteriormente es combinado con el oxígeno en presencia de un catalizador para producir trióxido de azufre. En la etapa final del proceso el trióxido de azufre es combinado con agua para formar el ácido sulfúrico en las torres de absorción. El producto obtenido es almacenado de manera continua en tanques hasta llegar al nivel necesario para abastecer un despacho por embarque (véase la Figura 5).

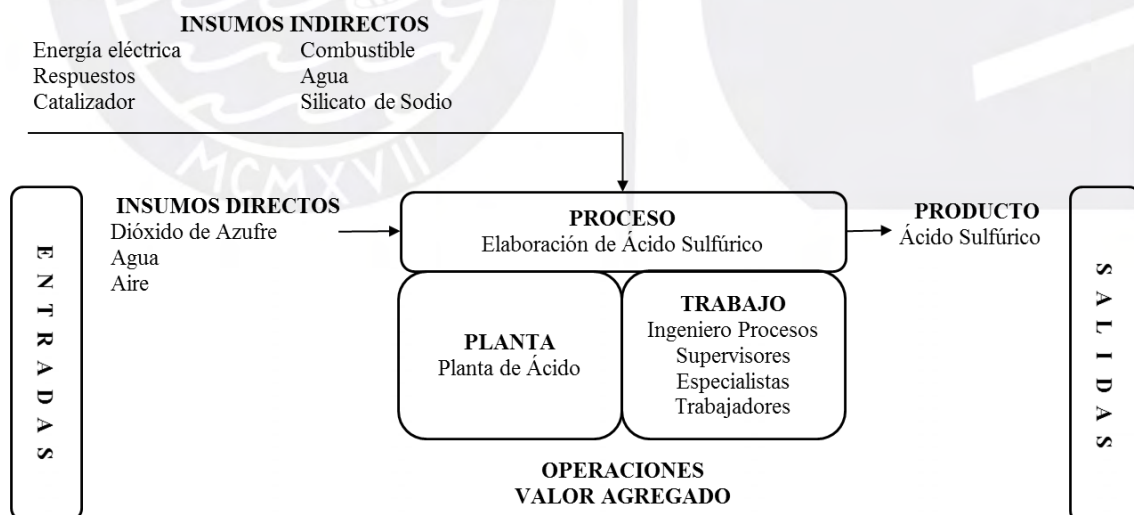


Figura 5. Diagrama entrada-proceso-salida de producción de ácido sulfúrico
Adaptado de “Administración de las operaciones productivas” (p. 10), por F.A. D’Alessio, 2012, México: Pearson

1.4.3. Diagrama entrada - proceso - salida del oxígeno

La producción de oxígeno es por el método de separación criogénica de aire, utilizando compresores, purificadores de aire, expansores y columnas de destilación. El aire se filtra para retirar el polvo e ingresa a los compresores donde se incrementa la presión y temperatura. Al enfriarse el aire el vapor de agua se condensa y es eliminado por drenajes. Luego el aire pasa por un enfriador de contacto directo para luego fluir hacia los purificadores de aire, donde se elimina la humedad y el dióxido de carbono mediante procesos de adsorción.

Se utilizan los métodos de expansión y Joule Thomson para alcanzar las temperaturas criogénicas requeridas del aire y también compresión isotérmica para alcanzar presiones de operación sin perder las temperaturas criogénicas obtenidas en los procesos anteriores. El aire acondicionado a presiones y temperaturas de diseño ingresa a la columna de destilación de alta presión donde son separados en sus componentes primarios como el oxígeno y nitrógeno, posteriormente fluye hacia la columna de baja presión donde se obtiene el producto con pureza mayor a 95%. El producto en fase gaseosa es permanentemente suministrado al cliente (véase la Figura 6).

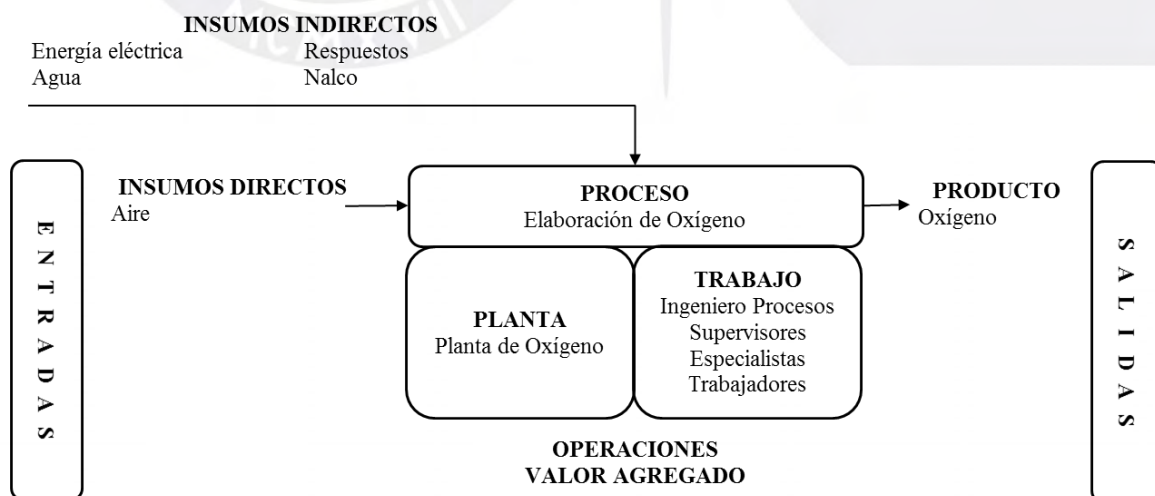


Figura 6. Diagrama entrada-proceso-salida de producción de oxígeno
Adaptado de “Administración de las operaciones productivas” (p. 10), por F.A. D’Alessio, 2012, México: Pearson

1.5. Clasificación según sus Operaciones Productivas

De acuerdo con la clasificación de las operaciones productivas según D'Alessio (2012), la empresa SPCC en la fundición Ilo, realiza el proceso de conversión, transformación y producción de ácido sulfúrico y oxígeno, los cuales son producidos de acuerdo a normas y estándares nacionales e internacionales según la Figura 7.

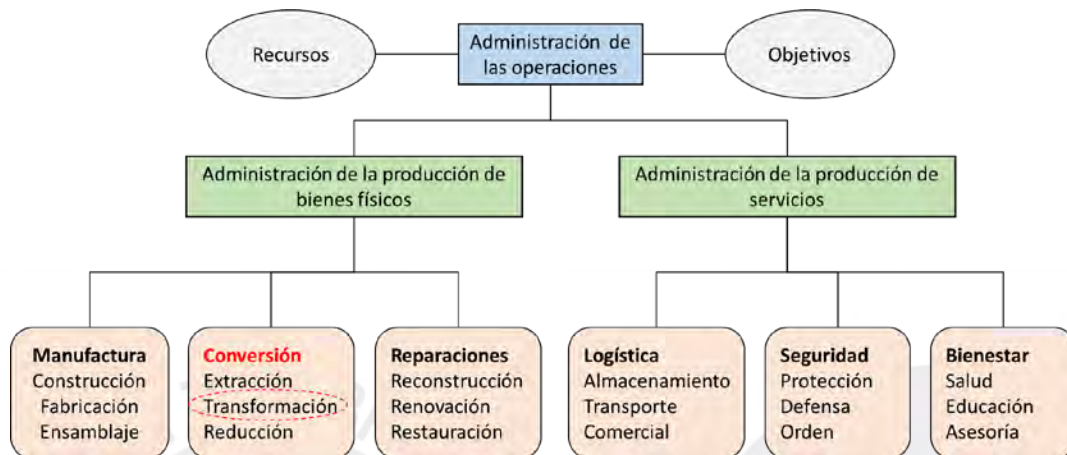


Figura 7. Clasificación de las operaciones productivas

Adaptado de «Administración y dirección de la producción» (p. 26), por F. A. D'Alessio, 2013, Naucalpan de Juárez., México: Pearson

1.6. Matriz de Proceso de Transformación

La planta donde se produce el ácido sulfúrico y oxígeno opera permanentemente para proveer tanto a clientes internos y externos de SPCC, en el caso del ácido sulfúrico para el proceso de lixiviación en la extracción del cobre en las plantas de Toquepala y Cuajone, así como atender la demanda de los clientes externos dentro del país y la exportación. En el caso del oxígeno también es una producción constante para atender la demanda de la denominada área caliente la cual opera también permanentemente.

Según D'Alessio (2012), una matriz de proceso de producción continua desarrolla grandes volúmenes de producción de productos iguales y sus corridas de producción son permanentes, 24 horas 7 días a la semana y su gran ventaja radica en las economías de escala que pueden obtenerse. En consecuencia, dadas las características y la importancia de producir

ácido sulfúrico y oxígeno para proveer de manera permanente engranada a toda la cadena productiva de SPCC, así como atender la demanda interna y externa se concluye que estamos frente a una Matriz de Proceso de Transformación continuos (véase la Figura 8).

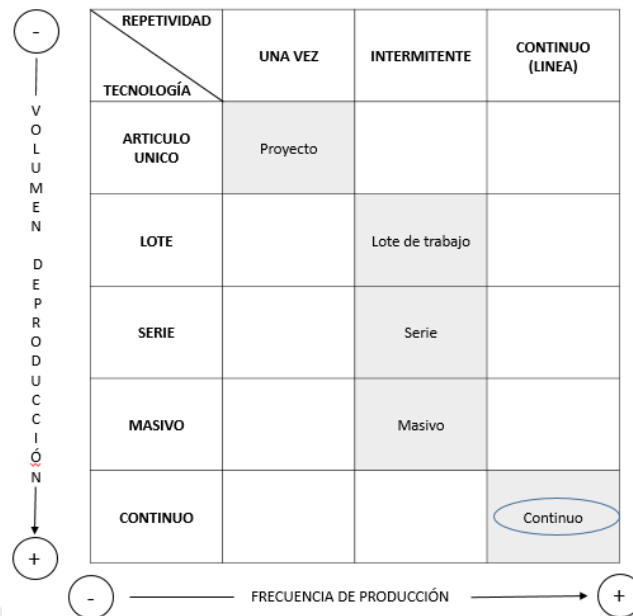


Figura 8. Matriz de proceso de transformación
Adaptado de «Administración y dirección de la producción» (p. 29), por F. A. D'Alessio, 2012, Naucalpan de Juárez., México: Pearson.

1.7. Relevancia de la Función de Operaciones

El futuro de muchas organizaciones recae netamente en su capacidad operativa, esta afirmación se comprende mejor si constatamos que las operaciones son los procesos de agregación de valor que surgen de la transformación de insumos es decir materias primas, y conocimiento en productos o servicios. Un sistema de operaciones es algo complejo, ya que en el concurren varias disciplinas y tecnologías, donde se ven reflejadas las actitudes y filosofías de los directores y organización, así como las influencias de clientes y proveedores.

En SPCC el área operaciones es entendida como el proceso de transformación en el que se interactúa con la administración, la ingeniería, el mercadeo, las finanzas, las ventas, los recursos humanos y la cadena de suministro. Dentro de una perspectiva sistémica, operaciones ocupa una posición central y fundamental, y es vista como un todo integrado que

convierte materias primas en bienes, o sea, en satisfacciones económicas. De este modo, la producción no termina cuando el producto abandona la planta, ya que la distribución y el servicio posterior a la venta son partes integrales del proceso.

El área de operaciones bien puede convertirse en un arma competitiva, o bien puede hundir a la organización. El hecho de ignorar el efecto acumulativo que se va generando a lo largo del tiempo de decisiones relativas a instalaciones, maquinaria, personal, controles y políticas, pueden llevar a una organización, en algún momento, a encontrarse con un sistema de operaciones con el que no pueda competir (Skinner, 1979). En SPCC se genera una ventaja competitiva a través de la manufactura de productos alineados a la política de calidad organizacional, basada en su capacidad de planta y la eficiencia de sus operaciones y recursos logrando de esta manera:

- Optimizar costos (rentabilidad) a través de procesos idóneos;
- Realizar una operación eficiente y eficaz en el uso de sus respectivos recursos;
- Generando valor a sus procesos; y
- Procesos que reducen el impacto al medio ambiente y que contribuyen al desarrollo de las comunidades.

1.8. Proceso de Investigación de la Tesis

El desarrollo del Diagnóstico Operativo Empresarial de la Planta de Ácido Sulfúrico y Oxígeno de Southern Perú Copper Corporation involucró la obtención, análisis de datos de información, revisión y planteamiento de propuestas de mejora, las cuales se recogieron de fuentes tanto internas como externas. Dentro de las fuentes internas tenemos a la propia organización que brindó y puso a disposición toda la información financiera de distintas áreas, documentación sobre metodologías de producción y gestión de operaciones, información sobre el área de mantenimiento, área de recursos humanos, área de logística, calidad, etc. Adicional a ello se otorgó reportes de datos históricos, así como hojas

electrónicas con las proyecciones de producción, costos y utilización de recursos bajo un acuerdo de confidencialidad. Asimismo, dentro de esta etapa interna se recogieron datos mediante la observación de todas las partes del proceso de producción y gestión desde la obtención de la materia prima para la generación de gases en el caso del ácido sulfúrico, así como cada una de las fases de transformación del ácido sulfúrico y oxígeno, incluido el proceso de almacenamiento y la distribución de la producción a nivel interno y externo. Adicionalmente se recogieron datos de los procesos y métodos administrativos que se desarrollan actualmente en cada una de las plantas, toda información recogida mediante el método de observación se validó con reportes de la empresa donde los hallazgos que se fueron evidenciando se constituyen como punto de partida para las propuestas de mejora planteadas en cada capítulo. En el proceso de obtención de información también se consultaron fuentes externas acerca de la realidad del mercado nacional e internacional del cobre, el ácido sulfúrico y oxígeno, sobre los niveles de producción actuales, históricos y la demanda proyectada para los próximos años.

El análisis y procesamiento de los datos e información en cada capítulo, tanto la generación de los diagnósticos, las propuestas de mejora, así como su validación y las conclusiones se desarrollaron sobre la base del marco teórico y las herramientas que se describen en las referencias que forman parte de este Diagnostico Operativo Empresarial manteniendo en todo momento un enfoque de rentabilidad y eficiencia en el uso de recursos bajo el análisis de costo beneficio para la organización en cada capítulo desarrollado.

1.9. Conclusiones

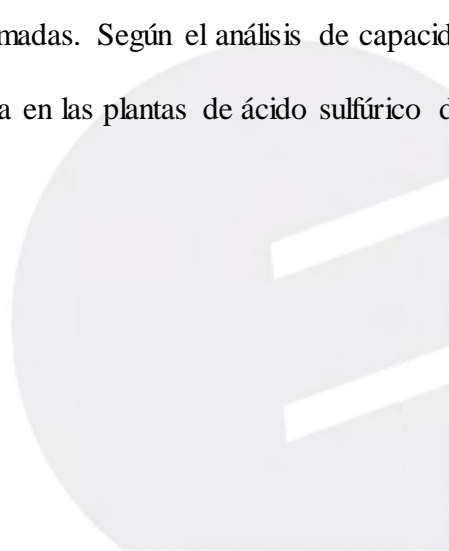
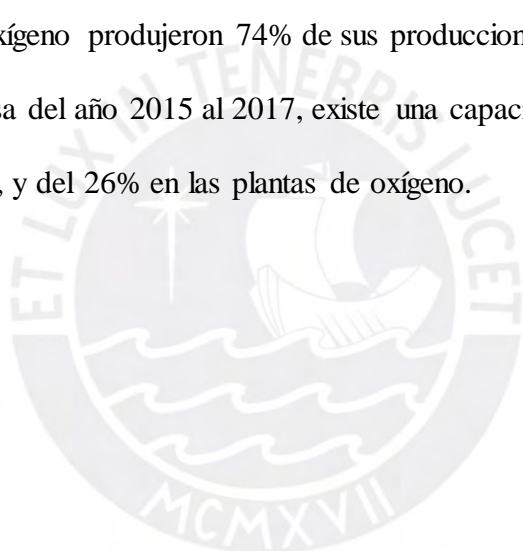
SPCC tiene como actividad principal la producción y venta de cobre. El proceso de fundición de Ilo está constituido por preparación de minerales, fundición, dos plantas de ácido sulfúrico, dos plantas de oxígeno y los auxiliares.

En el año 1995, se instaló una planta de ácido sulfúrico y una planta de oxígeno. En el año 2007, se ampliaron los procesos de obtención de estos insumos con la construcción de una planta adicional de ácido y una oxígeno.

El ácido sulfúrico producido tiene una pureza mayor al 98%. Esta concentración permite un transporte y almacenamiento controlado así como un menor efecto corrosivo en las líneas y recipientes.

El oxígeno que se produce tiene una pureza mayor a 95%. Esta pureza es requerida para mantener el enriquecimiento hacia el horno Isasmelt y conservar su autotermia. Una concentración inferior al 95% pone en riesgo la operación de fusión.

Al año 2016 la producción de las plantas de ácido sulfúrico fue un 68% y las plantas de oxígeno produjeron 74% de sus producciones programadas. Según el análisis de capacidad ociosa del año 2015 al 2017, existe una capacidad ociosa en las plantas de ácido sulfúrico de 36%, y del 26% en las plantas de oxígeno.



Capítulo II: Marco Teórico

El presente capítulo incluye el desarrollo del marco teórico sobre la base de las referencias bibliográficas que describen el estado pasado y actual del conocimiento para el Diagnóstico Operativo Empresarial, materia de la presente tesis. Se presenta el mapa de literatura con las referencias bibliográficas utilizadas en este capítulo.

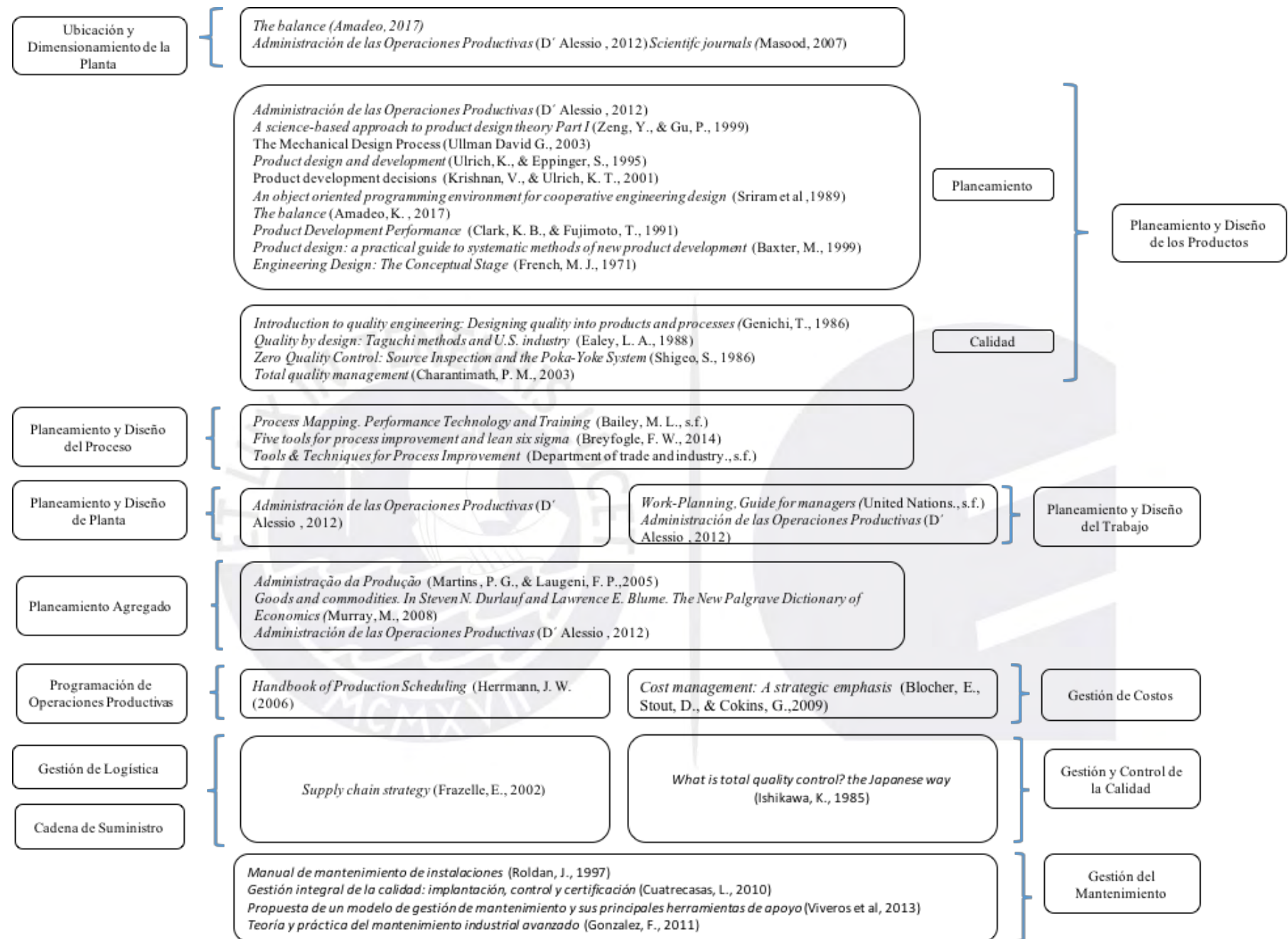


Figura 9. Mapa de literatura

2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

2.1.1. Dimensionamiento de Planta

Las economías de escala es un término económico que describe una ventaja competitiva que las grandes entidades tienen sobre las entidades más pequeñas. Significa que cuanto mayor sea el negocio, menores serán sus costos. Por ejemplo, el costo de producir una unidad es menor cuando se producen muchas unidades a la vez (Amadeo, 2017).

Según Rogers (s.f.) los factores para el dimensionamiento de las plantas en economías de escala son:

- Rendimiento aplicado al costo: Una decisión que muchas empresas tienen que hacer en el principio es si poseer o alquilar su espacio. Para las empresas más pequeñas, el alquiler por lo general es una opción más asequible. Pero las empresas más grandes pueden darse el lujo de poseer su espacio e incluso obtener una tasa de hipoteca más baja si deciden. Este es otro ejemplo de economías de escala de las que se benefician las grandes empresas. Para las empresas más pequeñas con alto costo de alquiler, la única alternativa puede ser producir más producción para cubrir el costo.
- Resultados de maximización de beneficios: Cada negocio quiere producir la mayor cantidad de productos, ya que se puede traducir en más ventas. Sin embargo, no importa cuánto la empresa desee expandirse, puede que tenga que limitar la producción a un nivel que maximice los beneficios del negocio en la etapa actual de su negocio. Los gerentes sólo pueden operar a un nivel de producción donde los ingresos adicionales obtenidos de una unidad más de producción igualen o excedan el costo adicional involucrado en la fabricación de ese producto.
- Relación trabajo-tierra: Otra faceta del análisis de la empresa es entender el tamaño de la mano de obra al tamaño de la planta. Las empresas que requieren mucha mano de obra tienen que ver cuánto trabajo tienen por metro cuadrado para evitar el

hacinamiento. El hacinamiento puede conducir a la mala calidad de los productos, porque las funciones laborales pueden no estar claramente definidas. Además, puede conducir a productos o roturas de stocks, todo lo cual puede hacer que el costo unitario de la empresa aumente.

- Tecnología: La tecnología es a menudo un factor favorable para la expansión del negocio. A largo plazo, puede servir para reducir el costo unitario de producción de las empresas. Las empresas de capital intensivo y tecnológicamente inclinado pueden permitirse expandir su producción y beneficiarse de economías de escala. Pueden incluso ser capaces de acabar con los costos de mano de obra adicionales que pueden haber sido previamente necesarios para producir la misma cantidad de bienes.

De acuerdo con D'Alessio (2012) los factores de la capacidad de producción son los siguientes:

- El pronóstico de la demanda: La capacidad de producción se debe hacer en base los requerimientos en el tiempo relacionado al tipo de demanda.
- La gama de productos: La producción de un solo tipo de producto es favorable que fabricar varios artículos de una gama.
- La tecnología: La capacidad de producción aumenta cuando hay menor valor agregado.
- El nivel de integración vertical: Se incrementa la capacidad productiva si es bajo el nivel de integración vertical.
- La ubicación: La capacidad de producción está relacionada con la ubicación, porque los rasgos específicos del lugar limitan su capacidad.
- La maquinaria: En caso sea general o de uso especial.
- El costo de distribución: Se pueden elegir plantas de menor tamaño cerca los mercados que requieran los productos.

- La competencia: Permite definir la cantidad de capacidad productiva para hacer frente a la competencia.
- La inversión: Para tener en cuenta los costos de la planta en las diversas alternativas.
- Los recursos humanos: Para analizar su rendimiento, su capacitación y las condiciones de trabajo, sus herramientas y equipos que utilizarán.

2.1.2. Ubicación de Planta

La ubicación de los lugares adecuados para la instalación de las plantas requieren del análisis de varios factores que van desde las características de operaciones, económicas, tecnológicas, mercado, social entre otras. La decisión de ubicación de las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno de SPCC se fundamenta principalmente por aspectos operacionales para maximizar los beneficios industriales y criterios de rentabilidad económica en tanto su principal actividad es la extracción de cobre en una ubicación geográfica restringida.

Los autores Masood, J. Monks y D'Alessio presentan la teoría sobre los factores a tomar en cuenta para la ubicación de plantas que se enmarcan dentro de la decisión operativa efectuada por SPCC.

Según el autor Masood (2007), los factores de la localización de planta se basa en:

- Transporte: Instalaciones de tubería, instalaciones de las vías aéreas, instalaciones de autopista, instalaciones ferroviarias, servicios de camiones, transporte fluvial, coste de envío de material, costo de transporte de productos terminados, disponibilidad de servicios postales, almacenamiento, las instalaciones de almacenamiento, disponibilidad de venta al por mayor y puntos de venta.
- Mano de obra: Mano de obra barata, actitud de los trabajadores, trabajo gerencial, mano de obra calificada, tasas de salarios, trabajo que no requiere especialización, sindicatos, nivel educativo del trabajo, confianza de trabajo, disponibilidad de mano

de obra masculina, disponibilidad del trabajo femenino, costo de la vida, estabilidad del trabajador.

- Materias primas: Proximidad a los suministros, disponibilidad de crudo, materiales, proximidad a los componentes, disponibilidad de instalaciones de almacenamiento de materias primas y componentes, ubicación de los proveedores, costo de carga.
- Mercados: Mercado de consumo existente, productor existente, potencial mercado de consumo, anticipación del crecimiento de los mercados, gastos de envío al mercado, áreas de servicios de marketing, posición competitiva favorable, tendencias del ingreso, tendencias de la población, características del consumidor, ubicación de los competidores, futuras oportunidades de expansión, tamaño del mercado y proximidad a las industrias relacionadas.
- Sitio industrial: Accesibilidad de la tierra, costo de la tierra industrial, parque industrial desarrollado, espacio para la futura expansión, tasas de seguro, disponibilidad de instituciones de crédito, cercanía a otras industrias, proyectos de desarrollo industrial comunitario y actitud de los agentes financieros.
- Utilidades: Actitud de los agentes de utilidad, abastecimiento de agua, costo y calidad, instalaciones desechables de residuos industriales, disponibilidad de combustibles, costo de los combustibles, disponibilidad de energía eléctrica, costo de la energía eléctrica, disponibilidad de gas, adecuación de las instalaciones de aguas residuales, disponibilidad de carbón y de instalación nuclear.
- Actitud del gobierno: Ordenanzas de construcción, códigos de zonificación, leyes de compensación, leyes de seguros, inspecciones de la seguridad, las leyes de contaminación por inundación y corriente.

- Estructura Fiscal: Bases de la tasación fiscal, impuesto a la propiedad industrial, tarifas de estructuras estatal del impuesto de sociedades, operaciones libre de impuestos, e impuesto estatal sobre las ventas.
- Clima: Cantidad de nieve caída, caída de lluvia por ciento, condiciones de vida, humedad relativa, promedio mensual de temperatura y la contaminación del aire.
- Comunidad: Colegios e instituciones de investigación, actitud de residentes de la comunidad, calidad de las escuelas, instalaciones religiosas, instalaciones de la biblioteca, instalaciones recreativas, actitud de la comunidad, líderes, instalaciones médicas, centros comerciales, hoteles y moteles, bancos e instituciones de crédito y posición comunitaria de expansión futura.

Según Monks (1991), los factores que afectan la decisión de ubicación que se muestran en la Figura 10 son las entradas (personal, habilidades, remuneraciones, abastecimiento), materiales (costo de agua, costo de energía, servicios) y el capital. El clima, región, competencia, ubicación (terrenos, costos de tierra, costos de construcción, desechos, expansiones, almacenamiento). El marketing en donde destacan los mercados locales, regionales, mundiales, almacenamiento, distribución y transporte, el impacto económico como son las utilidades, impuestos, remuneraciones y compras (D'Alessio, 2012).



Figura 10. Factores que afectan la decisión de ubicación según J. Monks
Adaptado de "Administración y dirección de la producción. Enfoque estratégico y de calidad", por F. A. D'Alessio, 2012, p.110. México D. F., México: Pearson.

2.1.3. Factores de ubicación internacional

- Situación política del país extranjero: Relaciones con occidente, historia del país, estabilidad del régimen, protección contra expropiación, tratados y pactos, actitud en las Naciones Unidas, tipo de alianzas militares, actitud hacia el capital extranjero.
- Competición global y supervivencia: Material y mano de obra, oportunidades de mercado, disponibilidad de capital, proximidad a los mercados internacionales (Masood, 2007).
- Regulación gubernamental: Claridad de las leyes de inversión corporativa, regulaciones sobre *jointventures* y fusiones, regulaciones sobre la transferencia de ganancias fuera del país, tributación de empresas extranjeras, leyes de propiedad. Requisitos sobre qué porcentaje de empleados puede ser extranjero, prevalencia de la burocracia burocrática, regulaciones relativa a los controles de precios, requisitos para establecimientos en corporaciones locales.
- Factores económicos: Nivel de vida, el ingreso per cápita, tipo de cambio de moneda extranjera, balance del pago, estado, ayudas gubernamentales. (Masood ,2007).

2.1.4. Método de ponderación de factores

Consiste en asignar valores cuantitativos ponderados en una ubicación alternativa

Pasos:

- Escribir una lista de factores importantes.
- Referir un peso para el factor respectivo que permita valorar su importancia.
- Otorgar una escala para los factores (0 a 100) y definir un valor mínimo.
- Realizar el producto de los pesos por la escala y hacer la sumatoria.
- Realizar el total del puntaje de cada localización y elegir la alternativa que alcanzó el mayor puntaje. (D'Alessio, 2012).

2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos

2.2.1. Secuencia del planeamiento y aspectos a considerar

Según D' Alessio (2012), los pasos para el planeamiento y diseño del producto son: (a) generación de la idea, (b) selección del producto, (c) diseño preliminar, (e) construcción del prototipo, (f) pruebas, (g) diseño definitivo del producto y su proceso.

El diseño de producto podría ser considerado como un proceso de transformación a partir de un conjunto de especificaciones y requisitos funcionales en una descripción completa de un producto o sistema físico que cumpla esas especificaciones y requisitos, describen el diseño como una actividad inteligente que comienza con los requisitos de diseño y termina con una descripción del producto. (Zeng & Gu, 1999)

Aplicando la creatividad, principios científicos y conocimientos técnicos. Ullman (2003) define el proceso de diseño como la organización, gestión de personas y la información para desarrollarse en la evolución de un producto.

Ulrich y Eppinger (1995) describen el proceso de desarrollo del producto como la secuencia de pasos o actividades que una empresa emplea para concebir, diseñar y comercializar un producto. El proceso de diseño ayuda a asegurarse de no pasar por alto ninguno de los aspectos importantes, las soluciones imparciales y mejorar la creatividad del equipo. Krishnan y Ulrich (2001) indican que el proceso de desarrollo de productos como una transformación o una traducción de una oportunidad un producto físico disponible para la venta. Las Categorías de proceso de diseño: basado en el proceso, el diseño del producto se puede clasificar en cuatro categorías como diseño creativo, diseño innovador, rediseño y diseño rutinario. (Sriram et. al, 1989)

Cuando no existe un plan previo existente para la solución, entonces puede ser llamado como diseño creativo y la cuestión clave en este proceso de diseño es la transformación de la solución del subconsciente al estado consciente. El diseño innovador

ocurre cuando la descomposición del problema es conocido pero la solución para cada parte tiene que ser sintetizada. Este diseño puede ser una combinación original o novedosa de componentes existentes. Cuando el diseño de un producto existe y es modificado para satisfacer los requerimientos recién desarrollados, puede denominarse como rediseño. En la rutina el diseño de las piezas y alternativas, encuentra las alternativas apropiadas para cada subparte que satisface las limitaciones dadas.

Según Anderson (1997) los pasos son:

1. Definición del producto: Especificaciones del producto y priorización de recursos.
2. Arquitectura: Concepto simplificado y arquitectura optimizada incluyendo modularidad y estrategias de personalización.
3. Diseño: Producto / proceso tan completo que la necesidad de un prototipo, pruebas y producción piloto se minimiza o elimina.
4. Producción de transición: Introducción lenta en la producción con rápido aumento de volumen.
5. Seguimiento: Para captar las lecciones aprendidas que se pueden aplicar a futuros proyectos.

Según Clark y Fujimoto (1991), las fases son las siguientes: (a) generación de conceptos, (b) planificación de productos, (c) ingeniería de producto y (d) la ingeniería de procesos.

A mediados de los años noventa, Mike Baxter reveló su visión del desarrollo de productos, encarna muchas similitudes con otras metodologías, pero se centra más que en analizar la oportunidad de la idea (Baxter, 1999).

El paso inicial es la selección de la estrategia de desarrollo de productos adoptada por el equipo de diseño; puede incluir estrategia de atracción de mercado o estrategia de empuje de tecnología.

El empuje tecnológico requiere tanta investigación como la atracción del mercado. La única diferencia en este es que existe una tecnología que tiene el potencial de satisfacer una necesidad del mercado que aún no ha sido explotado por la competencia. Uno de los pasos importantes de la metodología de Baxter es una encuesta de clientes para identificar las necesidades del mercado objetivo junto con una búsqueda de oportunidades de tecnología y se puede completar mediante la realización de análisis de la competencia, benchmarking, monitoreo tecnológico y pronóstico.

Este análisis proporciona la información de que cuando el producto requiere competir en el mercado. Basado en las necesidades expresadas por los clientes, la empresa puede elegir las opciones para encarnar el nuevo producto, la salida de esta etapa se llama la especificación de oportunidad. Cuando hay una serie de oportunidades de productos identificados en un mercado, entonces se requiere un proceso de selección para establecer cuál es el mejor para la empresa.

Para solucionar estos problemas, cada opción debe ser evaluada con respecto a los objetivos de la empresa y, a continuación, pasar a través de un método sistemático de selección de oportunidades para justificar cuantitativamente la decisión. (Baxter, 1999)

El modelo de French (1971) comienza con las necesidades como en otros modelos y sistema de retroalimentación mejorando el sistema donde según lo requerido, el modelo se representa en la Figura 11.

Consiste en las siguientes fases / actividades del proceso de diseño:

1. Análisis del problema: En esta fase se identifican las necesidades para que éstas se puedan cumplir tan precisamente como sea posible.
2. Diseño conceptual: Se deben generar soluciones amplias en forma de esquemas seguido por la evaluación y selección de los conceptos adecuados.

3. Durante la fase de realización, los esquemas generados en la fase anterior son elaborados en mayor detalle.
4. En la fase de detallado, las soluciones / esquemas generados se especifican con detalles más finos (véase la Figura 12).

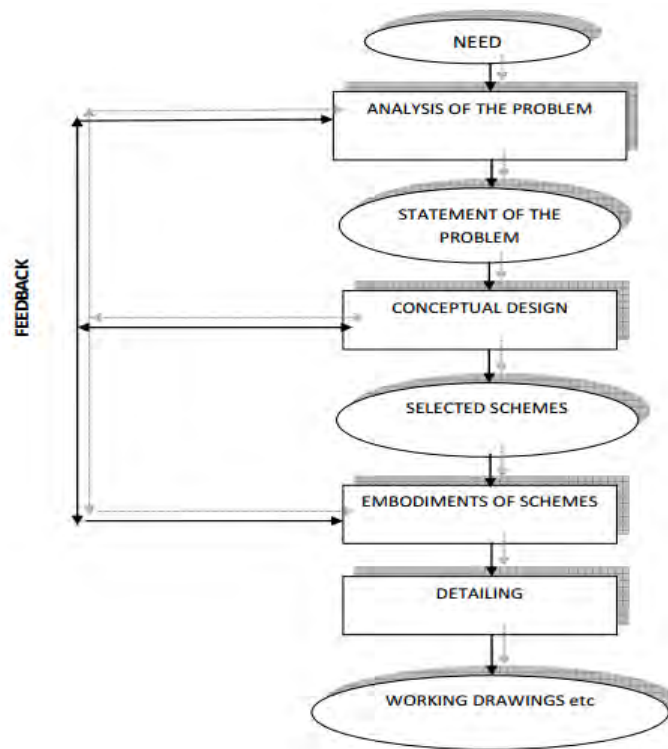


Figura 11. Modelo de diseño del producto por French

2.2.2. Aseguramiento de la calidad del diseño

La alta calidad a bajo costo proclama la revolución del diseño de producto producida por el innovador estadístico japonés Genichi Taguchi (1986). Los métodos de Taguchi logran en la industria: una reconceptualización fundamental de lo que se necesita hacer para resolver un problema y de cómo hacerlo.

Los métodos de Taguchi redujeron drásticamente los costos y aumentaron la satisfacción del consumidor, por lo que fueron adoptados con entusiasmo por la industria japonesa durante los años cincuenta. Ahora están bien establecidos en todo el mundo (Ealey, 1988).

Genichi Taguchi indica que para mejorar la calidad, hay que buscar en la fase de diseño porque es donde comienza la calidad. La calidad debe estar diseñada, no se puede inspeccionar más tarde. Taguchi orientado a la "ingeniería de calidad" es un enfoque que implica combinar ingenieros y métodos estadísticos para reducir costos y mejorar la calidad optimizando el diseño de productos y procesos de fabricación. Los métodos de Taguchi ayudan a los diseñadores de productos a estimar el verdadero costo de la calidad y luego efectivamente mejorar la calidad. Desarrolló su concepto de función de pérdida que combina costo, objetivo y variación en una métrica. Según Taguchi la calidad en términos de la pérdida social, la pérdida para los productores y los consumidores desde el momento en que se concibe un producto. Cuanto menor sea el valor de esta pérdida social, más deseable es el producto.

La pérdida puede ocurrir por:

- Por los clientes (por ejemplo, la corta vida del producto, mayor mantenimiento y costos de reparación).
- Por la compañía (por ejemplo, aumento de chatarra, reelaboración y coste de la garantía, la pérdida de la reputación).
- Por la sociedad en general (por ejemplo, contaminación / la seguridad).

Convencionalmente, las actividades de control de calidad se centran en el muestreo, gráficos de control y control de procesos. Esto se conoce como "control de calidad en línea" Taguchi orientó el proceso hacia arriba para enfocarse en el diseño de productos y procesos, esto se conoce como "Control de calidad fuera de línea". (Ealey, 1988)

Los 7 puntos de Taguchi son los siguientes:

1. La calidad del producto se mide por la pérdida total para la sociedad creada por el producto.
2. La mejora continua de la calidad y reducción de costos necesarios para sobrevivir

- en la competencia mundial.
3. La mejora de la calidad requiere una reducción continua y repetida de la variación.
 4. La pérdida de calidad es frecuentemente proporcional al cuadrado de la desviación del rendimiento del valor nominal.
 5. El diseño del producto y del proceso puede tener un impacto importante en la calidad del producto y el costo.
 6. La variación del rendimiento puede reducirse mediante un ajuste adecuado de los productos, parámetros y / o los parámetros del proceso.
 7. Los ajustes de parámetros apropiados que reducen la variación se pueden identificar con los experimentos estadísticos apropiados. (Ealey, 1988)

Según Shigeo Shingo (1986) los métodos estadísticos detectan errores demasiado tarde en el proceso de fabricación, lo que se necesita es identificar los errores a medida que ocurren y corregir con ellos de inmediato. Shingo propuso su propia versión de “cero defectos” ó “*Poka-Yoke*” en japonés. La idea es manejar los errores a medida que ocurren y hace hincapié en las cuestiones lógicas secundarias con una retroalimentación y sistema de control. (Charantimath, 2003)

2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso

2.3.1. Mapeo de los procesos

Mapeo de procesos es la técnica de usar diagramas de flujo para ilustrar el flujo de un proceso, procediendo desde la perspectiva más macro hasta el nivel de detalle requerido para identificar oportunidades de mejora. El mapeo de procesos se enfoca en el trabajo en lugar de en títulos de trabajo o jerarquía. (Bailey, s.f.)

2.3.2. Diagrama de actividades de los procesos operativos (DAP)

El DAP describe cómo se coordinan las actividades para proporcionar un servicio, los acontecimientos necesarios para lograr alguna operación, cómo se relacionan los

acontecimientos en un solo caso de uso, cómo coordina una colección de casos de uso para crear un flujo de una organización (véase la Figura 12).

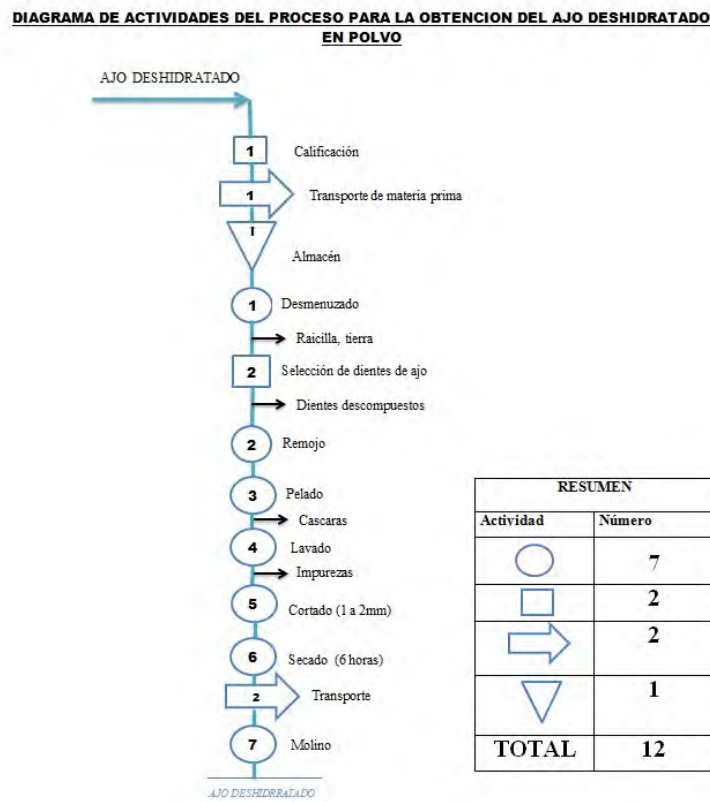


Figura 12. Ejemplo de un DAP

2.3.3. Herramientas para mejorar los procesos

De acuerdo a Breyfogle (2014) las cinco herramientas siguientes deben incluirse en estos planes de ejecución de mejora de procesos:

1. Proceso de bases de proceso y comparaciones de procesos:

En general, pueden estar involucrados cuatro procesos cuando se basan y determinan cómo se está llevando a cabo un proceso en relación con otros procesos similares:

- Línea de base de construcción: Cree una línea de base de negocio u organizativa clara. Este esfuerzo implicaría la definición de la línea de base sobre todos los aspectos del negocio. Al describir claramente lo que está ocurriendo actualmente en una organización, se puede entender mejor dónde deben enfocarse los esfuerzos de

mejora. Una metodología de informes de rendimiento proporciona un excelente enfoque para crear una línea de base de proceso que es predictiva.

- Clasificación de la línea de base: Determinar todas las organizaciones que pueden ser comparadas por su desempeño. Diferentes factores pueden entrar en esta decisión; por ejemplo, sería beneficioso comparar el rendimiento con una organización líder dentro de la misma industria o con una cultura similar.
- Hacer comparaciones: Observar cómo se comparan las líneas de base de la organización. Las comparaciones deben hacerse estadísticamente; por ejemplo, una hipótesis de igualdad de medios para una respuesta proceso-salida.
- Determinar las diferencias de base: Identificar las razones de las diferencias en el desempeño. Este entendimiento puede ayudar a una organización a hacer ajustes en su proceso para que el rendimiento mejore.

2. Diagrama de flujo:

El diagrama de flujo (véase la Figura 13) es una de las mejores herramientas para documentar y comprender varios procesos en una organización. Esta herramienta permite un desglose detallado de procesos a actividades y eventos, así como describir relaciones lógicas.

Mediante el uso de diagramas de flujo, una organización puede comprender mejor los esfuerzos de trabajo involucrados en todos sus compromisos. Por ejemplo, el proceso de obtener órdenes y codificarlas en el sistema informático puede representarse más claramente usando un diagrama de flujo que consiste en símbolos que representan cada evento o paso en el proceso. Estos pueden ser círculos, cajas u otras formas de formas que están conectadas con líneas para dirigir el orden o la dirección del proceso. Un buen diagrama de flujo puede ayudar a comunicar y aclarar lo que está ocurriendo o lo que debe ocurrir en una organización.

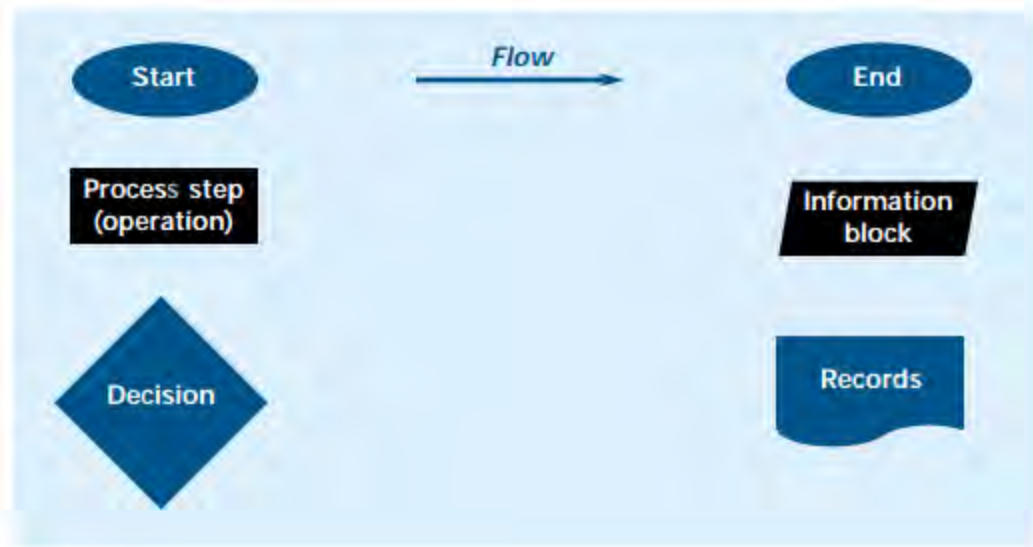


Figura 13. Símbolos de un diagrama de flujo

3. Asignación de valores de flujo:

El mapeo de flujo de valor proporciona una imagen del flujo de trabajo y del flujo de información en un proceso de extremo a extremo. Se puede evaluar un estado actual y proponer un estado futuro que reduzca el desperdicio organizacional; es decir, transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción, sobreprocesamiento y defectos. Se puede obtener mucho al examinar un mapa de valores; por ejemplo, donde los esfuerzos de mejora o los eventos *kaizen* deben centrarse para mejorar las métricas de rendimiento actuales del mapa de valores de referencia de 30,000 m de altura, como el tiempo de entrega.

4. Análisis de causa y efecto:

Los problemas a menudo pueden resolverse explorando primero todas las posibles causas. Un enfoque de análisis de causa y efecto proporciona una estructura para esta evaluación, que involucra la consideración de seis áreas o causas que pueden contribuir a una respuesta o efecto característico: materiales, máquina, método, personal, medición y medio ambiente.

Con este enfoque para evaluar un problema, una solución podría llegar a ser inmediatamente aparente. En otros casos, la causa potencial puede no ser tan obvia; sin

embargo, los análisis estadísticos de los datos históricos pueden usarse para probar varias teorías. Esta información se puede utilizar para proporcionar información sobre lo que se podría hacer para mejorar un rendimiento de referencia de salida de proceso de 30,000 m de nivel.

5. Pruebas de hipótesis:

La prueba de hipótesis consiste en una hipótesis nula y una hipótesis alternativa en la que, por ejemplo, una hipótesis nula indica la igualdad entre dos salidas del proceso y una hipótesis alternativa indica la no igualdad. A través de una prueba de hipótesis, se toma una decisión sobre si rechazar una hipótesis nula o no rechazar una hipótesis nula, con el riesgo de tomar una decisión errónea. Las pruebas de hipótesis pueden tomar muchos formatos. Es importante seleccionar la prueba de hipótesis más adecuada para cada situación. (Breyfogle, 2014)

Para el Department of trade and industry (s.f.) las herramientas para mejorar los procesos son:

Drive: es un enfoque para la resolución de problemas y el análisis que se puede utilizar como parte de la mejora de procesos. Consiste en los factores siguientes:

- Definir el alcance del problema los criterios por los cuales se medirá el éxito y acordar los resultados y los factores de éxito.
- Revisar la situación actual, comprender los antecedentes, identificar y recopilar información, incluyendo desempeño, identificar áreas problemáticas, mejoras y "ganancias rápidas".
- Identificar mejoras o soluciones al problema, cambios necesarios para habilitar y sostener las mejoras.
- Verifique que las mejoras proporcionen beneficios que cumplan con los requisitos definidos.

- Identificar los criterios de éxito, priorizar y pilotear las mejoras.
- Ejecutar planificar la implementación de las soluciones y mejoras, acordar e implementar.
- Planificar una revisión, reunir comentarios y revisar. (Department of trade and industry, s.f.)

2.3.4. Mapeo de procesos

Uno de los pasos iniciales para comprender o mejorar un proceso es el mapeo de procesos, recopilando información podemos construir un modelo "dinámico", un cuadro de las actividades que tienen lugar en un proceso. Los mapas de procesos son útiles herramientas de comunicación que ayudan a los equipos de mejora a entender el proceso ya identificar las oportunidades para mejorar (véase la Figura 14).

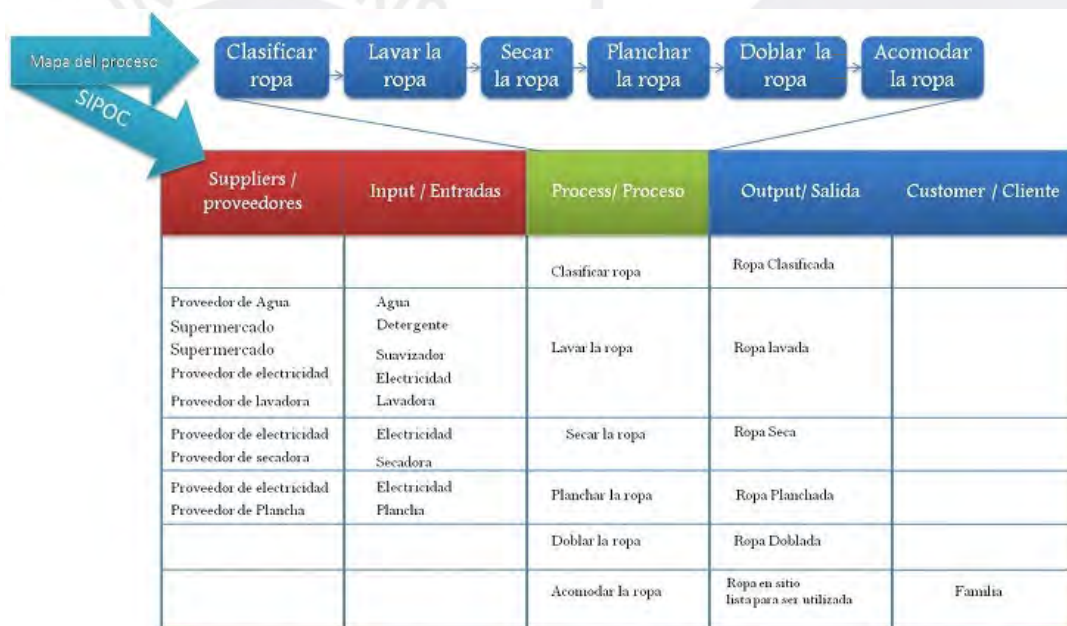


Figura 14. Mapeo de procesos

Insumos, productos, controles y recursos: es una metodología de análisis de procesos internacionalmente aceptada para el mapeo de procesos. Permite que los procesos se descompongan en simples, manejables y más fácilmente unidades comprensibles. Los mapas

definen las entradas, salidas, controles y recursos tanto para el nivel alto de proceso y los subprocesos. (Department of Trade and Industry, s.f.)

El mapeo de procesos proporciona un marco común, disciplina y lenguaje, permitiendo un esquema ordenado. Las interacciones complejas pueden representarse de una manera lógica, altamente visible y objetiva. Se define donde existen problemas o "puntos de presión" y proporciona a los equipos de mejora una toma de decisiones común del marco de referencia.

Para construir un mapa de proceso se recomienda:

- Lluvia de ideas sobre todas las actividades que ocurren rutinariamente dentro del alcance del proceso.
- Agrupar las actividades en cuatro a subprocesos subprocesos claves.
- Identificar la secuencia de eventos y enlaces entre los subprocesos.
- Definir como mapa de procesos de alto nivel y mapas de subprocesos usando: (a) insumos, (b) productos, (c) controles y (d) recursos.
- Los mapas de procesos proporcionan una vista dinámica de cómo una organización puede ofrecer un valor empresarial mejorado.
- "¿Qué pasa si" los escenarios pueden ser rápidamente desarrollados comparando mapas del proceso tal cual con el proceso

2.3.5. El Análisis de campos de fuerza

Es una técnica para identificar fuerzas que pueden ayudar u obstaculizar el logro de un cambio o mejora (véase la Figura 15). Mediante la evaluación de las fuerzas que impiden hacer el cambio, se pueden desarrollar planes para superar a ellos. También es importante identificar las fuerzas que ayudarán al cambio. Una vez que estas fuerzas han sido identificadas y analizadas, es posible determinar si un cambio propuesto es viable.

(Department of Trade and Industry , s.f)



Figura 15. Análisis de campos de fuerza

2.3.6. Diagrama de Ishikawa diagrama de causa y efecto

Una forma útil de asignar las entradas que afectan la calidad es el Diagrama de Causa y Efecto (véase la Figura 16), también conocido como la Espina de Pescado o Diagrama de Ishikawa. Es una técnica útil para abrir el pensamiento en la resolución de problemas.

El efecto o problema que es investigado se muestra en el extremo de una flecha horizontal; Las causas potenciales son entonces mostrados como flechas etiquetadas, entrando en la flecha de causa principal. Cada flecha puede tener las flechas que entran como causas o factores principales reducido a sus sub-causas; la lluvia de ideas puede ser efectivamente utilizado para generar las causas y sub-causas. Con el diagrama de causa y efecto, con la adición de tarjetas, el lado del efecto del diagrama es una descripción cuantificada del problema, y el lado de la causa del diagrama usa dos tarjetas de colores diferentes para escribir los hechos y las ideas.

Los hechos se recogen y escriben a la izquierda de las espinas, y las ideas para mejorar a la derecha de las espinas de la causa. Las ideas son evaluadas y seleccionadas por sustancia y practicidad. (Department of Trade and Industry , s.f)

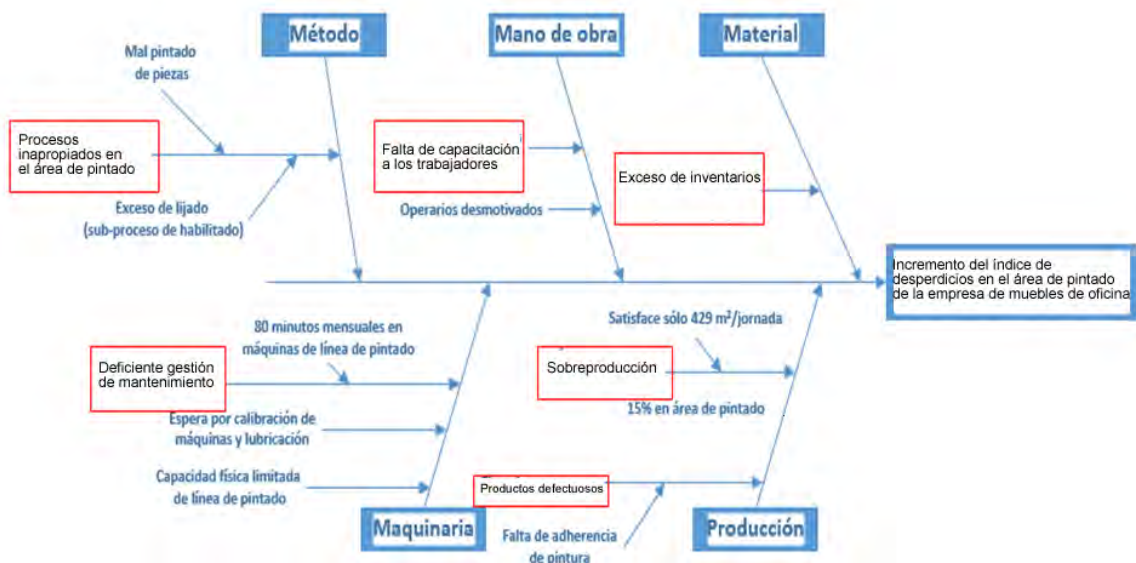


Figura 16. Diagrama de Ishikawa

2.3.7. La tormenta de ideas

Se puede utilizar junto con la herramienta causa y efecto. Es una técnica de grupo utilizada para generar un gran número de ideas rápidamente y pueden utilizarse en una variedad de situaciones. Cada miembro del grupo, a su vez, puede presentar una idea sobre el problema que se está considerando. Todas las ideas son bienvenidas y ninguna crítica o evaluación ocurre durante la tormenta de ideas, todas las ideas que se registran para el análisis posterior. (Department of Trade and Industry, s.f)

El proceso continúa hasta que no se presenten más ideas y aumenta la oportunidad de originalidad e innovación. Se puede utilizar para:

- Identificar áreas problemáticas.
- Identificar áreas de mejora.
- Diseñar soluciones a problemas.
- Desarrollar planes de acción.

2.3.8. Análisis de Pareto

El análisis de Pareto se puede utilizar para analizar las ideas de la sesión de tormenta de ideas. Se utiliza para identificar los pocos problemas o causas de los problemas que tienen mayor impacto. Un diagrama de Pareto representa gráficamente los datos en forma de un gráfico de barras clasificado que muestra la frecuencia de ocurrencia de los artículos en orden descendente. Por lo general, los diagramas de Pareto revelan que el 80% del efecto es atribuido al 20% de las causas; por lo tanto, es algunas veces conocida como la regla 80/20.

2.3.9. Gráfico de control

Se utiliza para monitorear procesos que están en control, medias y rangos. Representa datos, por ejemplo, ventas, volumen, quejas de los clientes, en orden cronológico, mostrando cómo los valores cambian con el tiempo. En un gráfico de control de cada punto se le da significado individual y se une a sus puntos. Por encima y por debajo de la media, superior y inferior de advertencia y líneas de acción. Estos actúan como señales o reglas de decisión y dan información sobre el proceso y su estado de control. Son útiles como un registro histórico del proceso y como una ayuda para detectar y realizar la predicción del cambio (véase la Figura 17).

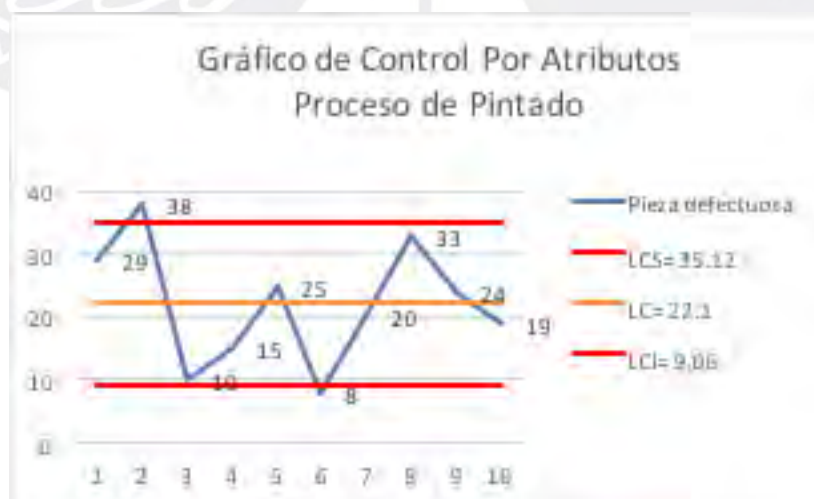


Figura 17. Gráfico de control por atributos

2.3.10. Diagrama de barras

Los gráficos de barras son diagramas visuales de datos (véase la Figura 18), la altura de las barras se utiliza para mostrar el tamaño relativo de la cantidad medida. Las barras se pueden separar para que los datos no están directamente relacionados o continuo. Se pueden utilizar para dar un impacto visual a los datos, comparar diferentes tipos de datos y comparar los datos recogidos en diferentes momentos. (Department of Trade and Industry, s.f)

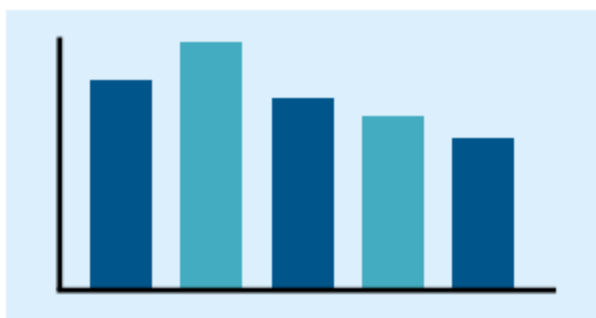


Figura 18. Diagrama de barras

2.3.11. Un Diagrama de dispersión de puntos

Es una representación gráfica de cómo una variable cambia con respecto a otra. Las variables se trazan en ejes perpendiculares entre sí y la dispersión en los puntos da una medida de confianza en cualquier correlación mostrada. (Department of Trade and Industry, s.f)

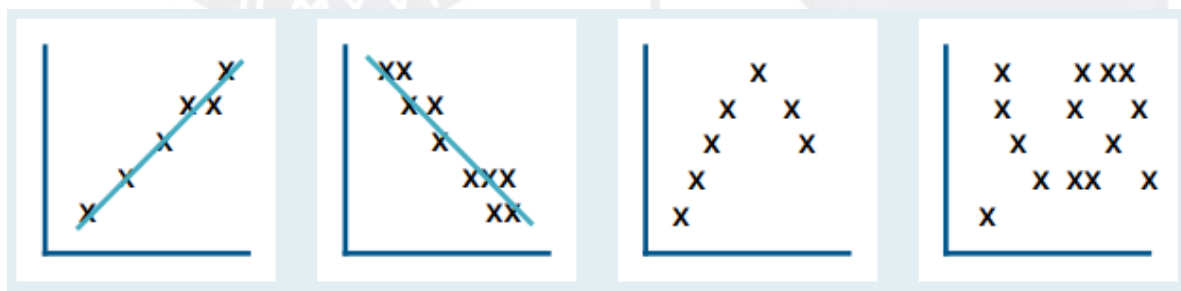


Figura 19. Diagrama de dispersión de puntos

Muestran si dos variables están relacionadas, o prueban que no lo son, el tipo de relación, si la hay, entre las variables y cómo se puede controlar una variable, controlando

adecuadamente a la otra. Ellos también hacer predicciones de valores situados fuera del rango medido (véase la Figura 19).

2.3.12. El análisis de matriz

En su forma más simple, es una forma de presentación de datos en una cuadrícula rectangular, como se muestra a lo largo de la parte superior y lateral. Los símbolos colocados en las intersecciones de la cuadrícula permiten mostrar las relaciones entre los dos conjuntos de datos. Se resumen todos los datos conocidos en una tabla y destaca brechas en el conocimiento y las relaciones entre los elementos. Es una valiosa herramienta de enfoque de atención para los equipos, y simplifica la tarea de prioridad del conjunto de elementos (véase la Figura 20).



	A	B	C	D
1	✓	✓		✓
2			✓	
3	✓	✓	✓	✓
4		✓		

Figura 20. Análisis de la matriz

2.3.13. El diagrama de puntos o gráfico de resultados

Es una distribución de frecuencias. Muestra la frecuencia con la que se ha producido un valor determinado. La forma de la trama puede revelar mucho sobre un proceso, dando una imagen de la variación, destacando valores inusuales e indicando la probabilidad de que ocurran valores particulares (véase la Figura 21).

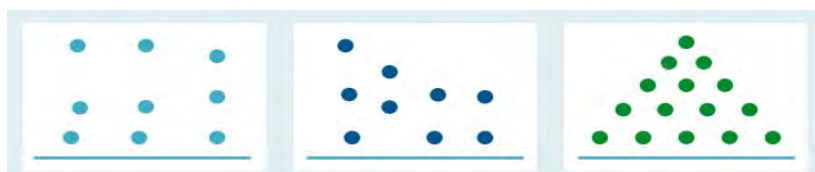


Figura 21. Diagrama de puntos o gráficos de resultados

2.3.14. Histograma

Es un cuadro de variación o distribución, donde los datos han sido agrupados en celdas y su frecuencia representada en barras como se muestra en la Figura 22. Es conveniente para grandes cantidades de datos, particularmente cuando el rango es amplio. Proporciona una imagen del grado de variación y destaca las áreas inusuales e indica la probabilidad de determinados valores. (Department of Trade and Industry , s.f)

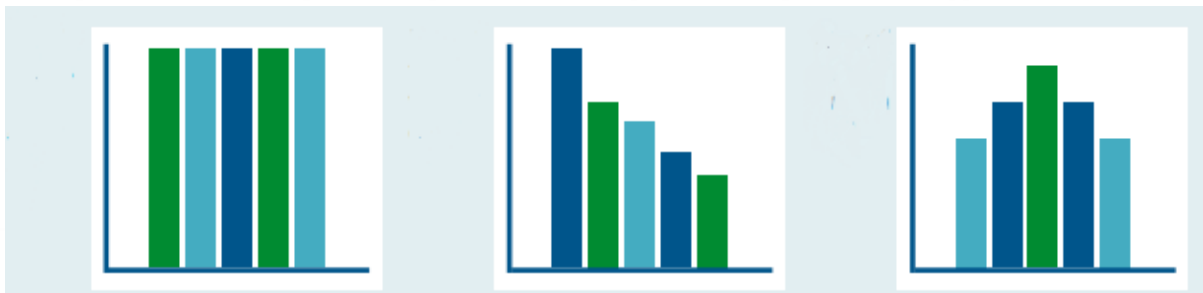


Figura 22. Histograma

2.4. Planeamiento y Diseño de Planta

2.4.1. Distribución de planta

La distribución de planta es adecuada cuando se minimiza el riesgo de la salud y brinda una mayor seguridad a su recurso humano, ayudan a reducir el proceso de fabricación, aumentan la cantidad de producción y los índices de productividad, reducen los tiempos de retrasos, usan el espacio en forma eficiente, un adecuado uso de las máquinas, mano de obra y servicios, disminuir el manejo de materiales, brindar flexibilidad para los cambios de las condiciones. (D' Alessio, 2012)

Los resultados que se esperan en una distribución de planta son:

- El número de líneas de producción que se requieren para satisfacer la demanda.
- El número de personas requeridas.
- El espacio (área) que se requiere para instalar la planta.
- La organización de la planta basada en una lógica de producción.
- Costo planeado de implementación (presupuesto).

2.4.2. Clasificación de las distribuciones de plantas

Por movimiento de la labor:

- **Producto:** Cuando hay distintos de máquinas para la fabricación de un producto o de un grupo de productos afines.
- **Proceso:** Los diversos productos se mueven a través de las máquinas, que realizan un misma clase de operación.
- **Posición fija:** En la fabricación de productos únicos, los medios de fabricación o manufactura se movilizan alrededor del producto, estos productos tienen menores volumen de fabricación. (D' Alessio, 2012)

De acuerdo a la función:

- **Almacenamiento:** Distribución en relación a los almacenes de la empresa.
- **Marketing:** Los elementos de la planta se distribuyen de acuerdo a la venta o publicidad de los productos.
- **Proyectos:** La distribución se hace en base a los diversos proyectos que tiene la empresa.
- **De acuerdo al movimiento de materiales:** Con el proceso productivo, estos son en forma de línea, en aspecto de U, en aspecto de L, en aspecto de O. (D' Alessio, 2012)

2.4.3. Análisis de la distribución de planta

Para planear la asignación de una fábrica se tiene en cuenta:

- **La planeación estratégica de marketing:** Para determinar la proyección de las ventas y estimar el tamaño de la fábrica, para definir las maquinarias, equipos y trabajadores necesarios.
- **Determinar los procesos implicados o comprometidos,** los cuales se describirán en forma específica y pormenorizada.

En la especificación detallada de los procesos, los elementos que se deben considerar son el tamaño de la materia prima y productos que va a manipularse, las especificaciones del espacio.

La planeación de la distribución de la fábrica se clasifica en:

- Localización: Identificar el espacio donde se realizará la asignación.
- Asignación general del conjunto: Cómo se relacionarán las áreas y las actividades.
- Planificación de la distribución: Lugar en que estará ubicada cada unidad determinada de máquinas, equipos ó factores de servicios.
- Control de los tiempos y movimientos que habrá en la fábrica. (D' Alessio, 2012)

2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo

2.5.1. Planeamiento del trabajo

Según la United Nations (s.f.) Los elementos de un plan de trabajo son

Elemento 1: Objetivos del plan de trabajo

Cuando los objetivos de la organización están claramente definidos en un plan estratégico existente, los objetivos pertinentes para el año dado directamente del plan estratégico al plan de trabajo. En otros casos, los objetivos de la organización deben derivarse de un plan de trabajo relevante de nivel superior, tal como el de la división o programa más grande, o región, o equipo de proyecto. En algunos casos, el equipo directivo o un grupo de trabajo identificará un conjunto de objetivos que capturan el enfoque para el próximo año. Cualquiera que sea la fuente, es necesario traducir los objetivos, conceptos y acciones relevantes para su grupo o unidad objetivo.

En las United Nations se utiliza la metodología SMART para escribir declaraciones objetivas. SMART significa:

- Específico: Apuntar a un área específica o si cambia.
- Medible: Cuantificar o al menos sugerir un indicador de cambio o progreso.

- Alcanzable: Especificar los objetivos que se pueden alcanzar.
- Realista: Indicar qué resultados se pueden alcanzar de manera realista, dados los recursos disponibles.
- Relacionado con el tiempo: Especificar cuándo se espera alcanzar el resultado esperado.

Elemento 2: Servicios básicos

Los objetivos del plan de trabajo aclaran las próximas áreas de enfoque y logro.

Ciclo de trabajo determinado. La forma en que se alcanzarán estos objetivos se realizará a través de los servicios principales.

El plan de trabajo debe entonces esbozar claramente los servicios básicos ofrecidos a los clientes por una oficina, especificando, exactamente lo que se entregará dentro de los servicios básicos para el próximo año o ciclo presupuestario bienal. Para cada servicio se articula el enfoque específico para el área de servicio.

Elemento 3: Iniciativas estratégicas e internas

También puede ser necesario identificar iniciativas estratégicas que representen esfuerzos especiales de mejora. Las iniciativas pueden venir directamente de un plan estratégico de nivel superior que contiene iniciativas propias o bajo la responsabilidad del departamento u oficina que involucren a cada división, sección, unidad y en algún aspecto dentro del próximo año o ciclo presupuestario anual.

También puede considerar emprender iniciativas limitadas a su área de gestión diseñadas para mejorar los procesos operativos internos, las capacidades del personal, la gestión de la administración.

Elemento 4: Identificación de los riesgos del plan de trabajo

La gestión de riesgos es la identificación y mitigación de riesgos que obstaculizarían la ejecución y / o resultados esperados de un plan de trabajo.

Los riesgos del plan de trabajo se clasifican de dos maneras:

1. Riesgos posibles / conocidos del entorno operativo externo
2. Riesgos posibles / conocidos en el entorno interno

Element 5: gestionar por el plan de trabajo

El paso más importante en la planificación del trabajo es asegurar que se utilice como una herramienta de gestión. Un buen plan de trabajo es un proceso de revisión operacional eficaz impulsará el enfoque organizacional, garantizará la responsabilidad y permitirá producir los resultados deseados. Las reuniones operativas representan las actividades más prácticas efectivas en la que los directivos y los miembros del equipo revisan y discuten rutinariamente los proyectos y / o procesos centrales. Idealmente, las medidas de rendimiento deben apoyarse con datos y tendencias.

2.5.2. Diseño del trabajo

Para D' Alessio (2012), las etapas de la planeación y diseño del trabajo está constituido por etapas:

Diseño y satisfacción de las tareas: Es el compendio de tareas o acciones que se designan y fijan a los trabajadores para que las puedan ejecutar, se consideran los resultados esperados, el contenido del trabajo y las responsabilidades del personal (véase la Figura 23).

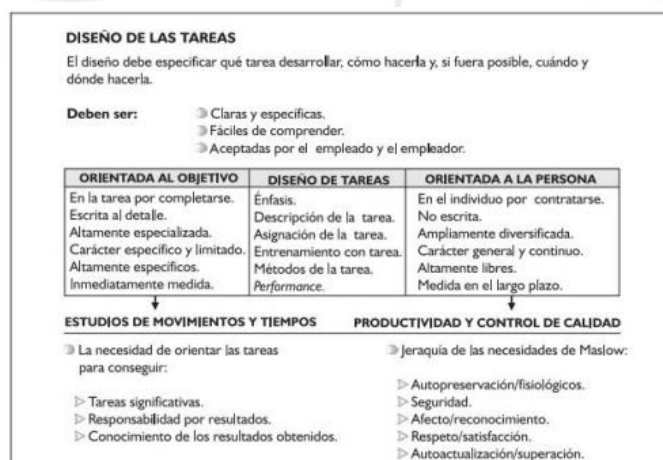


Figura 23. Diseño de las tareas
Fuente: D' Alessio (2004)

Métodos del trabajo y economía de movimientos: Se orienta a diseñar la forma o el modo que se va a realizar la tarea de manera eficiente y económica, se considera las necesidades sociales y psicológicas del personal, para analizar el trabajo se consideran los procedimientos: Gráfica de actividades (diagrama hombre máquina) representa la relación entre el trabajo manual realizado por uno o más operadores y una o más máquinas implicadas en un proceso de fabricación.

Dadas las diferentes etapas de trabajo requeridas en un proceso de producción para cargar, operar y descargar máquinas en conjunción con los tiempos de proceso de las máquinas mismas, se utiliza la tabla hombre-máquina para determinar el nivel de producción más alto que se puede lograr dados los recursos disponibles. Este proceso implica normalmente realizar tanto trabajo manual como sea posible interno a los ciclos de máquina, es decir, cuando la máquina está funcionando de manera que cuando el ciclo de máquina esté completo, el ciclo de producción de máquinas generadoras pueda ser reiniciado de nuevo con el menor tiempo de inactividad posible.

2.5.3. Gráfica de operaciones

Define los movimientos de las manos de un trabajador durante cada paso, para partir de éstos, desarrollar un método mejorado sobre la base de la contrastación con tabla de operaciones que resume los aspectos de la tarea, como el uso del cuerpo humano, acomodamiento del lugar de trabajo y diseño de las herramientas y del equipo.

2.5.4. Gráfica SMO

Señala los movimientos realizados con la mano derecha e izquierda, pero incorpora el tiempo para cada movimiento y utiliza los símbolos estándares. Su implantación hace posible combinar, eliminar o cambiar los movimientos básicos para desarrollar uno mejorado en busca de un uso óptimo del esfuerzo humano.

2.5.5. Medición del trabajo

Una vez establecida la forma de ejecutar la tarea se procede a la medición de los propósitos que se persiguen con esta, las cuales son múltiples:

- Evaluación del comportamiento del trabajador.
- Planeación de las necesidades de la fuerza de trabajo.
- Planeación de la capacidad.
- Fijación de precios.
- Control de costos.
- Programación de operaciones.
- Establecimiento de incentivos salariales.

2.6. Planeamiento Agregado

La planificación agregada es una actividad operacional que realiza un plan agregado para el proceso de producción, antes de los seis a 18 meses, para dar una idea a la dirección de qué cantidad de materiales y otros recursos deben ser adquiridos y cuándo, de manera que el total costo de las operaciones de la organización se mantiene al mínimo durante ese período.

Se deciden la cantidad de subcontratación, la subcontratación de artículos, las horas extraordinarias de mano de obra, los números a ser contratados y despedidos en cada período y la cantidad de inventario que debe mantenerse en stock y retrasar para cada período.

Todas estas actividades se realizan en el marco de la ética de la empresa, las políticas y el compromiso a largo plazo con la sociedad, la comunidad y el país de operación.

El planeamiento agregado de la producción, tiene como principal objetivo, determinar niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de un horizonte de tiempo, o calidad fluctúa entre seis a 18 meses (Gaither y Frazier, 2001), de modo a cumplir como previsiones de demanda, manteniendo un mínimo de stock y atención al cliente.

2.6.1. Estrategias utilizadas en el planeamiento agregado

1. Actuar sobre la oferta de recursos

Admisión / despido: Es admitir o despedir a los empleados de acuerdo con las necesidades de mano de obra. Cuando la variación de la demanda es muy fuerte, como en el ejemplo anterior, los costos son muy altos, tanto en el momento del ingreso (contratación, formación) y el despido (cargas sociales, reubicación, etc.).

Las horas extraordinarias: Se trata de trabajar horas extras para compensar los necesidades derivados de una mayor demanda. En este caso, los costos son mucho más altos que en las horas de trabajo normales.

Subcontratistas: Consiste en subcontratar a terceros para la fabricación de las unidades que ya no se producen, y pueden causar costos más altos o más bajos.

Inventarios: Consiste en hacer inventarios absorben las variaciones de la demanda. Esta es la práctica más utilizada, aunque también conducen a altos costos de inventario y otros problemas derivados de su existencia.

2. Actuación de la demanda

Precio de venta: Es aumentar el precio de venta a la disminución de la demanda (cuando los recursos productivos son insuficientes para cumplir con ella), y disminuir el precio de venta (cuando los recursos productivos son restos), generando de este modo aumenta la demanda.

Promoción: Se produce cuando hay un exceso de recursos productivos.

Retraso en la entrega es retrasar la entrega de aplicaciones, incluso cuando hay recursos para atender a ellos, sin olvidar que existe el riesgo de desagradar al cliente, donde la empresa corre el riesgo de perderlo.

3. Actuar tanto en la demanda como en la oferta de recursos productivos

Esta es una estrategia mixta, que busca la combinación de los dos casos anteriores, el objetivo al menor costo posible, mientras que los clientes de reunión.

Las empresas que utilizan la planificación agregada debe tener cuidado de no dejar de satisfacer la demanda. Por lo tanto, las estrategias que se presentan pueden ayudar a tomar la decisión que mejor se aplica a su negocio, con la satisfacción del cliente y el costo más bajo posible. (Martins y Laugeni, 2005)

2.6.2. Análisis del planeamiento agregado

Según D' Alessio (2012) determinar la política de la empresa con relación a las variables controlables: usar un buen pronóstico como base para el planeamiento, planear las unidades apropiadas según la capacidad, mantener la fuerza laboral tan estable como sea práctico, mantener el control requerido sobre los inventarios, mantener flexibilidad necesaria para los cambios, responder a la demanda de una manera controlada y evaluar el plan de manera regular (véase la Figura 24).

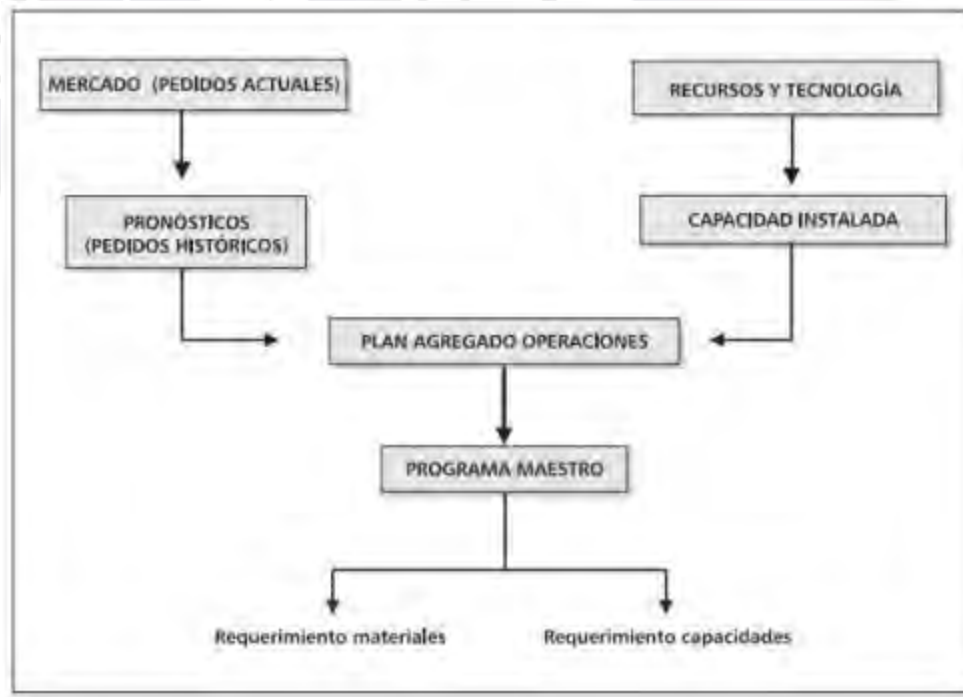


Figura 24. Flujograma del plan agregado

2.6.3. Pronósticos y modelación de la demanda

La predicción de la demanda es la ciencia de predecir la demanda de los clientes para impulsar la ejecución holística de dicha demanda por la cadena de suministro corporativa y la gestión empresarial. La predicción de la demanda implica técnicas que incluyen tanto métodos informales, como conjeturas educadas, y métodos cuantitativos, como el uso de datos históricos de ventas y técnicas estadísticas o datos actuales de los mercados de prueba. La previsión de la demanda puede utilizarse en la planificación de la producción, la gestión del inventario y, a veces, en la evaluación de los requisitos de capacidad futuros, o en la toma de decisiones sobre la entrada en un nuevo mercado

La predicción de la demanda está pronosticando la demanda futura del producto. En otras palabras, se refiere a la predicción de la demanda probable de un producto o un servicio sobre la base de los acontecimientos pasados y las tendencias predominantes en el presente. (Murray, 2008)

2.7. Programación de Operaciones Productivas

Se considera la programación de operaciones productivas como la etapa de puesta en marcha de la planificación y convierte las decisiones de instalaciones, capacidades, recursos humanos, planeamiento agregado y programa maestro en secuencias de tareas y asignaciones de personal, materiales, maquinarias y recursos económicos en periodos de tiempo definidos. Esta programación permite organizar, controlar y optimizar el trabajo y las cargas de trabajo en un proceso de producción o de fabricación. La programación se usa para asignar recursos de planta y maquinaria, planear recursos humanos, planificar procesos de producción y compra de materiales.

Es una herramienta importante para la fabricación y la ingeniería, donde puede tener un impacto importante en la productividad de un proceso. En la fabricación, el propósito de la programación es minimizar el tiempo de producción y los costos, informando a una

instalación de producción cuándo hacer, con qué personal y en qué equipo. La programación de la producción tiene como objetivo maximizar la eficiencia de la operación y reducir los costos. (Herrmann, 2006)

En la etapa de programación y diseño de construcción de instalaciones de plantas es estratégico tener presente el planeamiento agregado que permitirá cuantificar los recursos necesarios durante la construcción y programación durante la etapa de producción operativa continua que permitirá alcanzar los niveles productivos objetivos para el retorno de inversión y generación de margen económico por unidad de producción.

El diseño de un sistema de programación requiere de:

- Asignación de pedidos, medios de producción y personal a los puestos de trabajo.
- Determinar la secuencia idónea para el cumplimiento del pedido de obras, establecer régimen de prioridades.
- Iniciar la realización del trabajo programado.
- Monitorear el estado de los pedidos y ejecución de obras a medida que se cumplan.
- Facilitar los envíos de pedidos retrasados.
- Revisar el programa en base a los cambios presentados durante su ejecución.

2.8. Gestión de Costos

La gestión de costes es un método para reducir los gastos de producción con el fin de ofrecer productos o servicios menos costos a los consumidores. En otras palabras, es la gestión de procesos utiliza para analizar su producción y agilizar sus operaciones para mantener los costos bajos y administrar los gastos en el futuro.

La administración de costos es el enfoque principal de la contabilidad gerencial que ayuda a una empresa a pronosticar los gastos futuros en un esfuerzo por alcanzar sus metas presupuestarias. Este proceso suele dividirse en tres fases principales: planificación, implementación y análisis final.

En la fase de planificación, los costos esperados son proyectados y aprobados por una alta gerencia. Una vez que el plan ha sido debidamente aprobado, la fase de implementación monitorea y registra el costo asegurándose de que se mantengan en línea con el presupuesto. Una vez finalizado el proyecto, se comparan los costos reales y presupuestados luego se investigan las variaciones en el análisis final. Si la empresa no cumplía con los números presupuestados, la administración podría considerar cambiar los materiales de producción, cambiar los procesos de la planta o el diseño del producto en un esfuerzo por reducir los costos. (Blocher, Stout, & Cokins, 2009)

2.9. Gestión Logística

Es la gestión total del movimiento de materiales que ingresan al proceso productivo y los productos terminados que salen del mencionado proceso, flujo de material y de información entre las instalaciones y procesos.

La programación de operaciones productivas debe tener un soporte adecuado y uno de logística que permita cumplir con los objetivos y periodos de tiempos de la programación. No existe programación que pueda ejecutarse si no están adecuadamente apoyada por los recursos que los procesos productivos requieren en cantidad, calidad, costo y tiempo oportuno. (Lamb, Hair, & McDaniel, 2002)

Ferrel et al. (2004) afirma que la logística es "una función operativa importante que comprende todas las actividades necesarias para la obtención y administración de materias primas y componentes, así como el manejo de los productos terminados, su empaque y su distribución a los clientes". (Ferrel, et al, 2004, p. 282)

Lamb et al. (2002) aseguran que la logística es "el proceso de administrar estratégicamente el flujo y almacenamiento eficiente de las materias primas, de las existencias en proceso y de los bienes terminados del punto de origen al de consumo" (Lamb, Hair, & McDaniel, 2002).

Para Enrique B. Franklin, la logística es "el movimiento de los bienes correctos en la cantidad adecuada hacia el lugar correcto en el momento apropiado" (Franklin, 2004).

2.10. Gestión y Control de la Calidad

El control de calidad es un conjunto de métodos utilizados por las organizaciones para lograr parámetros de calidad u objetivos de calidad y mejorar continuamente la capacidad de la organización para asegurar que un producto cumpla con los objetivos de calidad.

(Ishikawa, 1985)

Esta función se realiza documentando los parámetros de producción. Esto incluye los siguientes controles en proceso:

- Valores medidos obtenidos a partir del equipo de proceso, ejemplo: temperaturas.
- Valores medidos obtenidos por personas, ejemplo: tiempos.
- Atributos del producto, ejemplos: peso, dureza, friabilidad.
- Valores medidos obtenidos del ambiente, ejemplo: recuento de partículas.
- Pruebas después de la terminación de productos.

2.11. Gestión del Mantenimiento

La función del mantenimiento es cumplir de manera satisfactoria su objetivo y tornarse competitiva para adoptar los principios de administración contenidos en los conceptos de la gestión estratégica y estas deberán de desarrollarse al mismo ritmo que las demás funciones administrativas de la organización y así poder entregar un servicio eficiente a sus clientes. (Roldan, 1997)

El mantenimiento es un proceso de soporte de las organizaciones, que frecuentemente son consideradas como un gasto, y muchas veces propende la reducción, o la externalización de la función de mantenimiento, sin tener en cuenta el efecto que éste puede tener en la mejora continua de los procesos productivos, aportando *know how* (saber-cómo) y originando valor para la empresa. Además, la competitividad no se logrará sin una adecuada gestión de

la producción, y así mismo la gestión del mantenimiento de sus equipos, para lograr los objetivos de calidad, productividad y resultados planificados. (Cuatrecasas, 2010)

2.11.1. Mantenimiento preventivo

La implantación del programa de mantenimiento preventivo generado permitirá anticiparse a los fallos para subsanarlos con el mínimo impacto en el funcionamiento del sistema, eliminar las causas de algunos fallos e identificar aquellos fallos que no comprometan la seguridad del sistema. (Viveros et al., 2013)

2.11.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se produce sólo cuando existe un paro inesperado en la producción, cuando hay una falla y se tenga que reparar una máquina en un tiempo mínimo que permita evitar las interrupciones de la producción. El análisis de estos se realizan para programar su corrección inmediata a través de un mantenimiento correctivo. (Viveros et al., 2013)

La terminología del mantenimiento deberá de ser la adecuada es por ello la norma UNE-EN-13306:2011 determina únicamente dos tipos de mantenimiento. En primer lugar; el mantenimiento preventivo que se subdivide en mantenimiento predictivo (según condición) y sistemático o también llamado predeterminado. En segundo lugar, el mantenimiento correctivo (véase la Figura 25).

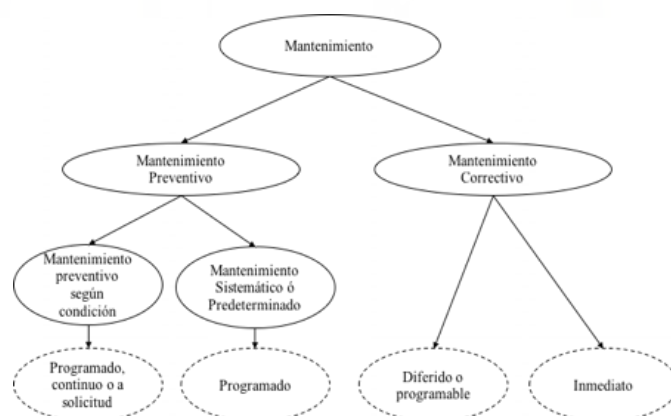


Figura 25. Terminología de mantenimiento según la norma de EN-13306
Fuente: (Gonzalez, 2011)

2.12. Cadena de Suministro

Según Ballou (2004), la cadena de suministro, es “un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor”. (Ballou, 2004).

Hay una gran confusión alrededor de los términos logística y la gestión de la cadena de suministro. Se distingue que la cadena de abastecimiento es la red de las instalaciones (almacenes, fábricas, terminales, puertos, almacenes y los hogares), vehículos (camiones, trenes, aviones y el mar los buques) y los sistemas de información logística conectados por una empresa proveedores y clientes. Logística es lo que sucede en las actividades de la cadena de suministros de logística. (Frazelle, 2002)



Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

El presente capítulo revisa las características de las capacidades instaladas y ubicación de las plantas de ácido sulfúrico (en adelante PAS) y las plantas de oxígeno (en adelante POX). Se indican además los fundamentos necesarios de sustento para las propuestas de incremento en producción sobre capacidad instalada y dimensiones de las plantas ya existentes y el aporte en generación de valor económico en línea con los objetivos estratégicos de SPCC.

3.1. Dimensionamiento de Planta

La empresa cuenta con dos PAS con una capacidad instalada total de 1'748,350 Tm anuales. Considerando los días efectivos operativos en el año, la producción anual total de ambas PAS es de 1'078,296 Tm. Ambas plantas tienen mantenimientos completos programados cada dos años y significa que al menos un mes durante ese año paralizan sus operaciones.

La producción en el año 2015 de acuerdo a la Tabla 4 fue de 60.52% con respecto de la producción total nacional. Con respecto a la producción de la empresa, en el mes de octubre se obtuvo la producción máxima de 9.36% de la producción anual y en el mes de septiembre se registra la cantidad mínima producida de 6.63%. En el año 2015, se observa que hubo una tendencia típica y constante de producción mensual y no incluyó el mantenimiento bianual. Con respecto a la producción de la empresa en el año 2016, la cantidad mínima producida fue de 7.85% de la producción anual en el mes de abril y la cantidad máxima se registra en el mes de agosto con 10.19% de la producción anual. Se observa que en el año 2016 hubo una tendencia típica y constante de producción mensual (véase la Figura 26).

Tabla 4
Producción de Ácido Sulfúrico

Detalle	2015	2016
Producción con respecto a la producción nacional	60.52%	54.32%
Mes de producción máxima	octubre	agosto
Porcentaje en el mes de producción máxima (*)	9.36%	10.19%
Mes de producción mínima (*)	febrero	abril
Porcentaje en el mes de producción mínima	6.63%	7.85%
Mes de mantenimiento (**)		octubre
Producción en el mes de mantenimiento (**)		0.68%

Nota. (*) Con respecto a la producción anual de la planta.

(**) Los mantenimientos se realizan en periodos bianuales que implican la paralización de la planta y la producción.

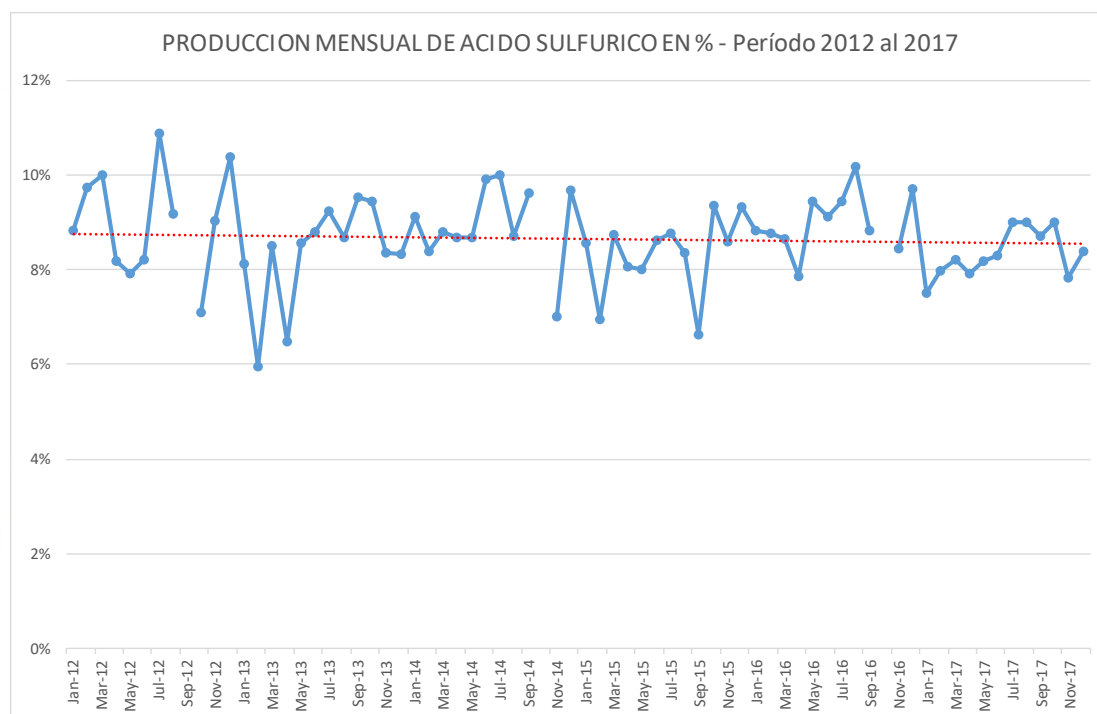


Figura 26. Producción mensual de ácido sulfúrico en porcentaje (2013 – 2017)

Cada una de las PAS participa con niveles diferentes de producción como se explica en la Tabla 5. La planta No.1 tuvo un aporte a la producción total de 25.95% y 25.92% para los años 2015 y 2016 respectivamente. Así mismo la planta No.2 tuvo un aporte a la producción total de 74.05% y 74.08% para los mismos años respectivamente.

Tabla 5
Participación en la Producción de Ácido Sulfúrico por Planta

Año	Planta No.1	Planta No.2	Total
2015	25.95%	74.05%	100.00%
2016	25.92%	74.08%	100.00%

El ácido sulfúrico es el producto químico más producido y usado a nivel mundial en varias industrias entre ellas la minería de cobre. El mayor exportador nacional de este producto en el Perú es SPCC que en el año 2011 se ubicó en el cuarto lugar a nivel mundial. Así mismo el principal país a donde se exporta este producto es Chile quien en ese mismo año fue el principal importador a nivel mundial del producto químico. Debido a la cercanía y a la demanda creciente de ácido sulfúrico en el vecino país para la producción de cobre, toma mayor relevancia adoptar y mantener políticas que aseguren el incremento y sostenibilidad de la cadena productiva (véase la Figura 27).

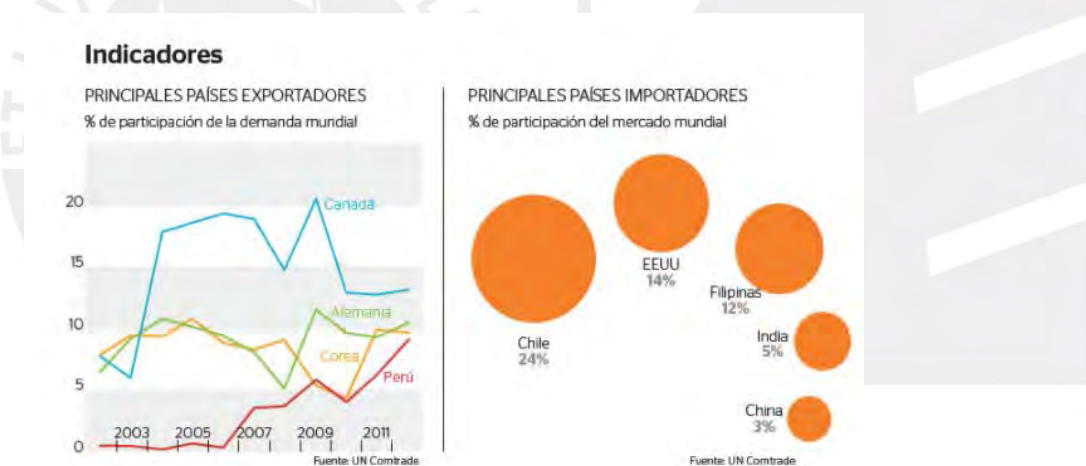


Figura 27. Porcentaje en participación de la demanda mundial de ácido sulfúrico
Recuperado de <http://perueconomico.com/ediciones/86-2014-may/articulos/1569-crecimiento-en-potencia>

En el 2015 la producción chilena de ácido sulfúrico llegó a las 5'735,000 Tm y el consumo de este producto químico llegó a las 7'770,000 Tm debiendo cubrir el déficit con importaciones preferentemente de Perú (véase la Tabla 6). En nuestro país la producción total llegó con datos estimados a 1'825,334 Tm ese mismo año.

Tabla 6
Producción Nacional de Ácido Sulfúrico

Año	Producción en Tm
2007	1'032,935
2008	1'314,871
2009	1'373,840
2010	1'395,678
2011	1'620,149
2012	1'540,872
2013	1'718,386
2014	1'632,278
2015 P	1'825,334
2016 P	1'907,936

Nota. Fuente: INEL. (P) Proyección propia.

De acuerdo al informe de Cochilco (Comisión Chilena del Cobre) en el 2015 Chile tuvo una demanda insatisfecha de 2'037,000 Tm de ácido sulfúrico que supera ampliamente los registros de producción anuales de SPCC. Aún con la totalidad de la capacidad instalada de las dos plantas de SPCC la producción llegaría a 1'748,350 Tm por año que representa el 86% de la demanda de Chile. Aún con el 100% de la producción nacional de ácido, no se lograría cubrir la demanda insatisfecha de Chile (véase la Tabla 7).

Tabla 7
Distribución de la Producción y Consumo de Ácido en el año 2015

Distribución	Producción		Consumo		Déficit o Excedente
	Miles de Tm	Participación	Miles de Tm	Participación	Miles de Tm
Total Nacional	5.735	100%	7.772	100%	-2.037
Por Origen o destino					
Minería de cobre	4.786	83.5%	7.422	95.5%	-2.636
Por tipo de abastecimiento					
Autoabastecimiento	1.651	28.8%	1.651	21.2%	0
Comercial	4.084	71.2%	6.121	78.8%	-2.037
Por tipo de empresas					
Estatales	3.333	58.1%	2.232	28.7%	1.101
Privadas	2.403	41.9%	5.541	71.3%	-3.138

Nota. Recuperado de

<https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/2016%2012%2005%20Mercado%20chileno%20de%20C3%A1cido%20sulf%C3%BArico%20a%202025.pdf#search=sulfurico>

Esta tendencia de demanda insatisfecha se mantendría hasta el año 2018 donde se espera un consumo máximo de 7'850,000 Tm a partir de dicho año esta demanda estaría bajando a un ritmo de 2.3% anual para llegar a un consumo de 6'020,000 Tm proyectado para el año 2025, explicado por el agotamiento de algunos yacimientos y cierre de operaciones mineras de cobre a fines del próximo decenio.

Otro indicador directamente relacionado al consumo de ácido sulfúrico en el Perú es la producción de cobre como insumo para el proceso de lixiviación. En la Tabla 8 se indica el desempeño de la producción nacional de toneladas finas de cobre con una tendencia positiva desde el año 2006 con 1'048,472 Tm a 2'353,858 Tm en el año 2016. Estos resultados de incremento en producción de cobre permiten anticipar sobre las expectativas de demanda interna nacional en producción de ácido sulfúrico para sostener la producción minera de cobre.

Tabla 8
Producción Anual Nacional de Cobre

Año	Producción en Tm
2006	1'048,472.46
2007	1'190,273.60
2008	1'267,866.58
2009	1'276,249.20
2010	1'247,184.03
2011	1'235,345.07
2012	1'298,761.36
2013	1'375,641.00
2014	1'377,642.00
2015	1'700,817.00
2016	2'353,858.56

Nota. Recuperado de INEI; Ministerio de Energía y Minas.

SPCC tiene dos POX con una capacidad de producción de 1,317 Tm/d con una pureza del 95%. La cantidad de toneladas producidas de oxígeno durante el año 2015 fue de 365,145. En el mes de octubre, se obtuvo la producción máxima que alcanzó el 9.02% y la cantidad mínima producida fue de 6.96% en el mes de setiembre. Se observa que en el año 2015 se registra una tendencia creciente y constante (véase la Tabla 9).

La cantidad de toneladas producidas de oxígeno en el año 2016 fue de 17.9 % de la producción nacional. En el mes de julio se obtuvo la producción máxima con un registro del 9.76% y una cantidad mínima producida del 0.69% en el mes de octubre respecto a la producción anual debido al proceso de mantenimiento bianual de las plantas que significó la paralización de la producción. Se observa que durante el año 2016, la producción de oxígeno presentó una tendencia constante.

En tanto la empresa utiliza tecnología de las más avanzadas del mundo que han sido probadas en fundiciones de Australia, Estados Unidos, China e India. El horno de fundición usa tecnología ISA-Smelt, horno vertical estacionario con una altura de 17 m y una capacidad de tratamiento de concentrados de cobre de 165 Tm/h. Este proceso demanda de abastecimiento de oxígeno a niveles óptimos de cantidad y calidad para asegurar la pureza del cobre.

Tabla 9
Porcentaje de la Producción Mensual de Oxígeno en SPCC

Mes	2015	2016
Enero	8.87%	8.96%
Febrero	7.19%	8.66%
Marzo	8.50%	8.90%
Abril	8.21%	8.29%
Mayo	8.61%	8.97%
Junio	8.21%	9.37%
Julio	9.00%	9.76%
Agosto	8.30%	9.45%
Setiembre	6.96%	8.41%
Octubre	9.02%	0.69%
Noviembre	8.46%	9.19%
Diciembre	8.67%	9.35%
Total	100.00%	100.00%

Nota. Recuperado de http://www.bvl.com.pe/inf_corporativa64200_U1BDQ1BJMQ.html

3.2. Ubicación de Planta

La ubicación de las PAS y POX están ubicadas en el departamento de Moquegua, en la provincia de Ilo, en la Punta Tablones adyacente a la carretera Costanera sin número y a

500 msnm (véase la Figura 28). Para el análisis de la ubicación final de las plantas se consideran alternativas de ubicación en distintas provincias que incluyen Ilo, Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro.



Figura 28. Ubicación de la planta en Ilo
Adaptado de Google Maps, 2017.

La PAS No.1 se ubica en las coordenadas $17^{\circ} 29' 51''$ S, $71^{\circ} 21' 42''$ W; la PAS N°2 se ubica en las coordenadas $17^{\circ} 29' 53''$ S, $71^{\circ} 21' 45''$ W. La POX N°1 se ubica en las coordenadas $17^{\circ} 29' 54''$ S, $71^{\circ} 21' 46''$, la POX No.2 se ubica en las coordenadas $17^{\circ} 29' 47''$ S, $71^{\circ} 37'$.

El análisis y justificación de las ubicaciones fueron a través de la metodología de factores ponderados tanto para el caso de PAS y POX. Los resultados se presentan en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10
Método de los Factores Ponderados Aplicado a las PAS

Factores de Localización	Pesos	Ilo		Mariscal Nieto		General Sanchez Cerro	
		Escala	Valor	Escala	Valor	Escala	Valor
Cercanía la fundición Ilo	13%	10	1.30	5	0.65	1	0.13
Cercanía al puerto	13%	9	1.17	5	0.65	1	0.13
Cercanía a los proveedores	13%	9	1.17	2	0.26	2	0.26
Cercanía a la inter oceánica del Sur	10%	9	0.90	5	0.5	2	0.20
Terreno	3%	8	0.24	5	0.15	5	0.15
Servicios básicos (agua, luz)	10%	8	0.80	8	0.80	8	0.80
Autorización sectorial	8%	9	0.72	6	0.48	5	0.40
Aspectos fiscales (impuestos, arbitrios, etc)	3%	5	0.15	5	0.15	5	0.15
Mano de obra	7%	8	0.56	8	0.56	4	0.28
Control ambiental	20%	10	2.00	10	2.00	10	2.00
Total	100%		9.01		6.20		4.50

Nota. Adaptado de Administración de las operaciones productivas 2012 D'Alessio, Fernando

Tabla 11
Método de los Factores Ponderados Aplicado a las POX

Factores de Localización	Pesos	Ilo		Mariscal Nieto		General Sanchez Cerro	
		Escala	Valor	Escala	Valor	Escala	Valor
Cercanía la fundición Ilo	20%	9	1.80	6	1.20	4	0.80
Cercanía al puerto	15%	8	1.20	7	1.05	5	0.75
Cercanía a los proveedores	15%	7	1.05	8	1.20	6	0.90
Cercanía a la inter oceánica del Sur	10%	8	0.80	7	0.70	5	0.50
Terreno	10%	9	0.90	6	0.60	8	0.80
Servicios básicos (agua, luz)	10%	8	0.80	7	0.70	8	0.80
Autorización sectorial	5%	6	0.30	5	0.25	4	0.20
Aspectos fiscales (impuestos, arbitrios, etc)	5%	8	0.40	7	0.35	6	0.30
Mano de obra	5%	9	0.45	8	0.40	7	0.35
Control ambiental	5%	8	0.40	7	0.35	6	0.30
Total	100%		8.10		6.80		5.70

Nota. Adaptado de Administración de las operaciones productivas 2012 D'Alessio, Fernando

De acuerdo con la valoración de factores ponderados de ubicación para ambos casos se concluye como la mejor ubicación en la provincia de Ilo, tomando en cuenta las ventajas comparativas frente a las posibles ubicaciones en las otras provincias de la región que incluyen la presencia de recursos y medios que permiten tener mayor competitividad en el

abastecimiento de insumos, la cercanía de medios de transporte y el cliente final para los productos que permiten tener una continuidad en el abastecimiento, producción y distribución de los productos.

3.3. Propuesta de Mejora

Se propone el incremento sostenido en 5% en volumen a la producción promedio actual de ácido sulfúrico tomando en cuenta que la capacidad instalada es superior a la producción actual anual en casi 600,000 Tm. Esta propuesta de mejora se fundamenta en la modificación al dimensionamiento y capacidad en el proceso de secado a través de las monturas de empaquetaduras de 2.5 in que permiten actualmente un flujo de succión promedio de 427,770 m³/h y una actual caída de presión expresada en capacidad de succión en la planta de -11.99 kPa por monturas por esferas que contribuyen a una menor resistencia al flujo (menor en 5%).

En la torre de secado circulan en contracorriente el gas y el líquido y en este proceso se busca que el contacto entre ambos elementos sea el máximo posible. El diseño actual de la torre incluye empaques inertes que garantizan un área de contacto y distribución uniforme de los fluidos. El área superficial y la geometría de estos empaques deben favorecer el contacto, dinamizar la transferencia de masa y promover la distribución uniforme, además deben tener la caída de presión más baja posible. La propuesta de mejora de cambio a monturas por esferas no solo permitirá mantener o incrementar el área superficial de contacto sino también se incrementaría la fracción de espacio vacío que a su vez permitirá la reducción de caída de presión. La menor caída de presión permitirá a los sopladores incrementar su capacidad de succión traduciéndose en mayor flujo al ingreso de la planta consecuentemente en incremento de producción.

El incremento de velocidad de flujo que ingresaría a la planta y que incluye la modificación de variables que permitan mantener la concentración de la materia prima en el

rango del dimensionamiento de la planta para acercarse a la capacidad máxima de succión de los sopladores principales permitiría la optimización de la producción en al menos 5% adicional de toneladas métricas de ácido sulfúrico. Respecto a la variación de la concentración de la materia prima, ésta se debe reducir del límite inferior y contribuirá a reducir la velocidad de flujo del proceso mediante la disminución de la capacidad de los sopladores, traduciéndose directamente en el menor consumo de energía en las mismas condiciones de operación. En esta propuesta de mejora se mantendrán las variables cercanas a la curva de detención de los sopladores. Esto representa un mayor control por parte de los especialistas encargados del control operacional y la mejor capacidad de succión de materia prima; por consiguiente, un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada.

El incremento sostenido en 5% en producción de ácido sulfúrico respecto al tonelaje proyectado por SPCC a partir del año 2018, contribuye a un incremento en el margen económico por un monto de US\$ 1'323,997 que representa un 3.56% adicional respecto a las proyecciones económicas de SPCC y una relación beneficio/costo de 2.41. Estas proyecciones consideran una inversión de US\$ 1'038,972 para adquisición e instalación de las monturas por esferas a efectuarse en el año 2018. (véase la Tabla 12).

De manera complementaria y en contribución a la productividad que está directamente relacionada a la disponibilidad operativa de la fundición y a las concentraciones en función a los ciclos operativos, se recomienda variar el control de manejo de materia prima en función a la concentración, los ciclos operativos en función a los tiempos de residencia en la planta, la relación de oxígeno mayor a la unidad y tener cálculos de consumo de energía por tonelada de producción.

Tabla 12
Variables de Propuesta de Mejora

Variables	2018P
Proyectado SPCC	
Producción Anual – en Tm	1'005,999
Producción Neta para Exportación y Consumo Nacional – en Tm	832,711
Ventas en US\$	62,703
Costo operativo en US\$	(16,821)
Costo CIF * en US\$	(8,644)
Costos totales en US\$	(25,465)
Beneficio/Costo	2.46
Propuesta de Mejora en +5% Tm	
Producción Anual – en Tm	1,056,299
Producción Neta para Exportación y Consumo Nacional – en Tm	874,347
Ventas en US\$	65,838
Costo operativo en US\$	(17,161)
Costo CIF * en US\$	(9,076)
Inversiones (adquisición + instalación) en US\$	(1,039)
Costos totales + Inversiones en US\$	(27,276)
Beneficio/Costo	2.41

Nota. En US\$ '000. *CIF = Cost, insurance and freight (coste, seguro y flete)

3.4. Conclusiones

Se considera que la ubicación y el dimensionamiento de las PAS y POX en la provincia de Ilo son las adecuadas. Esta ubicación de las plantas son las más apropiadas en base a los resultados del análisis de los factores de ubicación de planta. La cercanía y acceso a los recursos necesarios para lograr mayor competitividad hace que Ilo se constituya en la mejor opción de ubicación pues presenta mayor ventaja comparativa frente a las provincias de Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro.

La capacidad máxima instalada de producción total de las dos PAS es de 1'748,350 Tm/a. La PAS No.1 aporta una producción del 26% y la PAS No.2 aporta el 74% del tonelaje total. La empresa desarrolla su plan de mantenimiento en períodos bianuales que conlleva a la paralización de ambas plantas consecuentemente a la paralización y reducción de la producción. La producción de ácido sulfúrico es utilizada para propósitos de recuperación del cobre en el proceso de lixiviación en las minas de la empresa y además para venta en los mercados nacionales y fundamentalmente para exportación en el mercado internacional.

La participación de SPCC en la producción nacional de ácido sulfúrico para los años 2015 y 2016 fue de 59.7% y 60.90% respectivamente. En el año 2016, la producción nacional de ácido sulfúrico fue de 1'907,936 Tm que significó un incremento del 89.5% respecto al año 2007. Chile es el principal importador de ácido sulfúrico en la región y presentó un déficit en el año 2015 de 2'037,000 Tm que fueron cubiertos con importaciones preferentemente desde el Perú. Se proyectan incrementos en las importaciones de Chile a un ritmo del 2.3% anual para llegar a un consumo de 6'020,000 Tm para el año 2025.

Por otro lado, la demanda interna de ácido sulfúrico para el proceso de lixiviación también se verá estimulada por la producción de cobre en el Perú. En el año 2006 se produjeron 1'048,472 Tm de cobre y en el 2016 se llegó a producir 2'353,858 Tm siendo un incremento del 124%. La modificación del dimensionamiento del proceso de secado en la PAS No.1 con la implementación de monturas por esferas permitirá un incremento sostenido del cinco por ciento en la producción volumétrica de ácido. Este incremento de producción permite una contribución de más de US\$ 1'320,000 de margen económico adicional respecto a lo proyectado por SPCC para el año 2018.

SPCC tiene dos POX con una capacidad de producción de 1,317 Tm/d con una pureza de 95%. El oxígeno sirve para abastecer a los hornos de tecnología ISA-Smelt el mismo que tiene una capacidad de tratamiento de concentrados de cobre de 165 Tm/h. Este proceso demanda de abastecimiento de oxígeno de alta calidad para asegurar la pureza del cobre.

Capítulo IV: Planeamiento y Diseño de los Productos

La secuencia lógica para el planeamiento y diseño de los productos ácido sulfúrico y oxígeno por SPCC para el cumplimiento estándares y procedimientos certificados son discutidos en el presente capítulo. El diseño y características de los productos son definidos por el Superintendente de la PAS y POX así como en cumplimiento de calidad.

4.1. Secuencia del Planeamiento y Aspectos a considerar

El planeamiento de los productos y la secuencia de desarrollo están vinculados fundamentalmente a las necesidades de volúmenes de consumo de los clientes internos y externos y concentraciones mínimas industriales. Los productos obtenidos son ácido sulfúrico y oxígeno y presentan especificaciones de calidad y volúmenes mínimos requeridos. Estos productos no requieren diseño de producción; sin embargo, si requieren de concentraciones mínimas para su uso en los procesos de lixiviación y fusión. Los productos se transportan en tuberías, tambores, carros tanque y tanques de almacenamiento para el caso del ácido sulfúrico y de tanques para el caso del oxígeno.

El cliente interno para el producto ácido sulfúrico es SPCC como parte de sus procesos operativos de lixiviación de cobre. El cliente externo principal de consumo de ácido es Chile que requiere cubrir un déficit anual estimado en más de 2'000,000 Tm. Las expectativas de demanda del producto ácido sulfúrico a nivel nacional se proyectan en incremento habiendo duplicado el consumo en más del 100% en solo una década. En relación a la calidad del producto y el planeamiento respectivo la concentración mínima requerida es del 98%.

Generación de la idea: La expansión del proceso de lixiviación para la recuperación del cobre en las minas de Cuajone y Toquepala, definieron el diseño de necesidades del cliente interno SPCC para recuperación del dióxido de azufre como ácido sulfúrico y

consecuentemente para condicionar el diseño y expansión de planta que produciría este producto.

La demanda del cliente interno SPCC para el proceso de concentración y fundición de minerales y obtención de ánodos de cobre para luego generar cátodos de cobre también contribuyeron al diseño de necesidades del producto ácido sulfúrico. Los ánodos de cobre son disueltos en celdas electrolíticas en una solución a base de ácido sulfúrico para luego generar los cátodos de cobre. Finalmente la demanda del producto es requerida como insumo directo en la producción de molibdeno.

Selección del producto: La lixiviación ácida es el proceso más utilizado para la recuperación de cobre a partir de minerales oxidados. El ácido sulfúrico es el producto industrial más comercial y químicamente óptimo para obtener la mejor recuperación del cobre en el proceso de lixiviación ácida.

Diseño preliminar del producto: Para determinar las características preliminares del ácido sulfúrico, se tuvo como objetivo identificar y estudiar los mecanismos involucrados en las cinéticas del consumo de ácido y de disolución del cobre de los minerales presentes en las minas Cuajone y Toquepala variando la concentración de ácido sulfúrico en la solución lixivante. Se determinó que el incremento en la concentración de ácido sulfúrico en las soluciones de lixiviación impulsa una mayor recuperación de cobre. Luego de estudios de laboratorio y pruebas a escala industrial se determinaron que las características mínimas de concentración del 98% de volumen son requeridas para los tipos de mineral de las minas y procesos exigidos por el cliente interno (SPCC) y por concentraciones mínimas exigidas por el cliente externo (exportación).

Los volúmenes de demanda del producto están condicionadas por la demanda en los procesos de lixiviación de mineral en las minas (410 Tm/d), proceso de generación de

cátodos de cobre (consumo semanal es de 25 a 30 Tm) y consumo directo en la producción de molibdeno (consumo de 70 Tm al mes).

Construcción del prototipo: Los resultados del proceso de lixiviación en función a las diferentes concentraciones del ácido sulfúrico condujeron a la caracterización del producto y consecuentemente a las características del proceso industrial para la obtención del ácido. La construcción del prototipo se basó en analizar el efecto de concentración de ácido sobre la velocidad de reacción a diferentes porcentajes de concentración, obteniéndose como el prototipo óptimo al 98% del volumen de ácido. Este prototipo estuvo además condicionado al control de las emisiones gaseosas concentradas en dióxido de azufre y según el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) que fuera implementado por el gobierno.

Pruebas: El incremento de la concentración de ácido sulfúrico repercute en un elevado consumo de ácido sulfúrico por la existencia de especies reactivas presentes en los minerales a lixiviar. Este incremento impacta de manera negativa en la rentabilidad del proceso. Las pruebas realizadas a escala de laboratorio y luego en pruebas industriales se basaron fundamentalmente por los resultados de rentabilidad proyectada.

Se hicieron pruebas continuas, se obtuvieron datos del mercado, características y volúmenes requeridos de fundición de Ilo para conocer el grado de aceptación del producto ácido sulfúrico.

Diseño definitivo del producto y fabricación del producto final: El diseño final del producto ácido sulfúrico estuvo vinculado a los resultados óptimos de concentración y rentabilidad sobre la base de volúmenes de producción para satisfacer fundamentalmente al cliente interno (SPCC).

La fabricación del producto final a escala industrial requirió del diseño, ingeniería e instalación de la planta. Estos trabajos fueron encargados a empresas externas de prestigio

con especialización en tecnología y diseño de plantas. Estas empresas presentan las garantías de suministro de repuestos, reemplazo de equipos, mantenimiento y prevención.

La producción del ácido sulfúrico está directamente asociado a los niveles de azufre del insumo de mineral proveniente de las minas y los resultados del diseño definitivo del producto según especificaciones técnicas de construcción de la planta garantizan un producto comercial con niveles de concentración apropiadas.

El total del producto de oxígeno es requerido por el cliente interno (SPCC) para su proceso interno de fundición. La cantidad anual de consumo interno por la fundición representa aproximadamente el 18% de la producción nacional de oxígeno con una pureza del 95%.

La participación del oxígeno en la producción de otros metales, considera un consumo de 15 Tm mensuales aproximadamente en los hornos de refinera.

Las características y necesidades de producción de oxígeno se fundamentan en:

- Requerimiento de agente oxidante (aire enriquecido en oxígeno) para los hornos “Teniente” e “Isa-Smelt”.
- El mercado interno no tenía un proveedor que pueda suministrar el flujo de oxígeno requerido o que permitiese flexibilidad e independencia con el suministro.
- Modernización de la fundición con nueva tecnología.

4.2. Aseguramiento de la Calidad del Diseño

Existen más de cien protocolos o procedimientos de seguridad de calidad de los productos para el ácido y el oxígeno conocidos como Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS), donde se especifican temas de seguridad y pasos a seguir la tarea.

Existen indicadores para medir la calidad del ácido sulfúrico y del oxígeno basados en el Plan de Calidad del Producto, oxígeno con pureza mayor al 95% (único requisito) y para el ácido sulfúrico con concentración mayor al 98%.

La calidad del ácido sulfúrico y del oxígeno se produce con los mismos criterios desde 1995 y no ha existido innovación alguna desde entonces.

- La calidad se mantiene por atender a cliente nichos.
- La producción del oxígeno tiene un único cliente interno.
- La producción del ácido sulfúrico es específicamente para uso en el sector minero.
- Por ser productos que en su empleo son manipulados por el cliente, estos son reducidos en su concentración.

4.3. Propuestas de Mejora

Las propuestas de mejora están orientadas a mantener estable la calidad del producto ácido sulfúrico expresadas por su nivel de concentración mínima requerida del 98%. Las concentraciones obtenidas en la producción de las plantas son variables; consecuentemente se proponen tres propuestas de mejora que están vinculadas operativamente a la gestión de calidad del producto la cual comprende tres fases:

1. Generar un protocolo de seguimiento de la estandarización de los equipos de medición de calidad como son los analizadores de proceso y del producto.
2. Instalación de un punto de muestreo en la zona de almacenamiento de la PAS No.2.
3. Crear un sistema de registro de incidencias y control de labores de operadores relacionadas a las pérdidas de calidad del producto.

La implementación de un protocolo de monitoreo de la estandarización de los equipos de medición de calidad, particularmente de los analizadores de proceso y del producto permitiría un seguimiento operativo riguroso al mantenimiento de los equipos para garantizar la estabilidad de la calidad del producto. La información sistemática sobre la estandarización de los equipos de medición de calidad que es administrada por el Departamento de Planeamiento sería además compartida con los operadores responsables del control de proceso a través de un entrenamiento en el uso del módulo del sistema.

La producción de ácido sulfúrico con menor calidad (concentración) genera con mayor celeridad de corrosión de las tuberías y equipos de transporte, consecuentemente contribuye al incremento en costos por mantenimiento, flete y exige mayor supervisión operativa. La concentración de ácido sulfúrico superior al 98% tiene una consistencia oleica y mucho mas volátil provocando la merma de producto. El seguimiento de la estandarización de los equipos de medición de calidad del producto por parte de los operadores de los equipos permitiría tener capacidad de reacción preventiva y adecuada planificación programada de los equipos. Permitiría además identificar y anticipar las posibles desviaciones en el proceso antes de obtenerse el producto. Los resultados de estas propuestas de mejora se debieran monitorear a través de un protocolo de seguimiento que incluya una cadena de custodia del producto. Esta cadena de custodia representaría un documento oficial sobre la garantía de entrega del producto ácido sulfúrico para consumo interno y venta externa. El protocolo de seguimiento debiera implementarse a través de un formato electrónico para fácil distribución de responsables de área y debería consignar datos del tipo: valor de gas de calibración, valor mínimo, valor máximo y rango. Los operadores de equipos deberán ser capacitados y entrenados en el módulo de sistema de mantenimiento de los equipos de medición de calidad que considera al menos 96 horas-hombre para tres ingenieros.

Para efectos de determinar el grado de concentración o calidad que se obtenga en la zona de almacenamiento de la PAS No.2, se propone la instalación de un punto de muestreo cada vez que se realice un embarque o despacho para el consumo interno. Este análisis asegurará que el producto despachado tenga la calidad del producto de acuerdo a su diseño. Una de las propiedades del ácido sulfúrico es su característica altamente higroscópica, consecuentemente absorbe humedad del medio ambiente y esto contribuye a reducir su concentración. Los costos de instalación que se proyectan para el punto de muestreo de salida

del producto en la PAS No.2 incluyen válvula de muestreo, tubería, bandeja de muestreo y líneas de PVC de alta densidad.

Finalmente, se crearía un sistema de registro de incidentes y control de las labores de los operadores que estén correlacionado con las pérdidas de calidad del producto. Se vincula la falta de experiencia de los operadores con problemas de pérdidas de calidad del ácido sulfúrico. No se cuenta con información de registros históricos de disminución de calidad del producto y su correlación a las variables causantes.

La producción de ácido sulfúrico identificada con concentraciones inferiores a los estándares comerciales del 98% es aislada en uno de los tanques de PAS No.1. Este producto almacenado luego es combinado con producción de ácido superior al 98% para alcanzar el valor de concentración mínimo comercial exigido por la industria lo que constituye en un reproceso que agrega costos operativos. La propuesta de mejora planteada con una inversión menor de US\$ 3,200 (véase la Tabla 13), permitiría monitorear y garantizar concentraciones controladas en los estándares exigidos. El análisis de costo beneficio de la propuesta de mejora orientada a evitar producir y almacenar ácido sulfúrico con una concentración diferente al 98% permitirá un ahorro promedio de 202.00 US\$/d de almacenamiento para el año 2018 en adelante considerando los costos operativos proyectados por SPCC (véase la Tabla 14).

Tabla 13
Costo de Inversión

Detalle				US\$
Protocolo de seguimiento de la estandarización de equipos de medición de calidad como analizadores de proceso y del producto.	Capacitación-Entrenamiento	3 ingenieros	96 h	1,200
		Capacitador	96 h	
		Ambiente de capacitación		
Implementación un punto de muestreo en zona de almacenamiento de la PAS No.2.	Instalación	Válvula de muestreo		300
		Tubería inoxidable de 1 pulgada	20 m	150
		Bandeja de muestreo		50
		PVC de alta densidad 1.5 pulgadas	12 m	900
Crear sistema de registro de incidencias y control de labores de operadores relacionadas a las pérdidas de calidad del producto.	Implementación y seguimiento	Horas-hombre		6 h 600
				Total 3,200

Las desviaciones en la concentración del ácido sulfúrico que se presentan en la producción por las cuales se debe variar la concentración de las siguientes salidas del producto para que una vez mezcladas se logre la concentración del 98% representa en promedio el 10% del proceso de producción y dado que en promedio el costo de almacenamiento en los tanques proyectados para el año 2018 es 2,020 US\$/d, este costo operativo contiene una oportunidad de mejora a través del aseguramiento de la calidad en la concentración del ácido sulfúrico con la propuesta detallada que nos lleva a un ahorro en el costo para el año 2018 de 202 US\$/d de almacenamiento, es decir se logra una reducción de US\$ 2,020 a US\$ 1,818.

Tabla 14
Costo de Oportunidad

Detalle	Unidad	Período Anual 2018P
Producción día	Tm/d	1,000.00
Valores unitarios	US\$/ Tm	
Precio de venta		75.30
(-) Costo operativo		20.20
Margen operativo		55.10
(-) Costo almacenamiento	10% de Costo operativo	2.02
(-) Costo CIF*		10.38
Utilidad unitaria		42.70
Valores por día US\$		
Utilidad		42,700.00
Costo almacenamiento		2,020.00
(-) Reducción de costos	10%	202.00
Nuevo costo almacenamiento		1,818.00
Ahorro en almacenamiento mes	30	6,060.00
Ahorro en almacenamiento anual	12	72,720.00
Inversión propuesta de mejora		3,200.00
Ratio Beneficio/Costo		22.73

Nota. * CIF = cost, insurance & freight (coste, seguro y flete)

4.4. Conclusiones

Las proyecciones en demanda interna para la producción de ácido sulfúrico y oxígeno que serán requeridas por el incremento de la producción de concentrados de cobre en las minas de Cuajone y Toquepala y por necesidad de lixiviación de óxidos de cobre además de incrementos proyectados para exportación exigen implementar propuestas de mejora orientadas a mantener los niveles de calidad en concentración del ácido sulfúrico en 98% para propósitos industriales y comerciales.

En términos económicos, la construcción e instalación de las PAS y POX para producción de estos insumos, requirieron proximidad a la unidad productiva de la fundición de Ilo para maximizar la rentabilidad de su producción.

Los parámetros de calidad se mantienen desde que se inició la producción de ácido sulfúrico y oxígeno. La calidad se mide por oxígeno con pureza mayor al 95% (único requisito) y para el ácido sulfúrico con concentración del 98% del volumen. Sin embargo, en base a los registros históricos la concentración del ácido sulfúrico es variable y se precisa que almacenar ácido sulfúrico de baja concentración en los tanques de la PAS No.1 requiere posteriormente combinar con ácido sulfúrico de mayor concentración para llegar a la concentración requerida del 98%. Los períodos de almacenamiento de ácido sulfúrico de menor concentración en estos tanques generan costos por almacenamiento y costos hundidos por proceso y a su vez genera la no posibilidad de vender estos volúmenes de ácido en el mercado (exportación) o consumo interno.

Para el aseguramiento de la calidad de los productos para el ácido sulfúrico y el oxígeno, se aplican únicamente protocolos de seguridad denominados PETS, donde se detallan temas de específicamente de seguridad y pasos operativos a seguir en las tareas.

La implementación de un protocolo de seguimiento de la estandarización de los equipos de medición de calidad, la instalación de un punto de muestreo en la zona de almacenamiento de la PAS No.2 y crear un sistema de registro de incidencias y control de labores operativas relacionadas a las pérdidas de calidad del producto, contribuirán a mantener el nivel de calidad requerida en concentración permanente al 98%, se generan un costo de almacenamiento de 2,020 US\$/d en el año proyectado 2018 por SPCC con la implementación de la propuesta dicho costo de almacenaje se reduce a US\$ 1,818 a partir del año proyectado.

Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso

En el presente capítulo se realizará una descripción de los procesos operativos de la PAS y POX a partir del mapa de procesos, diagrama de actividades y la tecnología utilizada para su control.

5.1. Mapeo de los Procesos

El mapa de procesos actual (véase la Figura 29) documentado en el Sistema Integrado de Gestión de SPCC presenta en forma resumida las siguientes operaciones: el planeamiento, la operación de fundición de cobre, los procesos auxiliares donde se encuentran las PAS y POX, los procesos de ayuda y los procesos de verificación y mejora tienen que ver con el control de calidad e ingeniería.

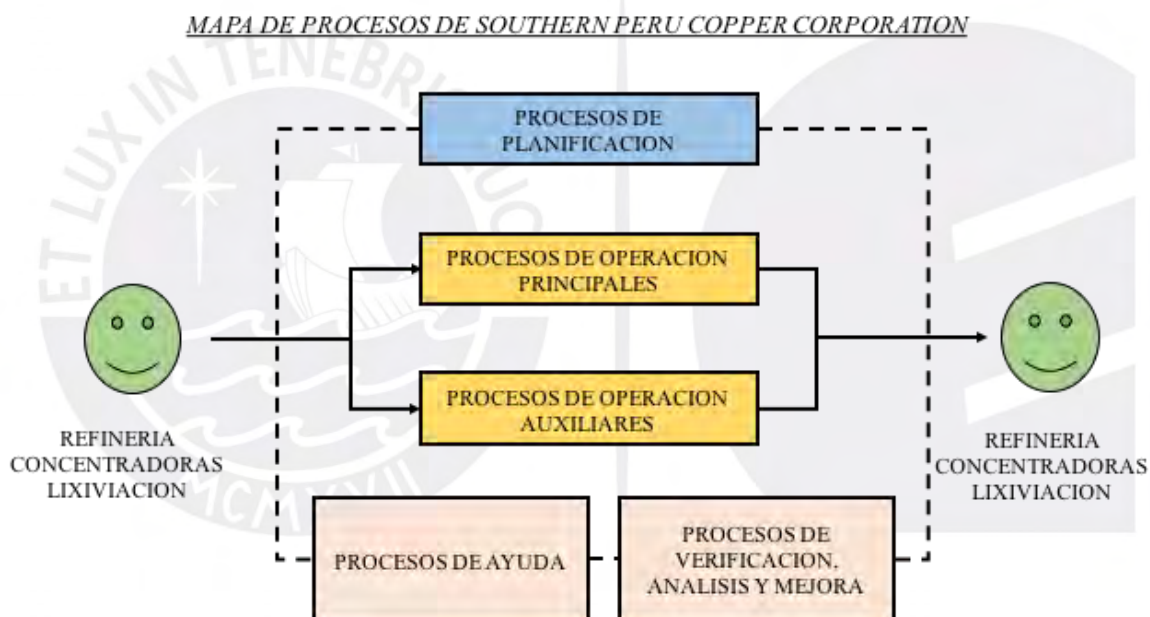


Figura 29. Mapa de Procesos de SPCC

Tomado del Manual de Sistema Integrado de Gestión (p. 21)., por SPCC, 2011e, Ilo, Perú: Autor.

Un proceso es el conjunto de actividades y recursos inter relacionados que transforman los elementos de entrada en elementos de salida aportando valor añadido para el cliente o usuario. Así mismo, recoge la inter relación de todos los procesos que realiza la

organización clasificándolos en proceso estratégicos, de operación y de apoyo en un diagrama. En tal sentido, la Figura 30 propone un mapa de procesos para SPCC.

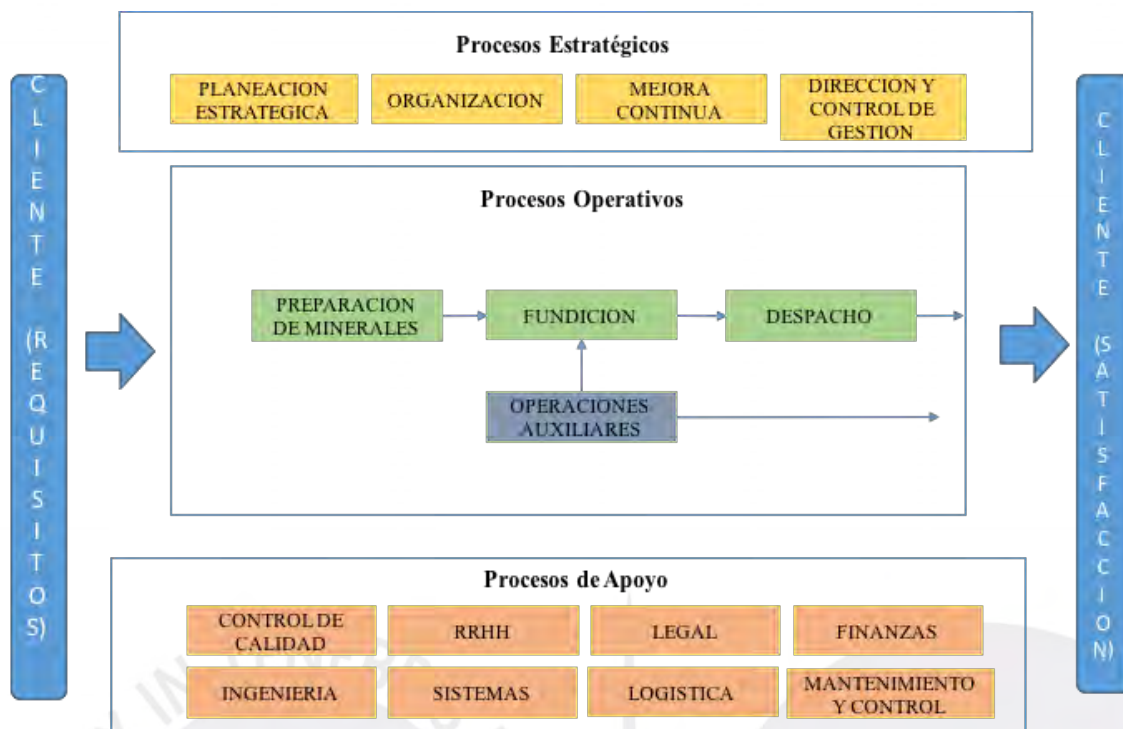


Figura 30. Mapa de procesos propuesto para SPCC
Elaboración propia.

Los procesos estratégicos: planeación, organización, mejora continua y dirección y control de gestión, tienen como objetivo la proyección de la producción e identificación de las necesidades del cliente.

Los procesos operativos de la planta son principalmente la preparación de los minerales y fundición. Dichos procesos tienen como operaciones auxiliares las PAS y POX que trabajan en función al requerimiento de la planta de fundición y despacho que se encarga de la entrega final al cliente.

Los procesos de apoyo son el control de calidad, recursos humanos, el área legal, finanzas, ingeniería, sistemas, logística y mantenimiento que juega un rol principal manteniendo la operatividad de los equipos para una operación continua.

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

Para generar propuestas de mejora en el proceso operativo de la producción de ácido sulfúrico y oxígeno, se realizó la descripción de las actividades de cada proceso productivo. Se recaba la información en planta para generar el DAP para cada una de las plantas de producción de ácido sulfúrico y oxígeno.

5.2.1. DAP Planta de ácido sulfúrico

El diagrama que se presenta a continuación en la Figura 31 describe el proceso de producción de la PAS No.1 de en la cual se puede apreciar que las actividades de operaciones concentran el mayor tiempo del proceso con 69% del tiempo total y dentro de ellas el proceso de conversión toma 12 minutos mientras que la actividad de transporte toma el 31% del tiempo total aquí la actividad de más representación es el traslado al almacenamiento con ocho minutos. Asimismo, la Figura 32 indica que para la PAS No.2, la actividad con mayor relevancia corresponde a operaciones con el 69% del tiempo total donde el proceso de conversión toma 12 minutos, las actividades de transporte toman el 31% del tiempo total siendo el traslado al almacenamiento el de mayor importancia con 5 minutos.

En el análisis de ambos diagramas de actividades podemos establecer claramente que las actividades comunes que concentran la mayor relevancia para ambas plantas son traslado de gas a la planta, conversión, intercambiador de energía y traslado al almacenamiento, en el caso de la PAS No.1 estas actividades representan el 60.78% en el caso de la PAS No.2 es el 62.22% de todo el proceso. En consecuencia, aproximadamente las dos terceras partes del proceso de producción se concentran en estas actividades.

En la Figura 33, se muestra el diagrama del proceso de producción de ácido sulfúrico iniciando con la limpieza de los gases, conversión, absorción y producción del ácido sulfúrico; paralelamente tenemos las actividades de tratamiento de efluentes y reutilización del agua en los procesos de producción de cobre.

DAP FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACIDO -I								Operación	8
								Transporte	8
								Inspección	2
								Espera	0
								Almacenamiento	2
								Actual	X
								Propuesto	
Recursos Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	DESCRIPCIÓN	
Sup.	200	5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la planta	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Condensado adiabático	
Sup. ESC-II OP	5	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la torre de enfriamiento	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Enfriamiento	
Sup. ESC-II OP	4	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la sección de limpieza	
Sup. ESC-II OP	0	2	●	➔	□	⌒	▽	Limpieza electrostática	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	■	⌒	▽	Inspección de calidad de limpieza	
Sup. ESC-II OP	40	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la sección del deshumecedor	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Deshumecedor	
Sup. ESC-II OP	100	1	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de intercambio de energía.	
Sup. ESC-II OP	0	6	●	➔	□	⌒	▽	Intercambiador de energía	
Sup. ESC-II OP	0	12	●	➔	□	⌒	▽	Conversión	
Sup. ESC-II OP	0	6	●	➔	□	⌒	▽	Intercambiador de energía	
Sup. ESC-II OP	50	1.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de contacto	
Sup. ESC-II OP	0	2	●	➔	□	⌒	▽	Absorción	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	■	⌒	▽	Análisis del producto	
Sup. ESC-II OP	500	3	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de almacenamiento temporal	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	□	⌒	▽	Almacenamiento temporal	
Sup. ESC-II OP	1500	8	○	➔	□	⌒	▽	Traslado a almacenamiento	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	□	⌒	▽	Almacenamiento	
Total	2399	51							

Figura 31. DAP Planta de ácido sulfúrico No.1

DAP FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ACIDO -2								Operación	8
								Transporte	7
								Inspección	2
								Espera	0
								Almacenamiento	1
								Actual	X
								Propuesto	
Recursos Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	DESCRIPCIÓN	
Sup.	500	5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la planta	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Condensado adiabático	
Sup. ESC-II OP	5	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la torre de enfriamiento	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Enfriamiento	
Sup. ESC-II OP	4	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la sección de limpieza	
Sup. ESC-II OP	0	2	●	➔	□	⌒	▽	Limpieza electrostática	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	■	⌒	▽	Inspección de calidad de limpieza	
Sup. ESC-II OP	40	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado de gas a la sección del deshumecedor	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Deshumecedor	
Sup. ESC-II OP	100	1	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de intercambio de energía.	
Sup. ESC-II OP	0	6	●	➔	□	⌒	▽	Intercambiador de energía	
Sup. ESC-II OP	0	12	●	➔	□	⌒	▽	Conversión	
Sup. ESC-II OP	0	6	●	➔	□	⌒	▽	Intercambiador de energía	
Sup. ESC-II OP	50	1.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de contacto	
Sup. ESC-II OP	0	2	●	➔	□	⌒	▽	Absorción	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	■	⌒	▽	Análisis del producto	
Sup. ESC-II OP	1000	5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de almacenamiento	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	□	⌒	▽	Almacenamiento	
Total	1699	45							

Figura 32. DAP Planta de ácido sulfúrico No.2

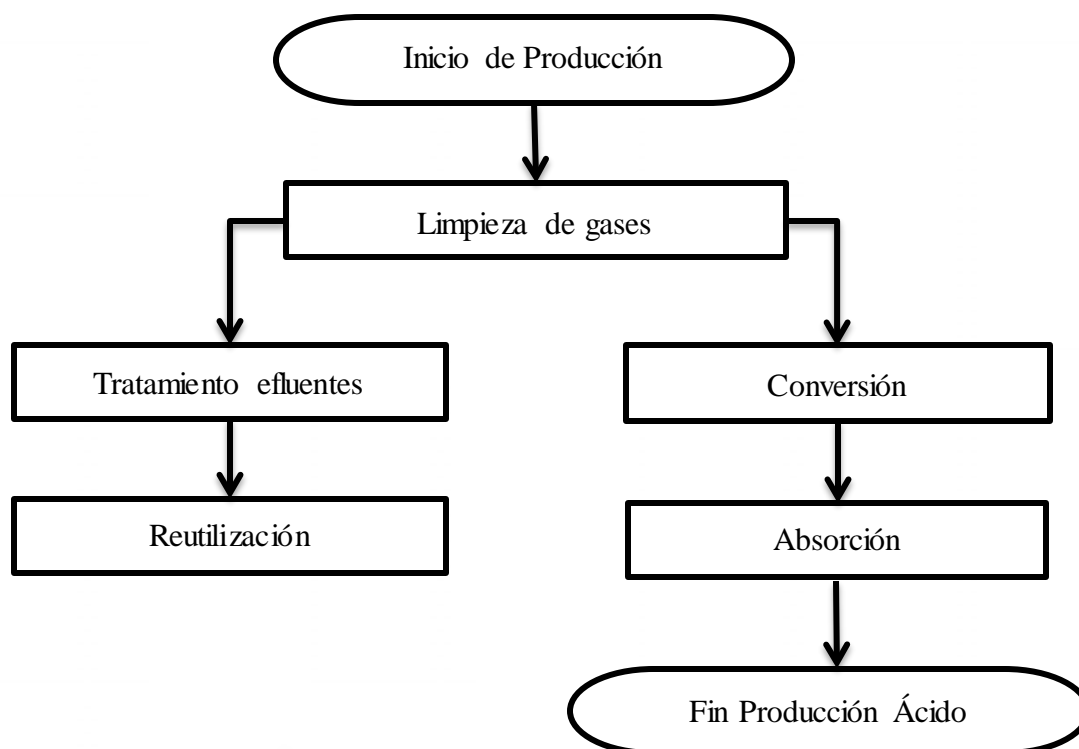


Figura 33. Diagrama de proceso de producción de ácido sulfúrico

5.2.2. DAP Planta de oxígeno

En las Figuras 34 y 35 se grafican los diagramas de las actividades de los procesos operativos de las POX No.1 y No.2 respectivamente. Se puede observar que los tiempos en las dos actividades principales que son operaciones y transporte son los mismos para ambos casos y concentran el 57% y 43% respectivamente del tiempo de todo el proceso.

DAP FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE OXIGENO -I								Operación	8
								Transporte	4
								Inspección	1
								Espera	
								Almacenamiento	
								Actual	X
								Propuesto	
								Recursos Humanos	Distancia en metros
Sup. ESC-II OP	5	0.5	●	➡	□	⌋	▽	Filtrado	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➡	□	⌋	▽	Compresión	
Sup. ESC-II OP	100	0.5	○	➡	□	⌋	▽	Traslado al área de enfriamiento	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➡	□	⌋	▽	Enfriamiento directo	
Sup. ESC-II OP	10	1	●	➡	□	⌋	▽	Absorción	
Sup. ESC-II OP	20	1	○	➡	□	⌋	▽	Traslado del aire hacia el sistema de expansión	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➡	□	⌋	▽	Expansión	
Sup. ESC-II OP	40	1	○	➡	□	⌋	▽	Traslado del aire hacia el sistema de compresión	
Sup. ESC-II OP	0	0.5	●	➡	□	⌋	▽	Compresión isométrica	
Sup. ESC-II OP	0	2	●	➡	□	⌋	▽	Intercambio de energía	
Sup. ESC-II OP	0	3	●	➡	□	⌋	▽	Destilación	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➡	■	⌋	▽	Análisis de calidad del producto	
Sup. ESC-II OP	1500	5	○	➡	□	⌋	▽	Entrega al cliente	
Total	1675	17.5							

Figura 34. DAP Planta de oxígeno No.1

DAP FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE OXIGENO -2								Operación	8
								Transporte	4
								Inspección	1
								Espera	
								Almacenamiento	1
								Actual	X
								Propuesto	
Recursos Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	DESCRIPCIÓN	
Sup. ESC-II OP	5	0.5	●	➔	□	⌒	▽	Filtrado	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Compresión	
Sup. ESC-II OP	100	0.5	○	➔	□	⌒	▽	Traslado al área de enfriamiento	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Enfriamiento directo	
Sup. ESC-II OP	10	1	●	➔	□	⌒	▽	Absorción	
Sup. ESC-II OP	20	1	○	➔	□	⌒	▽	Traslado del aire hacia el sistema de expansión	
Sup. ESC-II OP	0	1	●	➔	□	⌒	▽	Expansión	
Sup. ESC-II OP	40	1	○	➔	□	⌒	▽	Traslado del aire hacia el sistema de compresión	
Sup. ESC-II OP	0	0.5	●	➔	□	⌒	▽	Compresión isométrica	
Sup. ESC-II OP	0	2	●	➔	□	⌒	▽	Intercambio de energía	
Sup. ESC-II OP	0	3	●	➔	□	⌒	▽	Destilación	
Sup. ESC-II OP	0	0	○	➔	■	⌒	▽	Análisis de calidad del producto	
Sup. ESC-II OP	5	0	○	➔	□	⌒	▽	Almacenamiento temporal	
Sup. ESC-II OP	1000	5	○	➔	□	⌒	▽	Entrega al cliente	
Total	1180	17.5							

Figura 35. DAP Planta de oxígeno No.2

En la Figura 36, muestra el diagrama del proceso de producción de oxígeno y sus principales operaciones. La primera de ellas es la compresión de aire; aquí el aire se filtra para quitarle el polvo y la suciedad antes de entrar al compresor de aire principal, accionado por un motor eléctrico. El aire comprimido y parcialmente seco fluye al sistema de

purificación. Las impurezas se eliminan automáticamente de los materiales absorbentes, las impurezas se retiran del absorbente con gas de desecho. Para el enfriamiento se usan varios métodos de enfriamiento del aire para alcanzar temperaturas criogénicas, ellos incluyen la compresión isotérmica, la expansión de Joule-Thomson, la expansión por medio de máquinas y la conservación de la refrigeración con intercambiadores de calor.

La expansión del gas a presión a través de una máquina enfría el gas de una manera similar al fenómeno Joule-Thomson. En el proceso de destilación el aire se separa en sus componentes primarios; oxígeno y nitrógeno por destilación criogénica en columnas. La destilación es la separación de uno o más componentes de una mezcla de componentes por vaporización y condensación repetidas. En toda destilación el vapor asciende por la columna y el líquido desciende. La destilación criogénica difiere de otros tipos de destilación por las temperaturas involucradas.

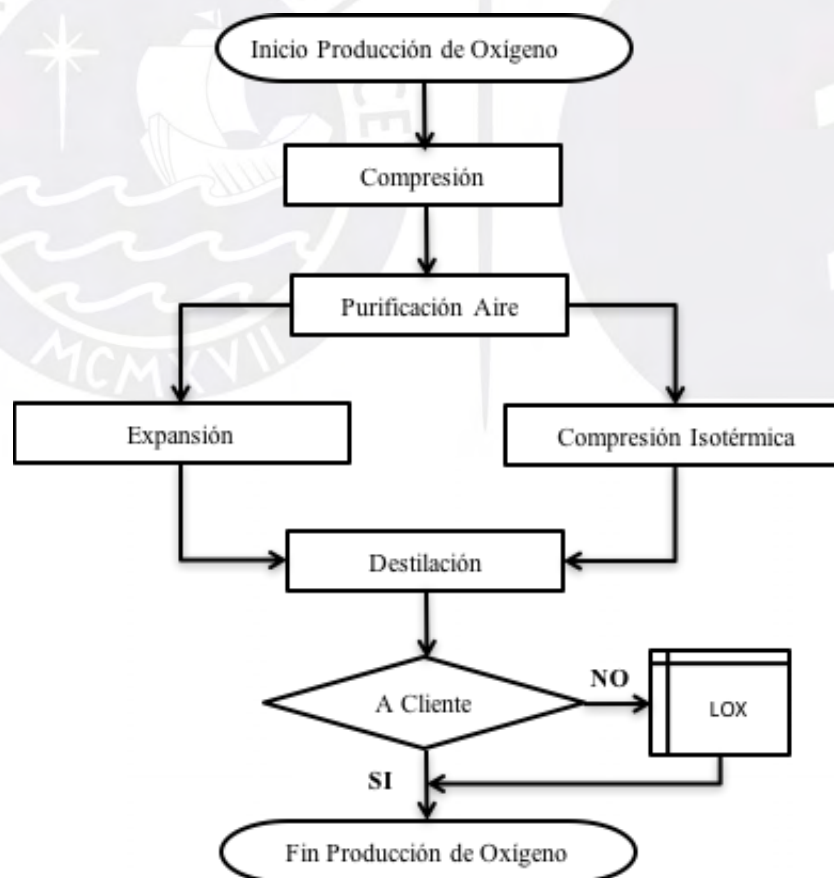


Figura 36. Diagrama de flujo de proceso de producción de oxígeno

5.3. Herramientas para mejorar los Procesos

Las principales variables de los procesos en planta como temperatura, presión, volúmenes, flujos y pureza permiten recolectar información y datos y se procesan mediante software de generación de tendencia dinámico para generar diagramas de control. Estos diagramas permiten realizar seguimiento a los procesos, generando tendencias que permiten identificar perturbaciones de las variables de control.

Actualmente este sistema está a cargo del ingeniero de procesos, quien tiene control de las principales variables operativas que en algún momento presentaron desviaciones y generaron problemas operativos. La tecnología instalada para seguir en línea las variables es considerada la adecuada; sin embargo, la capacidad en hardware requiere de mayor evaluación para incrementar la capacidad de procesamiento y controles que permita identificar y anticipar las desviaciones de las variables.

Los resultados operativos son emitidos en reportes mensuales con presentación de datos comparativos estadísticos entre los ciclos operativos bianuales a través de diagramas de barras. Cada planta tiene características auténticas de acuerdo al diseño, construcción, capacidades y diseño de manejo de información de variables, razón por la que no es aplicable realizar comparaciones estadísticas con otras plantas similares.

Los diagramas de dispersión de puntos son herramientas frecuentemente usadas en el control de procesos para identificar correlación entre variables durante eventos no deseados. La utilización en el control diario de procesos está dirigida a las variables críticas de control de las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno.

La Figura 37, ilustra el método causa-raíz utilizada principalmente para el diagnóstico y evaluación de aspectos en seguridad en las actividades y procesos para identificar la causa primaria de los accidentes, incidentes y efectos presentados. Actualmente este método es

utilizado de manera incipiente solo en accidentes laborales. A la fecha no se tiene una evaluación cuantificable de su efectividad. La metodología es:

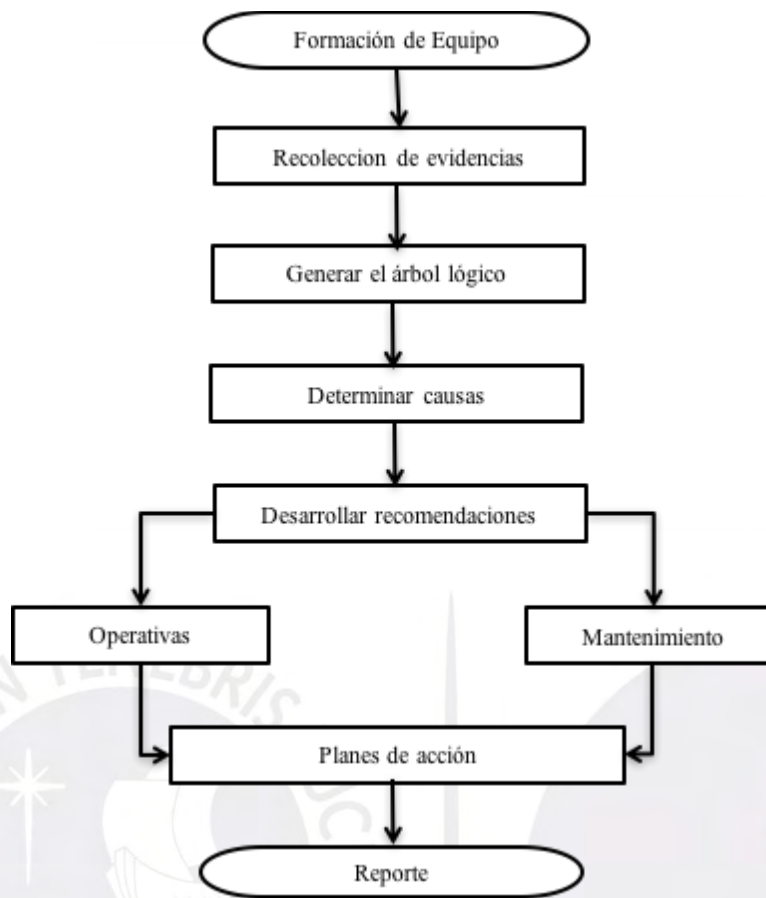


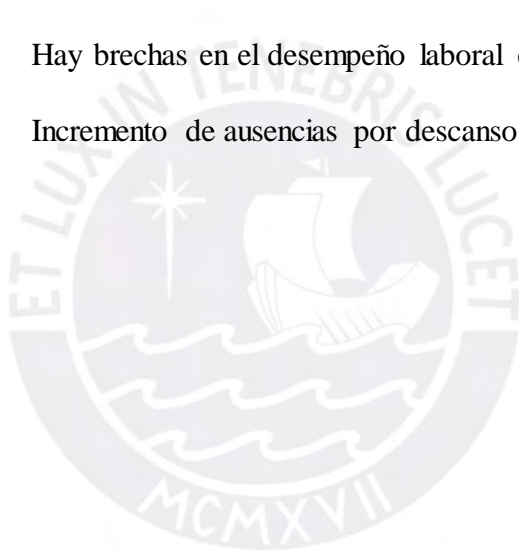
Figura 37. Diagrama de flujo de seguridad

5.4. Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos

Se ha realizado el análisis utilizando la metodología causa efecto de Ishikawa tanto para las PAS y POX representadas en las Figuras 38 y 39 respectivamente donde se han encontrado dos problemas que tienen impacto directo en el logro de objetivos estratégicos de la empresa. Luego de haber encontrado las causas para cada problema estas se han ponderado, evaluado y permite una priorización en función al impacto en la productividad y el costo. Dicha evaluación de causas nos permite el planteamiento de las propuestas de mejora con un enfoque de eficiencia en las inversiones.

En el análisis de la PAS encontramos que los doce primeros problemas generan un impacto del 82% sobre los objetivos estratégicos de la empresa (véase la Tabla 15).

- Hay limitaciones en el control de la estabilidad del dióxido de azufre
- El método del mantenimiento no es eficaz
- Se tiene desbalance térmico en el primer lecho de reactor catalítico continuamente
- Presencia de zonas frías en intercambiador
- Falta de bomba en *standby* del sistema de secado y absorción
- Área de contacto en torres reduce velocidad de flujo
- No hay uso óptimo de silicato
- No hay un adecuado programa de compras de materiales
- Demora en el tiempo de entrega de materiales a las plantas de ácido
- Falta capacitación al personal con técnicas actuales de producción
- Hay brechas en el desempeño laboral e
- Incremento de ausencias por descanso médico.



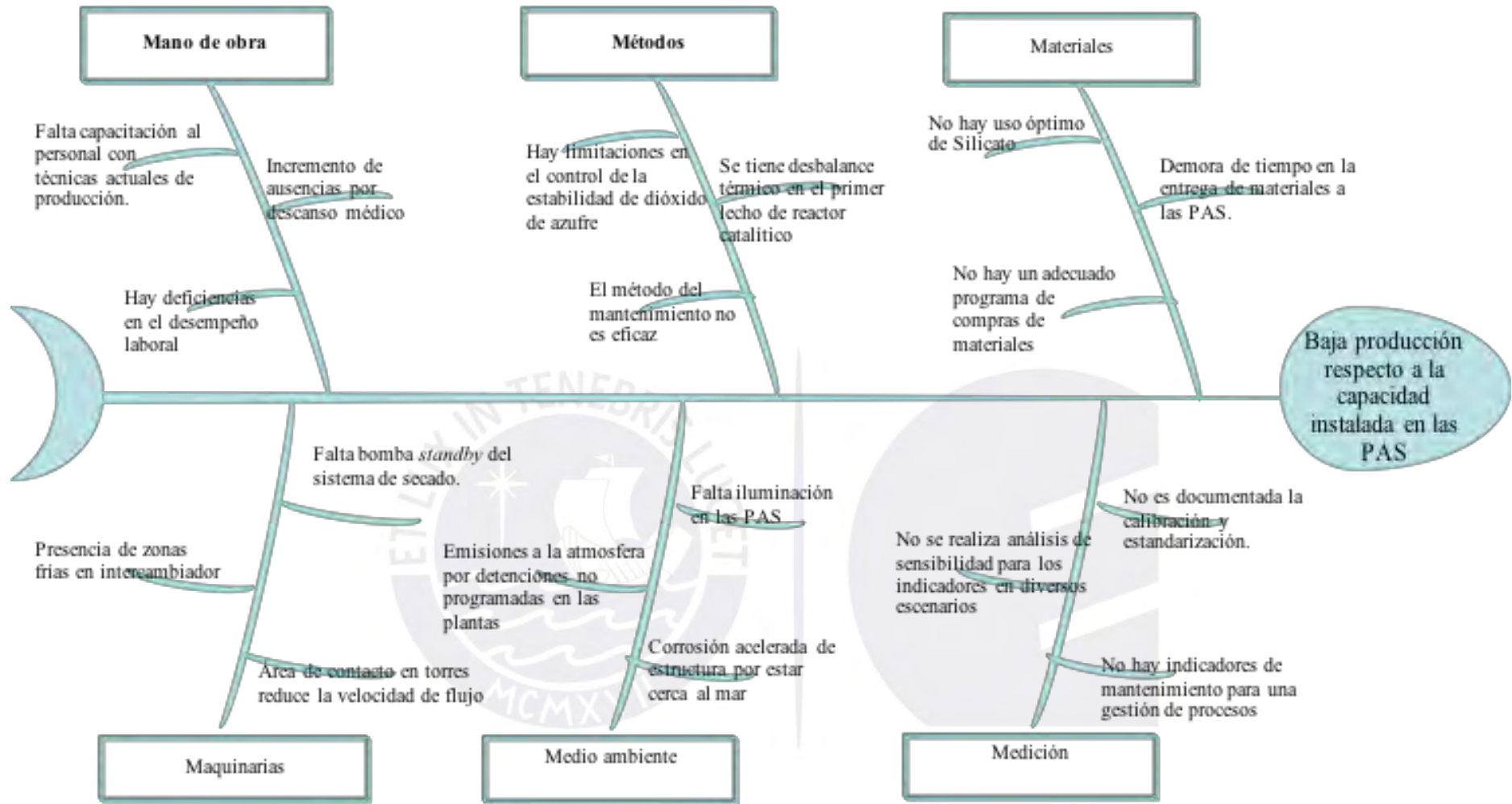


Figura 38. Diagrama de Ishikawa de las PAS

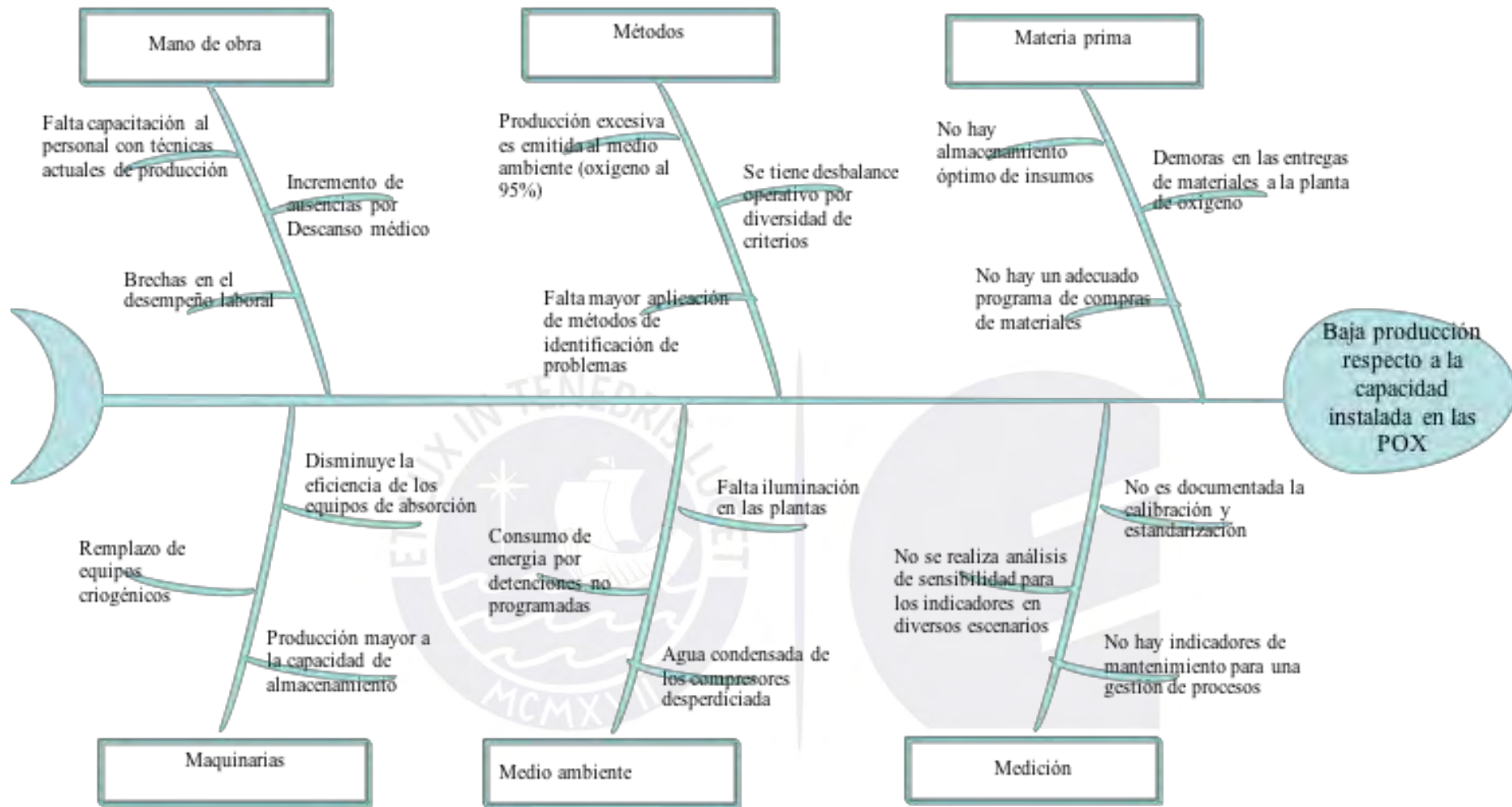


Figura 39. Diagrama de Ishikawa de las POX

Con respecto al análisis de las POX vemos que los doce primeros problemas en función al impacto en la productividad y costos generan un impacto del 82% en los objetivos estratégicos de la empresa que son (véase la Tabla 16):

- Producción excesiva es emitida al medio ambiente (oxígeno al 95%)
- Falta mayor aplicación de método de identificación de problemas
- Se tiene desbalance operativo por diversidad de criterios
- Reemplazo de equipos criogénicos
- Disminución de eficiencia de equipos de adsorción
- Producción mayor a la capacidad de almacenamiento temporal
- No hay almacenamiento óptimo de los insumos
- No hay un adecuado programa de compras de materiales
- Demora de tiempo en la entrega de materiales a las plantas de oxígeno
- Incremento de ausencias por descanso médico
- Falta capacitación al personal con técnicas actuales de producción y
- Existen brechas en el desempeño laboral.

Tabla 15
Ponderación del Impacto de las Causas para la PAS

Causas	Impacto de la productividad	Impacto en el costo	Impacto total
Hay limitaciones en el control de la estabilidad de dióxido de azufre	5	5	25
El método del mantenimiento no es eficaz	4	5	20
Se tiene desbalance térmico en el primer lecho de reactor catalítico continuamente.	4	5	20
Presencia de zonas frías en intercambiador	5	4	20
Falta de bomba en <i>standby</i> del sistema de secado y absorción	4	4	16
Área de contacto en torres reduce velocidad de flujo	5	3	15
No hay uso óptimo del silicato	4	4	16
No hay un adecuado programa de compras de materiales	4	3	12
Demora de tiempo en la entrega de materiales a las PAS	5	2	10
Falta capacitación al personal con técnicas actuales de producción.	2	5	10
Existen brechas en el desempeño laboral	5	2	10
Incremento de ausencias por descanso médico	3	3	9
Emisiones a la atmósfera por detenciones no programadas de las plantas	3	3	9
Falta iluminación de la plantas de ácido	4	2	8
Corrosión acelerada de estructuras por estar cerca al mar	4	2	8
No se realiza análisis de sensibilidad para los indicadores en diversos escenarios	3	2	6
No es documentada la calibración y estandarización de los analizadores	5	1	5
No hay indicadores de mantenimiento para una gestión procesos	2	2	4
Totales	71	57	223

Nota. Los primeros 12 problemas generan el 82% del impacto total. 1 = bajo impacto; 5 = alto impacto.

Tabla 16
Ponderación del Impacto de las Causas para la POX

Causas	Impacto en la productividad	Impacto en el costo	Impacto total
Producción excesiva es emitida al medio ambiente (oxígeno al 95%)	5	5	25
Falta mayor aplicación de método de identificación de problemas	5	5	25
Se tiene desbalance operativo por diversidad de criterios	5	4	20
Reemplazo de equipos criogénicos	5	4	20
Disminución de eficiencia de equipos de adsorción	5	4	20
Producción mayor a la capacidad de almacenamiento temporal	5	4	20
No hay almacenamiento óptimo de los insumos	4	4	16
No hay un adecuado programa de compras de materiales	5	3	15
Demora de tiempo en la entrega de materiales a las POX	3	5	15
Incremento de ausencias por descanso médico	3	5	15
Falta capacitación al personal con técnicas actuales de producción.	4	3	12
Existen brechas en el desempeño laboral	3	4	12
Consumo de energía por detenciones no programadas de las demás plantas	2	5	10
Falta iluminación de la plantas	5	2	10
Agua condensada de los compresores desperdiciada	3	3	9
No se realiza análisis de sensibilidad para los indicadores en diversos escenarios	4	2	8
No es documentada la calibración y estandarización de los analizadores	3	2	6
No hay indicadores de mantenimiento para una gestión procesos	5	1	5
Totales	74	65	263

Nota. Los primeros 12 problemas generan el 82% del impacto total. 1 = bajo impacto; 5 = alto impacto.

5.5. Propuesta de Mejora

En el diagrama de Ishikawa para la PAS se identifica como tercera causa de impacto en el objetivo estratégico de la empresa dentro del proceso de producción de ácido sulfúrico el desbalance térmico en el primer lecho catalítico. Esta condición genera la reducción de la productividad por el incremento en el consumo de diesel y reducción de producción en casos aislados.

Se ha corroborado que estos eventos se dan cuando se tienen las concentraciones del dióxido de azufre es superior al 13.0%, incrementos de temperatura generada por la reacción exotérmica del reactor y la distribución de flujo de aire heterogéneo al ingreso del primer lecho por la diferencia de densidades entre el gas caliente y el gas frío.

Las propuestas de mejora se plantean en la Tabla 17. La segunda opción de instalación de deflectores es la que propone la mejor opción para la homogeneización del gas, eliminar tiempos de paralización de la producción por desbalance de densidades.

La propuesta de instalación de deflectores se llevaría a cabo en tres días calendario o 72 horas, con una inversión total de US\$ 716,747.76 donde se consideran los costos por pérdida de producción durante el período de instalación, costo de materiales, costos de instalación, diseño e ingeniería. Actualmente la pérdida de producción anual se estima en US\$ 687,112.50 al implementar la opción 1 de la propuesta se calcula una eficiencia del 60% que representa una reducción del US\$ 412,267.50, la nueva pérdida de producción anual una vez implementada la propuesta será US\$ 274,845.

Por los costos operativos generados se selecciona las propuestas 2 y 3 cuya combinación generará mayor beneficio en la estabilización de la concentración de dióxido de azufre al ingreso a la PAS No.2. Los deflectores deben ser diseñados e instalados en las detenciones bianuales para reducir el impacto en la paralización de la producción, siendo el objetivo girar parcialmente la dirección del flujo antes del ingreso del lecho catalítico. Esto

garantizará la homogeneización del fluido frío y caliente para una conversión uniforme con un balance térmico con mayor estabilidad.

Restringir el flujo por el *bypass* del intercambiador caliente, fuente principal de fluido de menor temperatura que causa el desbalance térmico pero necesario para el balance energético. Esta restricción debe ser realizada de forma gradual en función a las concentraciones de ingreso. Actualmente este control está basado en la temperatura, la propuesta se basa en que esta restricción trabaje adicionalmente con la concentración del dióxido de azufre.

Se propone implementar una propuesta combinada entre las opciones 2, donde se realizan los cambios físicos para distribuir de manera homogénea el flujo de gas y la opción 3 que permite incrementar esta distribución por parte de control de proceso basado en lógicas y lenguajes de programación. El incremento del ingreso proyectado al 2018 sería en US\$ 480,978.75 y en el 2019 US\$ 622,781.25, como se muestra en la Tabla 18. Dado que el ingreso generado por la implementación de la propuesta 1 y 2 en el primer año es menor a la inversión se está proyectando los ingresos para el 2019 con un valor comercial de 97.50 US\$/Tm resultando un total de US\$ 622,781.25. Asimismo se realizó el análisis de Valor Actual Neto (VAN) en estos periodos a una tasa de descuento del 10% con resultado positivo mayor a cero con US\$ 213,819.00 dicho valor es el beneficio actualizado de la inversión (véase la Tabla 19).

Tabla 17
Propuestas de Mejora del Proceso

Concepto	Ventiladores internos (1)	Deflectores (2)	Restricción de flujo (3)
Tiempo de instalación (Horas)	72	72	0
Producción total proyectada Tm/h 2018	120.58	120.58	120.58
Eficiencia de propuesta en %	60	60	10
Pérdida de producción Tm/Hr	10.00	10.00	10.00
Valor comercial / Tm 2018	75.30	75.30	75.30
Valor comercial / Tm 2019	97.50	97.50	97.50
Horas sin producción /d	2.50	2.50	2.50
Horas sin producción /a (365d)	912.50	912.50	912.50
Costo por pérdida producción por instalación	653,747.76	653,747.76	0.00
Costo de energía en US\$	97,200.00	0.00	0.00
Costo de equipo nuevo en US\$	68,000.00	10,000.00	0.00
Costo de instalación en US\$	18,000.00	18,000.00	0.00
Costo de ingeniería en US\$	50,000.00	15,000.00	20,000.00
Costo total de inversión	886,947.76	696,747.76	20,000.00
Costo perdida producción anual sin propuesta	687,112.50	687,112.50	687,112.50
Costo perdida producción anual con propuesta	274,845.00	274,845.00	618,401.25
Incremento en los ingresos 2018 US\$	412,267.50	412,267.50	68,711.25
Beneficio - inversión	-474,680.26	-284,480.26	48,711.25

Tabla 18
Costos y Beneficios por la Mejora de Procesos de las PAS Propuestas 1 y 2

Concepto	2018	2019
Costo por pérdida producción por instalación en US\$	653,747.76	
Costo de energía en US\$	0.00	
Costo de equipo nuevo en US\$	10,000.00	
Costo de instalación en US\$	18,000.00	
Costo de ingeniería en US\$	35,000.00	
Costo total de inversión en US\$	716,747.76	
Costo perdida producción sin propuesta en US\$	687,112.50	889,687.50
Costo perdida producción con propuesta en US\$	206,133.75	266,906.25
Incremento en los ingresos 2018 en US\$	480,978.75	622,781.25

Tabla 19
Cálculo Valor Actual Neto de la Inversión en Propuesta de Mejora

VAN US\$	Tasa descuento	Inversión inicial	Flujo año 1	Flujo año 2
213,819.00	10.0%	-716,747.76	480,978.75	622,781.25

5.6. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas en función al análisis del diagrama de Ishikawa permite resaltar que los principales problemas que generan un impacto del 82% sobre los objetivos estratégicos de producción de las PAS y POX son los relacionados a métodos, maquinarias, materiales y mano de obra.

Se identifica al desbalance térmico continuo en el primer lecho de reactor catalítico como uno de los principales problemas de métodos para la PAS.

Se propone como alternativa de mejora dos opciones, instalación de deflectores y la restricción de flujo cuya combinación generará mayor beneficio en la estabilización de la concentración del dióxido de azufre al ingreso a la PAS No.2. Contribuye a esta decisión además los menores costos de instalación y de cambio que presentan estas dos alternativas. El beneficio neto anual del primer año es de US\$ 480,978.75 y US\$ 622,871.25 para el 2019. Como se puede apreciar el beneficio del primer año es menor a la inversión de la propuesta de mejora la cual asciende a US\$ 716,747.76 por ello se hizo el análisis de valor actual neto a una tasa de descuento del 10% resultando como valor actual de los flujos futuros en US\$ 213,819.00, la inversión es rentable.

Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de Planta

El presente capítulo muestra la distribución actual de las PAS y POX dentro del complejo metalúrgico de SPCC en Ilo, siendo ambas plantas parte del sistema integral operativo de la fundición. Ponemos en relieve la relación de las actividades con las demás plantas del proceso productivo del cobre. Se ha analizado la distribución interna en el sistema de bombeo de ácido sulfúrico de las plantas No.1 y No.2 para lo cual se propone una modificación del mismo para el mejor aprovechamiento de los recursos, orientado a proporcionar el incremento en la productividad y eficiencia del proceso operativo.

6.1. Distribución de Planta

Las plantas fueron planificadas, diseñadas y construidas para la transformación del dióxido de azufre y el aire en ácido sulfúrico y oxígeno respectivamente, la curva de producción fue incrementando progresivamente de acuerdo a las mejoras operativas y modernización del proceso productivo del cobre. Fueron creadas con el propósito de incrementar la producción y la modernizadas de la fundición en cumplimiento las exigencias del convenio PAMA sin embargo en los últimos años se han encontrado áreas de mejora de productividad y eficiencia.

La Superintendencia de producción de ácido y oxígeno abarca un área total de 48,282 m², dentro de las instalaciones de la fundición, el 82.78% es decir 39,968 m² del área corresponde sólo a las PAS y el 17.22% es decir 8,314 m² de área a las POX (véase la Tabla 20). El acceso a las PAS es de 360° por la complejidad de sus operaciones de acuerdo a la disposición de equipos, la seguridad y la ubicación a las diferentes secciones de apoyo, sin embargo, el acceso hacia las POX está restringido por enmallados teniendo acceso por dos puertas en cumplimiento a normas de seguridad.

Tabla 20

Área Utilizada por las Plantas de Producción

Plantas	Área en m ²	Porcentaje
Ácido Sulfúrico	39,967	82.78%
Oxígeno	8,315	17.22%
Total	48,282	100.00%

La distribución actual de la PAS No.1 se muestra en la Figura 40, el porcentaje del área que ocupa esta planta es de 39.34% es decir 15,723 m² donde el 45.78% está ocupada por la sección de limpieza y acondicionamiento de los gases; 4.29% corresponde al sistema de tratamiento de efluentes del agua de lavado de gases; 18.79% representa la sección donde se genera la recuperación de la energía y la conversión del gas; la sección de secado y absorción representa el 10.78% del área; la zona de almacenamiento y despacho corresponde un 19.11%; el área de vestidor específico para trabajos con ácido es de 0.45% ; y finalmente el 0.15% corresponde a los áreas de vestuario, baño y ducha (véase la Tabla 21).

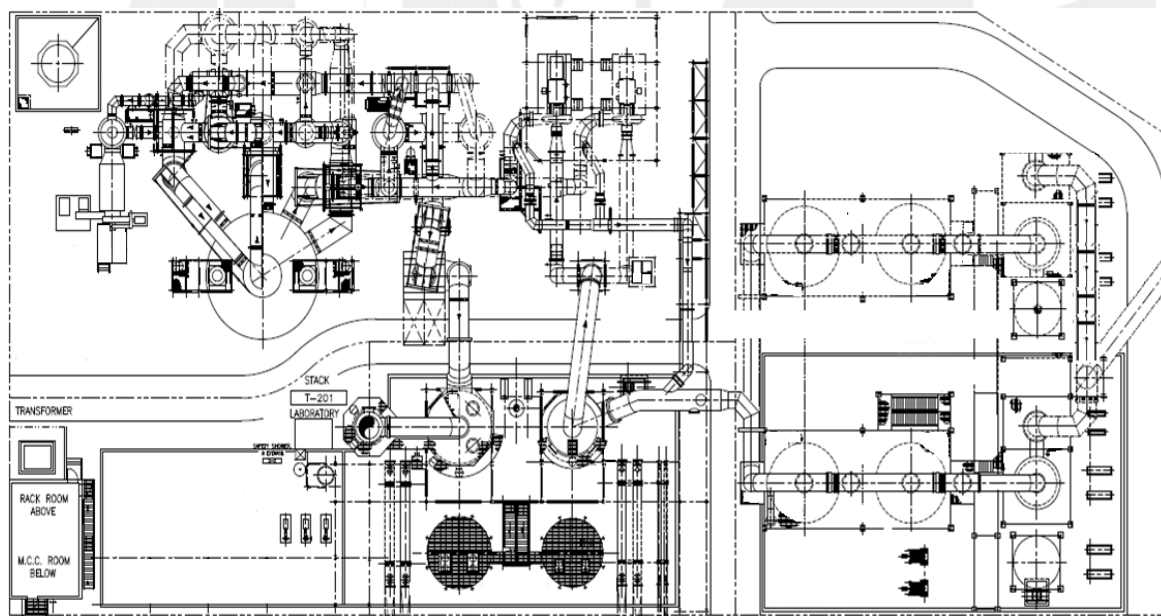


Figura 40. Layout actual de la PAS No.1

Tabla 21
Área Utilizada por las PAS

Planta	Área en m ²	Porcentaje
PAS No.1	15,723	39.34%
PAS No.2	24,245	60.66%
Total	39,968	100.00%

La distribución actual de la PAS No.2 se muestra en la Figura 41, el porcentaje del área que ocupa esta planta es de 60.66% es decir 24,245 m² de los cuales el 15.49% es ocupada por la sección de limpieza y acondicionamiento de los gases; 5.68% corresponde al sistema de tratamiento de efluentes del agua de lavado de gases; 15.16% representa la sección donde se genera la recuperación de la energía y la conversión del gas; la sección de secado y absorción representa el 9.30% del área; la zona de almacenamiento y despacho corresponde un 54.04%; y finalmente el 0.33% corresponde a los áreas de oficina, baño y ducha (véase la Tabla 22).

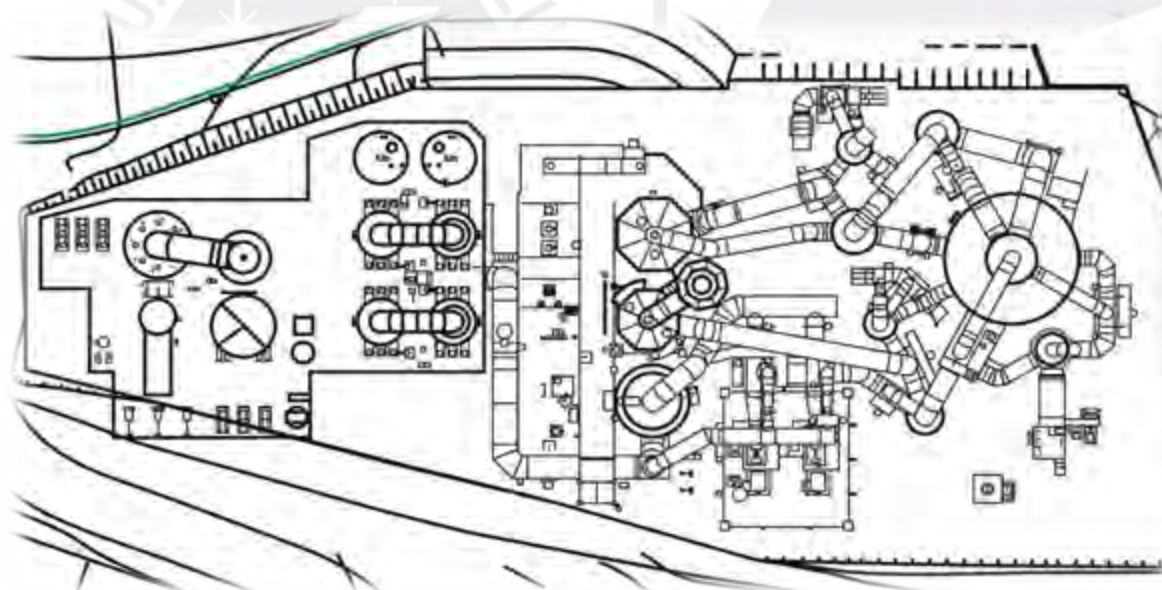


Figura 41. Layout actual de la PAS No.2

Tabla 22
Distribución de Áreas de las PAS

Secciones	PAS No.1	PAS No.2
Sección de recuperación de energía y conversión de gas	18.79%	15.49%
Sistema de tratamiento de efluentes del agua de lavado de gases	4.29%	5.68%
Limpieza y acondicionamiento de gases	45.78%	15.16%
Secado y Absorción	10.78%	9.30%
Almacenamiento y despacho	19.11%	54.04%
Vestidor exclusivo planta ácido	0.45%	
Oficina, Vestuario, baño y duchas	0.80%	0.33%
Total	100.00%	100.00%

Las POX ocupan el 17.22% del área total de la Superintendencia de producción de ácido y oxígeno es decir 8,314 m², la distribución actual de la POX No.1 se muestra en la Figura 42, el porcentaje del área que ocupa esta planta es de 51.11% del área es decir 4,249 m², de los cuales el 12.54% está la sección de compresión del aire; 4.98% corresponde al sistema purificación y acondicionamiento del aire; 2.13% representa la sección expansión; la destilación binaria representa el 4.49% del área; la zona de almacenamiento temporal corresponde un 6.04%; el 1.88% corresponde a la sala de calidad; 9.88% a los sistemas auxiliares de enfriamiento; el 30.60% representan el área de circulación y pasadizos y finalmente el 27.47% representa el área de seguridad por ser un producto oxidante por excelencia.

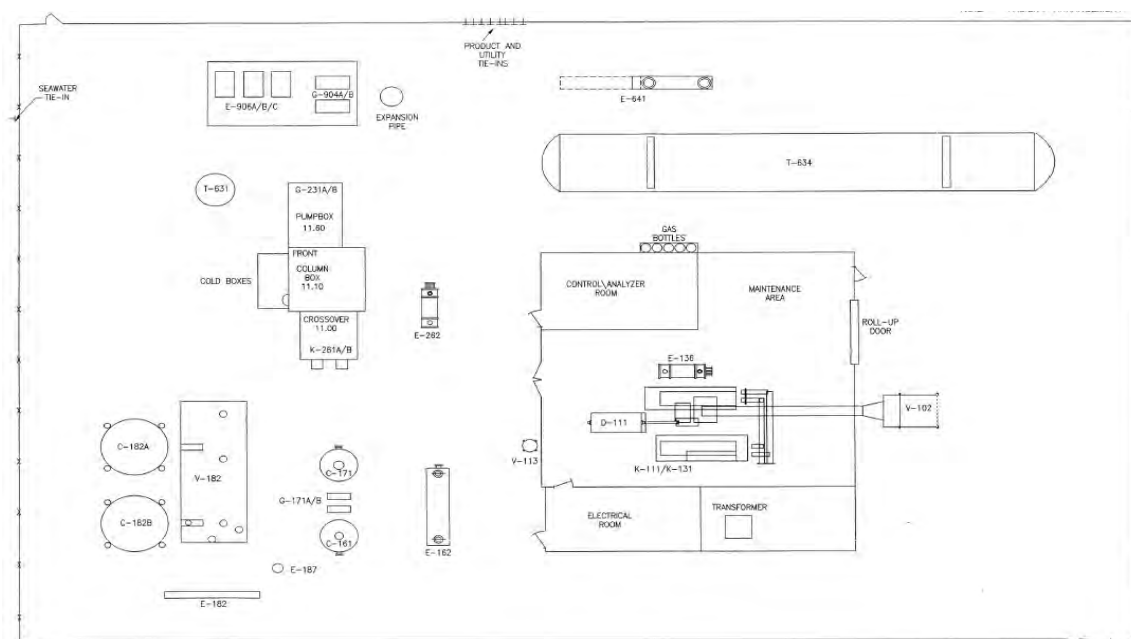


Figura 42. Layout actual de la POX No.1

La distribución actual de la POX No.2 se muestra en la Figura 43, el porcentaje del área que ocupa esta planta es de 48.89% es decir 4,065 m² de los cuales el 17.71% está la sección de compresión del aire; 7.68% corresponde al sistema purificación y acondicionamiento del aire; 4.43% representa la sección expansión; la destilación binaria representa el 2.95% del área; la zona de almacenamiento temporal corresponde un 6.20%; el 1.78% corresponde a la sala de calidad y control remoto; 3.94% a los sistemas auxiliares de enfriamiento; el 16.73% representan el área de circulación y pasadizos; los áreas de maniobras representan 14.27%; el área de servicios higiénicos representa el 0.10% y finalmente el 24.23% representa el área de seguridad por ser un producto oxidante por excelencia (véase la Tabla 23).

Tabla 23

Área Utilizada por las POX

Planta	Área en m ²	Porcentaje
POX No.1	4,249	51.11%
POX No.2	4,065	48.89%
Total	8,314	100.00%

Tabla 24

Distribución de Áreas de la POX

Secciones	POX N°1	POX N°2
Compresión de aire	12.54%	17.71%
Purificación y acondicionamiento del aire	4.98%	7.68%
Expansión y compresión de refuerzo	2.13%	4.43%
Destilación binaria	4.49%	2.95%
Almacenamiento temporal	6.04%	6.20%
Sala de calidad y control remoto	1.88%	1.78%
Seguridad	27.46%	24.21%
Sistemas auxiliares de enfriamiento	9.88%	3.94%
Áreas de circulación y pasadizos	30.60%	16.73%
Área de maniobras		14.27%
Servicios higiénicos		0.10%
Total	100.00%	100.00%

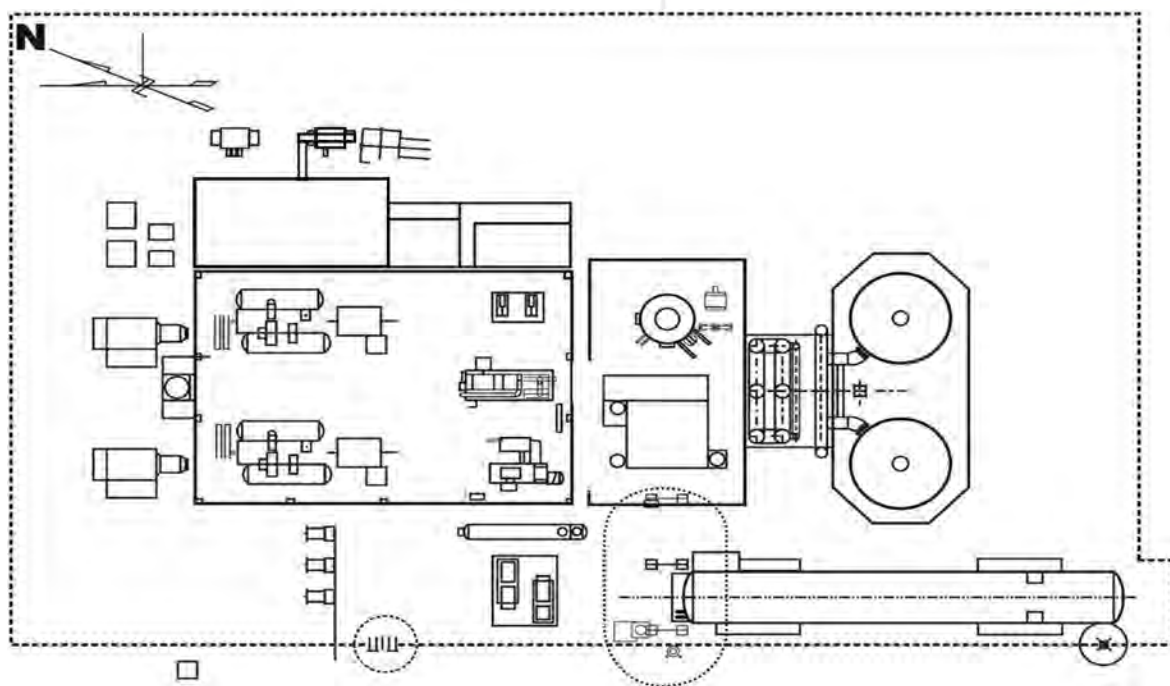


Figura 43. Layout actual de la POX No.2

6.2. Análisis de la Distribución de Planta

La distribución de los equipos principales para el proceso de producción de ácido y oxígeno vienen cumpliendo el propósito de mantener el abastecimiento para la cadena productiva de cobre, dichas plantas están diseñadas para realizar en ellas las modificaciones o ampliaciones necesarias que permitan el incremento de la productividad en todo el sistema de

producción. Dentro de los principales hallazgos en ambas plantas encontramos que la distribución de equipos en la PAS No.1 la producción es enviada al área de almacenamiento de la planta para luego ser nuevamente bombeada a los tanques de almacenamiento de la PAS No.2 para el despacho generando consumo de energía adicional y recursos, aquí encontramos una oportunidad de mejora de eficiencia.

La POX No.1 está diseñada para producir este gas de alta y baja presión mientras que la POX No.2 produce sólo oxígeno de baja presión. Se considera que la distribución de los equipos en las plantas debe mejorarse ya que la existencia de un almacén temporal de insumos en la parte posterior de la POX No.2 genera movimientos de equipo pesado y gases de combustión que ingresan al proceso durante el paso de estos equipos.

La ubicación de la POX No.2 no es la más adecuada dado que se encuentra en la zona norte de la fundición pues los vientos predominantemente durante el año son de sur a norte conlleva a que se tenga ingreso de aire a la planta con contenidos de gases propias de proceso de fusión, generando costos adicionales en filtros químicos y acortando el tiempo de vida útil de los intercambiadores del proceso de compresión.

A partir del 2016 la empresa disminuye la producción en la POX No.1 en periodos de producción de cobre mínima, explicado por la baja producción de concentrado que ingresa a la fundición por ejemplo en temporadas de lluvias por lo que el requerimiento de oxígeno es menor en dichos periodos. En el año 2017 esta disminución de producción del oxígeno se ha acentuado por las optimizaciones propias del proceso y mejora en la eficiencia del uso del oxígeno en la fundición. La particularidad de la POX No.1 es que provee oxígeno de alta presión, la POX No.2 solo produce oxígeno de baja presión, al detener la producción en la POX No.1 solo tiene disponibilidad almacenada para un mes aproximadamente de acuerdo al consumo. Una vez agotado el stock la empresa inicia el proceso de compra de oxígeno para mantener la continuidad en la producción en la fundición.

Las áreas de apoyo en las PAS requieren un replanteo que permita generar mayor eficiencia en tiempos de desplazamiento dado que la ubicación de los vestidores en dos lugares distintos de la planta genera además falta de comunicación y coordinación durante los cambios de turno y como consecuencia de ello falta de información entre los operadores.

6.3. Propuesta de Mejora

Para la realización de esta nuestra propuesta de mejora se ha empleado la metodología de Richard Muther (véase las Figuras 44 y 45) también conocida como Diagrama de Relación de Actividades, donde se realizó el análisis de la distribución actual de la PAS No.1 y No.2, considerando la relación de las actividades entre ambas, se ha podido obtener como resultado que para mejorar la distribución de la planta en términos costo se propone dentro de los procesos de secado, absorción y almacenamiento, despacho las variables de cercanía E con un proceso de cercanía importante 6, debido a la capacidad de almacenamiento de los tanques brindados por la PAS No.2.

Esta metodología nos ha permitido brindar un alcance mayor e identificar con las variables dadas que precisamente debería existir una secuencia de trabajo especialmente importante en términos de proximidad en el área de almacenamiento la cual permitirá maximizar el desempeño de la misma en términos económicos y celeridad en la operación.

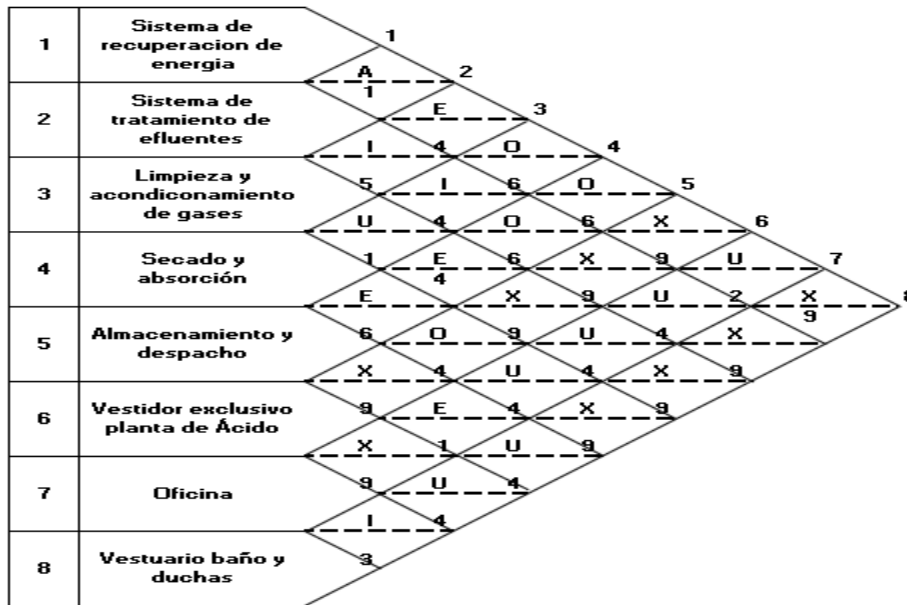


Figura 44. Diagrama de relación de actividades de la PAS
 Adaptado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 180), por F. A. D'Alessio, 2013, México DF, México: Pearson

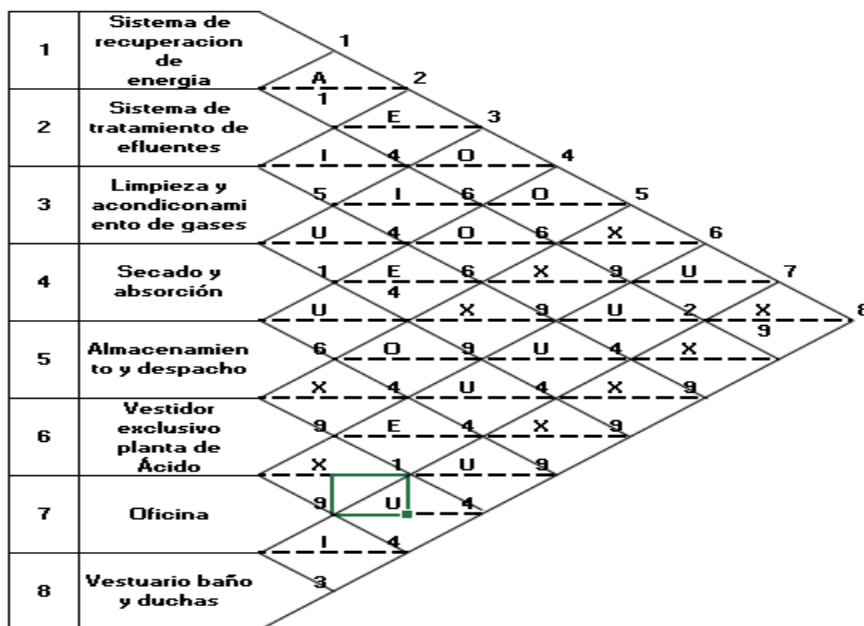


Figura 45. Diagrama de relación de actividades de la POX
 Adaptado de «Administración de las operaciones productivas» (p. 180), por F. A. D'Alessio, 2013, México DF, México: Pearson

Para la realización de esta propuesta dada la implementación de la matriz de Muther se ha visto por conveniente transferir directamente el ácido producido en la PAS No.1 hacia los tanques de almacenamiento de la PAS No.2, para esto se sugiere realizar la implementación de un *Tie-In* en la línea de producción de la PAS No.1 y la línea de transferencia de los tanques de almacenamiento de la PAS No.1 hacia la PAS No.2 (véase la Figura 46).

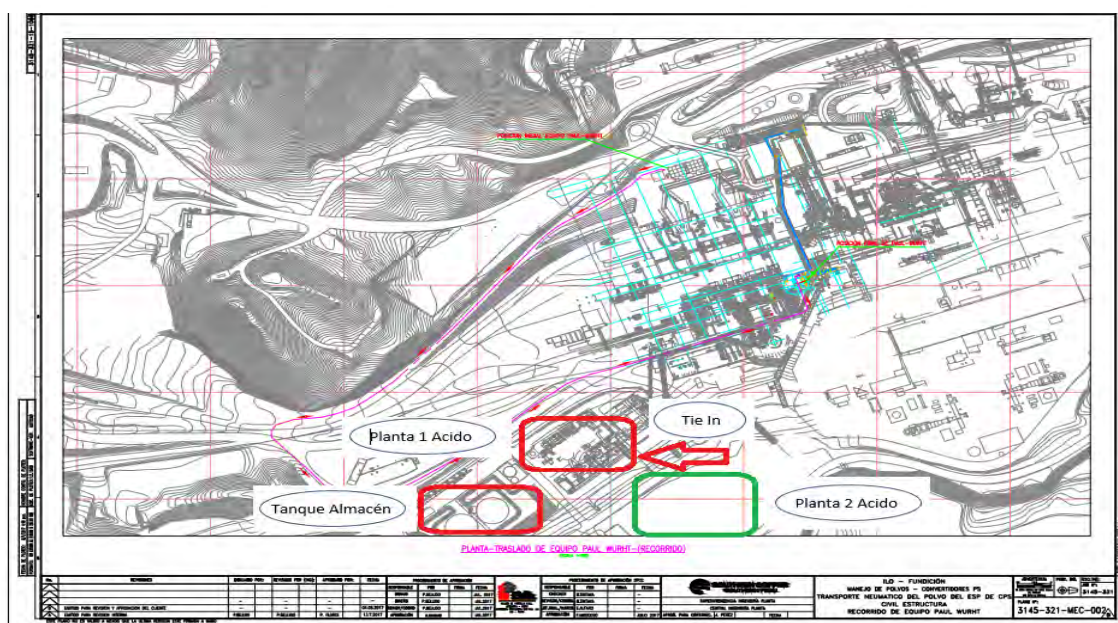


Figura 46. Plano de SPCC

Estas líneas de transferencia están diseñadas para flujo superior a la producción de la PAS No.1, este *Tie-In* permitirá aislar los tanques de almacenamiento de la PAS No.1 y tener la producción permanente a los tanques que se entregan para el despacho, entre los beneficios identificados tenemos eliminar el almacenamiento temporal de tanques de la PAS No.1, reducir la frecuencia de mantenimiento de las bombas de transferencia, reducir en un 90% el uso de las bombas de transferencia, para la realización de esta propuesta se ha estimado realizar una inversión ascendente a un monto de US\$ 7,055 referente a mano de obra especializada y materiales específicos, con el análisis realizado de la inversión se ha establecido obtener un costo beneficio global de energía de US\$ 2'371,566.25 en términos generales de toda la planta y un costo beneficio específico en la bomba de transferencia de los

tanques de almacenamiento representado en US\$ 128,593.65 en un periodo anual (véase la Tabla 25 y 26).

Tabla 25

Inversión Requerida para realizar Tie-in

Inversión	Cantidad	Costo en US\$
Mano especializada	1	6,000.00
Tubería inox. excéntrica (50 cm)	1	300.00
Válvulas de 4 pulgada	1	200.00
Válvulas de 8 pulgada	1	230.00
Bridas 4 pulgada	5	150.00
Bridas 8 pulgado	5	175.00
Inversión total		7,055.00

Tabla 26

Costo-Beneficio de Inversión en Tie-in

Flujo del modelo actual A (US\$)	Año 2018
Valor comercial en US\$	75'751,724.70
Costos de producción en US\$	30'764,272.83
Flujo neto en US\$	44'987,451.87
Flujo del modelo propuesto B (US\$)	
Valor comercial en US\$	79'539,310.94
Costo de producción en US\$	32'180,292.81
Flujo neto en US\$	47'365,418.12
Costo beneficio general de planta	
Costo beneficio en US\$	2'371,566.25
Costos en US\$	-1'416,019.98
Costo beneficio específico de energía	
Energía actual 2018 en US\$	8'981,221.00
Energía proyectada 2018 en US\$	9'430,282.05
Costo beneficio reducción de bomba en US\$	128,593.66
Nuevo costo energía proyectada en US\$	9'301,688.39
Costo Beneficio % (Reducción Bomba/Inversión)	18.23

Nota. Elaboración propia

6.4. Conclusiones

Las disposiciones de áreas para las PAS y POX son adecuadas pues permiten la modificación o desplazamiento de equipos según los proyectos de mejora de producción. Dentro de los hallazgos encontrados tenemos que el proceso de almacenaje de ácido se hace en dos tiempos abasteciendo a los tanques de la PAS No.1 y luego enviar a los tanques de la

PAS No.2 para su despacho, para simplificar este proceso se genera una propuesta de mejora orientada a enviar directamente la producción a la PAS No.2 para el despacho mejorando la productividad y eficiencia en la producción y almacenaje de ácido en un solo tiempo.

Realizar una inversión ascendente a un monto de \$ 7,055 para la implementación de un *Tie-In* que permitirá una reducción de costos en términos de energía.

El costo beneficio de impacto global en la planta asciende a un monto US\$ 2'371,566.25 y en términos de costo beneficio específico a la energía de las bombas de transferencia se obtiene un monto de US\$ 128,593.66 para el periodo anual 2018.



Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo

En este capítulo, se relacionan los principales indicadores y resultados operativos de gestión de las PAS y POX con relación al planeamiento y diseño del trabajo. Se describen las características del manual de organización y funciones y análisis respecto a los puestos de trabajo. Se analizan los indicadores y programas de capacitación en el trabajo, los esquemas de medición de satisfacción del personal, las herramientas de gestión y esquemas de medición del trabajo. Finalmente, se realizan propuestas de optimización en los esquemas de medición de trabajo que permitan reducir desviaciones para asegurar y mejorar la calidad de los productos de ambas plantas.

7.1. Planeamiento del Trabajo

Los objetivos anuales de requerimientos en volúmenes, estándares de calidad, disponibilidad operativa de las plantas, estándares de seguridad y salud ocupacional, protección del ambiente definen el planeamiento de trabajo en las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno.

Para la producción de ácido sulfúrico y oxígeno no se evidencia la aplicación de un esquema de medición de trabajo que incluya métodos y tiempos para las posiciones de supervisores, especialistas, operadores y reemplazos por trabajo secundarios que en total representan el 94% del personal permanente, en tanto el proceso es automatizado en gran parte y debido a que los operadores desarrollan trabajos dinámicos con tareas variables cada día. Sin embargo, un adecuado análisis de métodos y tiempos son requeridos para las etapas de mantenimiento preventivo y correctivo en función al cronograma establecido en los objetivos mensuales y anuales. En particular, el personal operador tiene un carácter polifuncional y desarrolla diversas actividades preestablecidas de mantenimiento preventivo y control de procesos y en algunos casos a trabajos operativos no programados. Presentan esquemas laborales de rotaciones en periodos cortos solo a nivel de operadores y

supervisores. El análisis de métodos y tiempos debiera permitir la optimización de funciones específicas, la reducción de actividades repetitivas y no programadas y eventualmente la reducción de costos operativos fijos por reducción de personal.

Los objetivos de volúmenes y calidad son variables en el año; sin embargo, esto no condiciona la variación del número de trabajadores o de la estructura organizacional. En la entrevista que se realizó al encargado de la automatización menciona que los procesos de generación de los productos ácido sulfúrico y oxígeno están automatizados entre el 95 al 97% y con procesos en evaluación para actualizar los controles de automatización con las tecnologías actuales que el mercado ofrece.

El personal permanente se distribuye según 87% entre Operadores, Especialistas y reemplazos por trabajos secundarios y 11% entre supervisión y planificación. Toda la estructura organizacional cumple objetivos fundamentalmente de mantenimientos preventivos programados y controles de los equipos durante el año agrupados bajo la denominación de “trabajo operativo”.

Para cumplir con la confiabilidad y disponibilidad de las plantas es usual contratar mano de obra de terceros calificada para realizar mantenimientos programados y trabajos de reparaciones puntuales que garanticen la ejecución de las actividades de los procesos productivos. Se realiza un planeamiento conjunto entre las PAS y POX con los proveedores de tecnología. Estos proveedores tienen soporte técnico que permite identificar problemas puntuales de los procesos operativos, evaluaciones de los equipos, identificación de causas de bajo desempeño de los equipos que están operando y evaluaciones de mejoras a mediano y largo plazo. Este tipo de planeamiento se realiza a corto plazo y trabajos bajo parámetros en función a las competencias encontradas en el mercado.

7.2. Diseño del Trabajo

Las producción de ácido sulfúrico y oxígeno gestionada por la Gerencia de Fundición y la Superintendencia de PAS y POX tiene 62 trabajadores. Existen seis niveles de especialización como se muestra en la Figura 47 que incluyen: 1) Gerencia, 2) Superintendencia, 3) Ingeniero de Procesos, 4) Coordinador y Control de Ácido Sulfúrico e Ingenieros Supervisores, 5) Especialistas y finalmente 6) Operadores. Adicionalmente existe un grupo de trabajadores agrupados como reemplazo por trabajos secundarios que reemplazan fundamentalmente a los operadores y realizan tareas no programadas o secundarias. Cada puesto de trabajo cuenta con perfil que indican las competencias generales necesarias, grado de estudios y habilidades. Se cuenta además con PETS donde se detallan las actividades de los trabajos en cada proceso productivo.

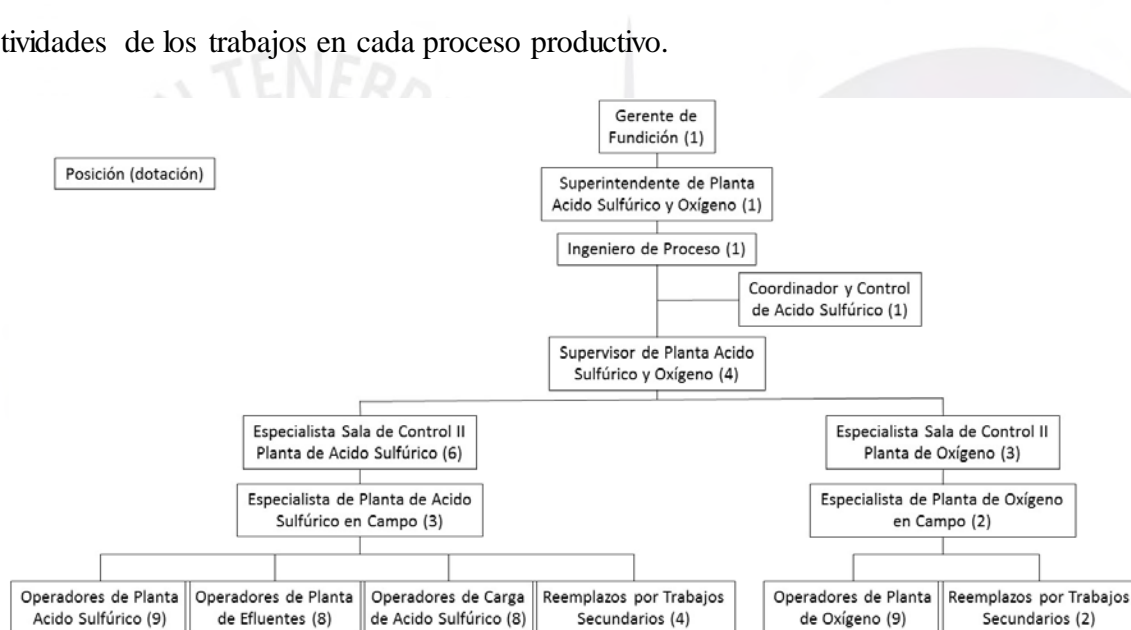


Figura 47. Organigrama de la Superintendencia de PAS y POX

La Gerencia y Superintendencia desarrollan labores de gestión gerencial y liderazgo, los Ingenieros de Procesos, Coordinador y Control de Ácido Sulfúrico e Ingenieros Supervisores realizan gestión de planeamiento operativo, coordinación y supervisión técnica. Los Especialistas Técnicos realizan trabajos de mantenimiento y controles específicos de equipos. Finalmente los Operadores se encargan de la ejecución de los comandos y planes de

trabajo. De la dotación total de 40 Operadores, 73% es personal especializado en tareas relacionadas al proceso de producción de ácido sulfúrico y 27% al proceso de producción de oxígeno.

Existen descripciones breves de las funciones generales de los puestos de trabajo desde el nivel de supervisores hasta la gerencia de fundición desarrolladas a efectos de cumplimiento de la norma ISO 9001 y considerada en el Sistema Integral de Gestión. No se evidencia documentación con descripción de las funciones específicas de los puestos de trabajo, niveles de especialización requeridos para las PAS y POX, niveles de dependencia, sistemas de reportes y descripción de nivel de coordinación con pares y subordinados.

Tabla 27

Funciones Asignadas Supervisor de Planta de Ácido y Oxígeno

Nivel de Especialización	Descripción de Funciones Generales
Supervisor de Planta	Coordinar y verificar labores operativas diarias. Coordinar y verificar los mantenimientos diarios. Controlar las variables operativas (Delta-V). Inspeccionar en campo las PAS, POX y efluentes. Revisión de lectura de reportes operativos del turno saliente. Realizar las solicitudes de trabajo y solicitudes de compra (sulfato y cal, equipos de protección personal y materiales). Desarrollar los reportes de turno. Desarrollar las guías de ácido. Preparación de reportes de producción. Planificar y estructurar las tareas del personal. Completar la investigación y reporte de incidentes. Desarrollar inspecciones planeadas y simulacros. Desarrollar observaciones de tareas. Desarrollar reuniones grupales en seguridad.

7.3. Método de trabajo

El ingeniero de procesos en coordinación con el superintendente de la PAS y la POX, determina el método de trabajo a ser aplicado en cada proceso productivo, por cuanto es el responsable de la gestión del recurso humano y los equipos del proceso operativo. Los puestos de Gerente, Superintendente e Ingenieros tienen horarios de trabajo fijo durante el día.

Se tienen un total de cuatro supervisores, tres supervisores se distribuyen en turnos A, B y C y en periodos de ocho horas. El cuarto supervisor es de relevo y reemplaza los días de descanso y vacaciones. Los tiempos y períodos de rotación son definidos a decisión de la Superintendencia de PAS y POX.

La distribución de los especialistas de sala de control contempla tres especialistas por turno. Estos se distribuyen en la sala de control de las PAS y POX y un especialista en sala de control II que se desempeña en coordinaciones de campo. La rotación actual es 14 días en la sala de control y siete días en campo.

Los Operadores van rotando semanalmente en diferentes plantas realizando mantenimientos primarios operativos y reemplazo de los especialistas durante sus días de descanso. Esta distribución es a decisión del supervisor, sin tener un esquema base establecido. Este esquema de distribución de personal y distribución de tareas no permite un análisis de métodos y tiempos que permitan optimizar las funciones específicas de personal especialistas y operadores y establecer índices de medición de desempeño laboral.

7.3.1. Capacitación en el trabajo

El personal operador y especialista de las PAS y POX tienen capacitación continua cada mes como parte de las actividades adicionales realizadas por el área y reportadas en el Sistema Integrado de Gestión. Los temas desarrollados y expuestos son libres y a criterio de los supervisores en turno y están referidos fundamentalmente a los aspectos críticos y reincidentes de fallas operativas de los equipos, mantenimiento, seguridad y conducta laboral.

La supervisión actualmente desarrolla entrenamientos en procesos productivos como parte del desarrollo interno de competencias a los operadores que requieren entrenamiento para alcanzar a ser operadores de las diferentes plantas. Este entrenamiento está a criterio de cada supervisor y las necesidades de cada equipo de trabajo. Incluyen aspectos prácticos de desarrollo y acción en casos de condiciones imprevistas tipo sismos, tsunamis, incendios,

sustancias peligrosas, rescates de heridos y colapsos de estructuras. Estas actividades no evidencian un registro de secuencia estructurada de entrenamiento.

La supervisión actualmente viene implementando un esquema de capacitación planificada con temática dirigida a objetivos específicos de mejora de procesos que serán medidos en resultados en periodos anuales. Este esquema de capacitación está aún en etapa de concepción.

7.3.2. Satisfacción en el trabajo

SPCC busca alinearse con sus objetivos para conseguir el bienestar de sus colaboradores motivándolos laboralmente. En este propósito y bajo su esquema organizacional en la Superintendencia de PAS y POX, tiene definido el programa de seguridad basado en el comportamiento y un esquema de bonos de productividad para sus colaboradores basado y relacionado directamente al campo de la seguridad y salud ocupacional. En tal sentido, se emplea el uso de indicadores operativos de gestión, reporte mensual que se brinda en el cumplimiento del Sistema Integrado de Gestión y Tableros de Control. (véase la Tabla 28 y la Figura 48)

En la PAS y POX se aplica un bono de producción correspondiente al 5% de la producción excedente del plan trimestral distribuida entre todos los empleados. Este bono se encuentra directamente relacionada al cumplimiento de la seguridad y salud ocupacional en el trabajo, teniendo como restricción a toda área que presente un accidente. Además se brinda los sueldos correspondientes de acuerdo a ley así como las gratificaciones en los meses de julio y diciembre y un porcentaje de cobertura de seguro de salud.

Tabla 28
Consolidado de las Actividades del SIG - Supervisores

Actividades	Mensual			Anual acumulado		
	Plan	Real	%	Plan	Real	%
Inspección planeada	1	1	100	6	5	100
SBC	28	28	100	110	110	100
Simulacro	3	3	100	18	18	100
Incidentes/Accidentes	7	7	100	40	40	100
Reuniones grupales	5	5	100	30	30	100
Requisito legales	5	5	100	30	28	100
Observaciones de las tareas	5	5	100	27	26	100

Nota. Recuperado del Sistema Integrado de Gestión, Southern Copper Perú, pag. 1

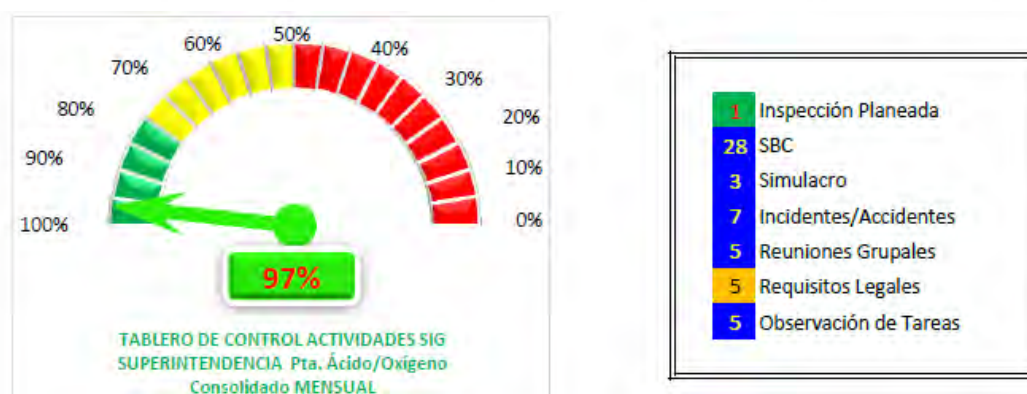


Figura 48. Tablero de control de actividades del SIG

7.3.3. Medición del trabajo

Las plantas tienen implementadas la metodología de calidad de las 5S como herramienta de gestión para medir el cumplimiento de las inspecciones planeadas en seguridad dentro de las actividades adicionales realizadas en el Sistema Integrado de Gestión. La Tabla 39 indica los resultados típicos que se registran en el mes operativo con el número de observaciones registradas, número de observaciones levantadas y número de observaciones en proceso y aquellas que no tuvieron acción y finalmente el porcentaje de cumplimiento. De manera complementaria a las inspecciones planeadas de seguridad, se tienen inspecciones de Gerencia.

Tabla 29
Consolidado mensual con Inspecciones 5S para el control del Comité HSE

Actividades planeadas	Nº Obs	Observaciones			%
		Levantados	En proceso	Sin acción	
Planta de Ácido No.1	19	12	7		63.16
Planta de Ácido No.2	4	3	1		75
Planta de Oxígeno No.1	6	3	2	1	50
Planta de Oxígeno No.2	5	4	1		80
Planta de Efluentes No.1	5	3	2		60
Planta de Efluentes No.2					
Tanques de almacenamiento	2	2			100

Existen más de cien protocolos o procedimientos de seguridad de calidad de los productos para el ácido y el oxígeno conocidos como PETS donde se especifican temas de seguridad y pasos a seguir durante la ejecución de tareas. Los resultados de los reportes mensuales del plan Sistema Integrado de Gestión en seguridad son publicados e informados a nivel de personal de las plantas.

En tanto los procesos de transformación y generación de ácido sulfúrico y oxígeno en las plantas son altamente automatizados, los trabajos del personal están orientados fundamentalmente a mantenimientos preventivos programados de equipos y mantenimientos correctivos no programados con desarrollo polifuncional del personal operador y supervisor de turno. Estos trabajos de los operadores y supervisores no presentan un esquema de medición de trabajo que permitan determinar en qué medida su contribución corrige las desviaciones de funcionamiento de equipos y control de procesos; consecuentemente, se desconoce sobre un indicador de gestión operativa medible para las actividades de los operadores, especialistas y supervisores y su contribución al incremento de las capacidades de los productos ácido sulfúrico y oxígeno.

Para aseguramiento de los trabajos completados, se realizan las observaciones de comportamiento y observaciones de tareas. Para control de calidad se tiene seguimiento de

diferentes variables operativas que evidencian las tendencias y comportamiento en calidad según las actividades realizadas por los operadores. La principal tendencia sometida a análisis es la concentración de los productos, con datos en centésimas de segundo.

En caso de falla de equipo de medición, se tiene un procedimiento de “producto no conforme” según lo exigido en ISO 9001 que no ha sido usado desde el inicio de operación de las plantas.

El principal indicador operativo se basa en los resultados de la producción diaria, que está relacionada a la disponibilidad operativa de la planta, el control de las desviaciones de los procesos productivos, la gestión de los supervisores para las reservas de los materiales a tiempo y las actividades realizadas por los operadores.

7.4. Propuesta de Mejora

De la evaluación de las funciones generales para el nivel de especialización de operadores, se identifica la existencia de personal en *standby* para eventuales emergencias operativas y operadores que realizan actividades secundarias intrascendentes en los procesos de trabajo de mantenimientos correctivos no programados que pueden ser evitados. Estas actividades intrascendentes en las PAS y las POX las realizan al menos cuatro operadores en el turno noche C que serían desvinculados como propuesta de mejora en reducción de costos fijos. Adicionalmente se propone el replanteo a solo dos turnos de trabajo de ocho horas en lugar de tres turnos para los operadores que realizan actividades de carguío y control de ácido sulfúrico luego de la transferencia directa de la PAS No.1 a la PAS No.2. En este nuevo esquema de distribución de turnos, se tendría mayor control efectivo del proceso de carguío de ácido sulfúrico y se restringiría a sólo durante el día con la desvinculación de al menos cuatro operadores.

Los costos proyectados por concepto de liquidación y beneficios sociales por desvinculación hasta fines del año 2017 que sustentan las propuestas de mejora se estiman en

US\$ 113,579 para cobertura de un total de ocho operadores (véase la Tabla 30). Ambas propuestas de mejora permitirían una reducción de costos fijos anuales en personal por un monto de US\$ 181,611 a partir del año 2018 considerando un total de ocho operadores que representa un aporte en reducción de costos de 0.17 US\$/Tm de ácido sulfúrico y un ratio beneficio/costo de 15.9 (véase la Tabla 31).

Tabla 30

Estimación de Liquidación de Beneficios Sociales

Operadores - categorías 4 al 8	Período	Soles	US\$	US\$/año	US\$/d
Promedio de sueldo básico mensual	12 meses	4,267.9	1,333.7	16,004.5	44.46
Tiempo de servicio promedio	1 años			160.0	
Diferencial turno B					
Diferencial turno C					
Gratificación fiestas patrias				1,333.7	
Gratificación navidad				1,333.7	
Gratificación vacacional	1 años			1,333.7	
Gratificación primero de mayo	5 días			222.3	
Sobretiempo	1.5 días			66.7	
Trabajo en feriado promedio	3 días			133.4	
Trabajo en día de descanso promedio	2 días			88.9	
Trabajo en hora de ingerir alimentos					
Trabajo en tiempo inusitado					
CTS				222.3	
Pago por refrigerio	12 meses			1,639.1	
Artículos de higiene	12 meses			163.1	
Liquidación estimada por cada Operador				22,701.4	
Número de operadores				8.0	
Total monto de liquidación estimada				181,611.1	
			US\$/Tm	0.17	

Nota. Cálculo para ocho operadores, fecha de estimación al 30 de setiembre del 2017, fecha de corte proyectado al 31 de diciembre del 2017. Tipo de cambio = 3.2

Tabla 31

Estimación de Reducción de Costos Fijos en Sueldos y Beneficios

Operadores - categorías 4 al 8	Período	Soles	US\$	US\$	US\$/día
Promedio de sueldo básico mensual	12 meses	4,267.9	1,333.7	16,004.5	44.46
Tiempo de servicio promedio	1 años			160.0	
Diferencial Turno B					
Diferencial Turno C					
Gratificación Fiestas Patrias				1,333.7	
Gratificación Navidad				1,333.7	
Gratificación Vacacional	1 años			1,333.7	
Gratificación Primero de Mayo	5 días			222.3	
Sobretiempo	1.5 días			66.7	
Trabajo en feriado promedio	3 días			133.4	
Trabajo en día de descanso promedio	2 días			88.9	
Trabajo en hora de ingerir alimentos					
Trabajo en tiempo inusitado					
CTS				222.3	
Pago por refrigerio	12 meses			1,639.1	
Artículos de higiene	12 meses			163.1	
Costo fijo anual por cada operador				22,701.4	
Número de operadores				8.0	
Total ahorro costo fijo anual estimado				181,611.1	
Total monto de liquidación estimada				113,579.2	
Beneficio/Costo				15.9	

Nota. Cálculo para ocho operadores para el período del 01 de enero al 31 de diciembre. Tipo de cambio = 3.2

De manera complementaria a la propuesta de reducción de costos fijos, se propone la implementación de Gestión por Objetivos (Management by Objectives – MBO) que permita agrupar y relacionar las funciones específicas a los objetivos organizacionales y productivos de las plantas. Se requiere previamente alinear las metas individuales con las metas organizacionales de producción y seguridad e identificar los recursos necesarios que incluyen capacitaciones entre otros. Esta gestión por objetivos requiere previamente la implementación de un manual de funciones específicos detallado con indicación de niveles de dependencia, los objetivos de la unidad funcional, la ubicación en la estructura orgánica, las funciones de

cada nivel y finalmente las relaciones de coordinación interna y externa del área. Este manual de funciones específicas por nivel de especialización reducirá la duplicidad de labores por parte de los responsables de los procesos operativos, permitirá una definición objetiva de las responsabilidades durante las detenciones programadas, mejor distribución de las tareas de gestión administrativa de las PAS y POX y permitirá determinar índices de gestión operativa por cada nivel de especialización requerida.

En el Apéndice C, se presenta una estructura básica de presentación que puede ser utilizado para el desarrollo de un Manual de Organización y Funciones (MOF) según el nivel de Especialización que se requiera.

Sobre la base de definición y descripción de las funciones específicas más relevantes para la gestión operativa, se proponen medidas de evaluación de desempeño cuantitativas con escalas gráficas para resultados de producción. Se propone la implementación de escalas numéricas representadas a través de escalas gráficas para calificar los procesos de trabajo, los procedimientos, la técnica, el nivel de producción y otras funciones relacionadas con sus funciones específicas. Estas evaluaciones de desempeño incluirían evaluación de 360 grados y autoevaluaciones que permitan la interacción de los empleados y la consolidación de equipos de trabajo que permitirá la identificación de líderes en la organización.

Establecer que el sistema de rotación y turnos estructurados para el nivel de especialización de Supervisores sea de cada cinco años que permita consolidar un equipo de trabajo en lugar de sub grupos y que permita medir sus actividades, tiempos y establecer optimizaciones en funciones y procesos.

Las actividades semanales presentan además oportunidades de mejora como automatizar las tareas del personal, automatizar los cierres de solicitudes y reportes, cuantificar el impacto de reportes operativos no programados para reducir estos, así como automatizar las solicitudes de compra.

7.5. Conclusiones

La planificación en detalle de actividades operativas estratégicas por procesos y el control en tiempo real de las variaciones operativas así como el desarrollo de predictibilidad sobre la base de producción programada permitiría desarrollar e identificar las acciones correctivas recurrentes de planeamiento y control para mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos. Esta planificación en detalle por procesos y control a tiempo real considerando que la mayoría de los procesos en plantas están automatizados permitirían a su vez optimizar las actividades de control, supervisión, mantenimientos operativos del personal en las plantas.

La automatización de algunos procesos va a contribuir a reducir tiempos irrelevantes de algunas actividades particularmente en los trabajos operativos, actividades semanales y actividades dinamizadoras del Sistema Integrado de Gestión. De la implementación de evaluación de desempeño, el personal con mayor disponibilidad de tiempo para controles operativos y planificación debiera contribuir a optimizar la producción; sin embargo, deberán establecerse índices de gestión operativa para medir estos resultados de contribución y definir escalas de compensación y satisfacción del trabajador.

Se requieren implementar análisis de tiempos y actividades para los niveles de especialización de supervisores, especialistas y operadores que permitan optimizar las funciones específicas, permitan la reducción de actividades repetitivas y no programadas. Se requieren además implementar la descripción de las funciones específicas por nivel de especialización y un Manual de Organización y Funciones de la organización en las PAS y la POX. Existe la oportunidad de replanteo de los regímenes de trabajo en días y turnos desde el nivel de personal supervisor hasta operador que permitirían una contribución a reducción de costos fijos operativos. Los índices de gestión en seguridad operativa están bien estructurados y presentan resultados óptimos en lo que respecta a la gestión 2017.

Capítulo VIII: Planeamiento Agregado

La empresa SPCC en la fundición de Ilo, cuenta con una planificación de producción de ácido sulfúrico y oxígeno de corto y mediano plazo en función a los requerimientos de su demanda interna. Se revisan en detalle las proyecciones de producción para el año 2018 considerando las propuestas de mejora para el incremento en producción de ácido sulfúrico y manteniendo los niveles de producción de oxígeno y las rentabilidades esperadas. El planeamiento agregado que se presenta considera superar los registros de producción alcanzados a la fecha en producción de ácido sulfúrico en tanto se cuenta con capacidades instaladas suficientes para alcanzar estas proyecciones.

En el caso del ácido sulfúrico, los gases producidos en la planta de fundición de cobre son la materia prima la cual a través del proceso de transformación permiten obtener el ácido sulfúrico con una producción promedio de 92,223 Tm mensuales los años 2015, 2016 y hasta julio 2017.

Respecto a la producción de oxígeno, la producción agregada se realiza en función a la demanda interna y sus variaciones de producción, llegando a producir 29,867 Tm mensuales los años 2015, 2016 y hasta julio 2017.

8.1. Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado

La demanda de ácido sulfúrico presenta como variable de demanda principal el consumo interno en los procesos de flotación de concentrados en sus operaciones mineras Toquepala y Cuajone y en demanda de exportación y venta particularmente al mercado chileno que proyecta incremento de este insumo para su industria minera en los próximos años. SPCC no considera la variación en el precio comercial de ácido sulfúrico para modificar sus proyecciones en demanda sobretodo de exportación. Sobre el análisis de la oferta de ácido sulfúrico, las dos PAS en conjunto con un total de 1'748,350 Tm de capacidad instalada presentan una capacidad ociosa del 36%; consecuentemente se pueden cubrir

fundamentalmente las necesidades internas de producción adicional de ácido sulfúrico hasta aproximadamente 640,000 Tm en función de la generación excedente de concentrados de cobre producidas en las minas.

La programación de las operaciones que se propone se adapta al incremento en demanda proyectada; sin embargo, no es flexible a las variaciones en la demanda debido a las características de diseño y capacidades instaladas de las plantas y la naturaleza de producción masiva y continua de los productos ácido sulfúrico y oxígeno. La programación garantiza los estándares de calidad requeridos para sus procesos internos y para clientes externos al exportarse la producción de ácido sulfúrico.

En la producción de ácido sulfúrico se tiene un planeamiento agregado variable y con una estrategia moderada con una fuerza de trabajo adecuando las horas de trabajo en tres turnos para alcanzar un promedio de 14,095 horas-hombre mensuales (véase la Tabla 32).

La planta se mantiene operativa durante todos los días del mes y se planifican dos días en cada mes por mantenimientos preventivos de las plantas. Adicionalmente se incluyen mantenimientos programados de equipos y plantas de 30 días en períodos bianuales. El nivel de producción de la PAS está establecido en un promedio de producción de 0.16 horas por tonelada. Mensualmente para poder cubrir la demanda agregada de producción se requieren y utilizan 14,095 horas hombre. El costo promedio de mano de obra mensual es de US\$ 402,619 el costo promedio total de materiales, insumos y servicios requeridos de manera mensual es de US\$ 831,760, el costo promedio mensual de transporte y comunicaciones es de US\$ 265,238, los costos operativos promedios mensuales de las dos plantas de efluentes es de US\$ 193,884 y los costos promedio mensuales por concepto de costes, seguros y fletes es de US\$ 870,189.

La producción de oxígeno tiene programada en el corto plazo para el año 2018 una producción fija mensual de 30,010 Tm, para lo cual se cuenta con 58 operarios y supervisores

los cuales desarrollan sus funciones en turnos rotativos de ocho horas en tres turnos A, B y C. Las POX requieren y utilizan un promedio de 13,185 horas hombre mensual generando un costo de mano de obra mensual de US\$ 222,253, en tanto que los materiales, insumos y servicios generan mensualmente un costo de US\$ 1'436,109 y el costo de transporte y comunicaciones genera un costo de US\$ 43,653 mensual (véase la Tabla 33).

8.2. Análisis del Planeamiento Agregado

El planeamiento agregado se fundamenta estrictamente por una estrategia operativa de suministro de insumos para los procesos de flotación de concentrados de cobre y cumplimientos ambientales para el ácido sulfúrico y proceso de fundición para el oxígeno y en base a las capacidades y disponibilidades de las plantas y facilidades.

Los volúmenes de producción de ácido sulfúrico deben mantener al menos los costos operativos totales históricos que representan objetivos comunes con el área de finanzas. Estos costos unitarios totales se encuentran en el rango de 30 a 35 US\$/Tm y que incluyen los conceptos de costo unitario directo de las PAS, costos operativos de dos plantas de efluentes y gastos indirectos de fabricación (CIF).

El planeamiento agregado de corto plazo del año 2018 incluye la planeación del personal en función a las optimizaciones operativas y al replanteo de funciones y turnos propuestos. Se propone la desvinculación de operadores en coordinación con el área de recursos humanos con quienes se analiza el impacto en la reducción de costos fijos del orden de 0.17 US\$/Tm y las evaluaciones de liquidaciones de beneficios sociales y las posibilidades de tercerización de ciertos servicios.

Se propone el incremento en 5% del volumen de producción en ácido sulfúrico en el planeamiento agregado de corto plazo con respecto a las proyecciones originales de SPCC para el año 2018. Este incremento representa 50,300 Tm adicionales de producción de ácido sulfúrico para el año 2018 y un promedio mensual de producción de 94,233 Tm sin

considerar el mes de paralización o reducción de producción por planeamiento bianual programado.

Los principales rubros que inciden en el incremento en costos por efecto de mayor volumen de procesamiento de ácido sulfúrico son energía y consumo de diésel. La variación en menores costos por mano de obra directa se estima en US\$ 181,611 para el año 2018.

8.2.1. La demanda

Las proyecciones de incremento propuestos en el planeamiento agregado de producción de ácido sulfúrico se fundamentan en el incremento de consumo interno para los procesos de flotación de cobre de las minas de Toquepala y Cuajone. Particularmente la mina Toquepala incrementará su producción anual de 100,000 a 235,000 Tm de cobre en el año 2018 y los productos de concentrados de cobre a producirse requerirán mayor consumo de ácido sulfúrico.

La demanda de ácido sulfúrico por clientes externos, particularmente la exportación a Chile para consumo en procesos mineros de cobre, se mantendrá insatisfecha en el mediano y largo plazo y se considera como un mercado importante de colocación del producto (véase la Figura 49).

Las proyecciones en valor comercial promedio del ácido sulfúrico para el año 2018 es de 75.30 US\$/Tm según las proyecciones de SPCC y representa una disminución de 9.90 US\$/Tm respecto al año 2017. Este bajo valor comercial proyectado permitirá una mayor demanda de este insumo para procesos de lixiviación y flotación en la industria minera a nivel nacional y de exportación.

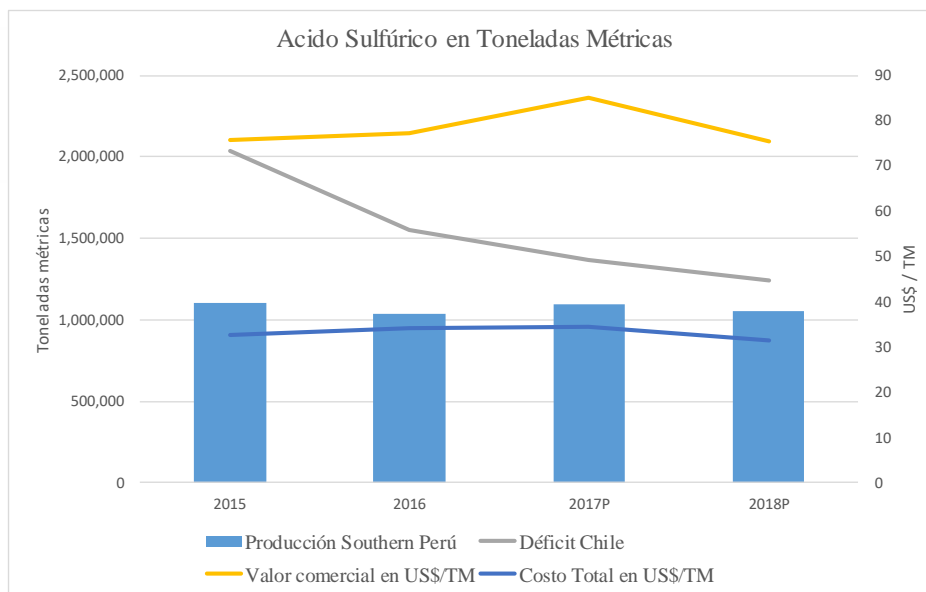


Figura 49. Proyecciones déficit ácido sulfúrico en Chile en relación a producción SPCC

8.2.2. Fuerza de trabajo

En la actualidad se cuenta con 62 operarios y supervisores en tres turnos rotativos de ocho horas y se propone la reducción a 54 personas en base a la optimización de trabajos secundarios no programados y en base a la propuesta de tercerización de la mayor parte de personal de la actividad de carguío y control de ácido sulfúrico. Las horas extras se pagan al 100% de hora hombre trabajada, consecuentemente se evita la generación de horas adicionales al turno de trabajo. El total de horas hombre requeridas al mes es de un promedio de 13,185 según la propuesta de mejora.

El personal permanente se distribuye según 87% entre Operadores, Especialistas y reemplazos por trabajos secundarios y 13% entre supervisión y planificación. Toda la estructura organizacional cumple objetivos fundamentalmente de mantenimientos preventivos programados y controles de los equipos durante el año agrupados bajo la denominación de trabajo operativo.

La cantidad de personal especializado a subcontratar es de un total de cuatro operadores al mes específicamente para trabajos de carguío y control de ácido sulfúrico en un solo turno de día. La fuerza laboral actual de 62 operarios y supervisores son especializados

en operaciones de PAS y POX, con conocimientos específicos y entrenados en aspectos de seguridad y medio ambiente.

8.2.3. Materia prima

La obtención del ácido sulfúrico se realiza a partir del dióxido de azufre previamente obtenido a partir de la tostación del mineral pirita que acompaña a los minerales de cobre en el proceso de fundición. El dióxido de azufre se oxida a trióxido de azufre utilizando un catalizador por el método de contacto que produce ácido sulfúrico muy concentrado por encima del 95% y de elevada pureza. El trióxido de azufre obtenido, se enfría y se hace pasar por una torre de absorción donde se combina con ácido sulfúrico concentrado formándose el ácido piro-sulfúrico que luego se descompone por acción del agua y finalmente se derivan a los tanques de almacenamiento.

Los volúmenes de producción de ácido sulfúrico están a su vez vinculados a la proporción de minerales de sulfuros contenidos en los concentrados de mineral provenientes de las minas Toquepala y Cuajone de SPCC que requieren ser fundidos.

Es importante resaltar que el proceso de obtención del producto ácido sulfúrico nace a consecuencia de una adecuación de los procesos de fundición de cobre al Programa de Adecuación al Manejo Ambiental, solicitado por el gobierno para mitigar los efectos contaminantes de gases que afectaban al entorno geográfico y población.

En cuanto a la producción de oxígeno utilizado para el proceso de fundición, se utiliza como materia prima el aire obtenido del medio ambiente.

Tabla 32
Planeamiento Agregado de Ácido Sulfúrico para el 2018 Según SPCC

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda pronosticada de ácido sulfúrico Tm	87,491	79,024	87,491	89,669	87,491	92,454	97,138	97,138	95,005	18,801	86,225	88,072
Demanda pronosticada de ácido sulfúrico en US\$	6,588,072	5,950,507	6,588,072	6,752,076	5,588,072	6,961,786	7,314,491	7,314,491	7,153,877	1,415,715	6,492,743	6,631,822
Precio unitario de 1 Tm de ácido sulfúrico en US\$	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30
Días productivos	29	26	29	28	29	28	29	29	28	29	28	29
Tiempo de producción promedio de 1Tm/hora.	0.16	0.17	0.18	0.17	0.18	0.18	0.14	0.14	0.17	0.26	0.15	0.14
Cantidad de personal	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Cantidad de personal a subcontratar												
Producción horas extras												
H-H requeridas mensual	14,384	12,896	14,384	13,888	14,384	13,888	14,384	14,384	13,888	14,384	13,888	14,384
H-H de mano de obra regular mensual	14,384	12,896	14,384	13,888	14,384	13,888	14,384	14,384	13,888	14,384	13,888	14,384
Factor de holgura												
Costo mano de obra regular en US\$	420,186	379,522	420,186	430,646	420,186	444,021	466,517	466,517	456,273	90,294	414,106	422,976
Costo total de materiales, insumos y servicios en US\$	868,051	784,045	868,051	889,660	868,051	917,292	963,764	963,764	942,602	186,536	855,490	873,815
Costo transporte y comunicaciones en US\$	276,810	250,022	276,810	283,701	276,810	292,513	307,332	307,332	300,584	59,484	272,805	278,648
Costos operativos de plantas de efluentes en US\$	202,343	182,761	202,343	207,380	202,343	213,821	224,654	224,654	219,721	43,482	199,415	203,687
Costos CIF en US\$	908,157	820,269	908,157	930,764	908,157	959,673	1,008,292	1,008,292	986,152	195,154	895,016	914,187
Costo total en US\$	11,101,230	10,047,316	11,101,230	10,162,288	11,165,104	11,356,724	11,644,156	11,848,551	9,868,470	6,412,908	10,884,060	12,155,144
Gran costo total anual en US\$	30,764,273											
Ingreso proyectado total anual en US\$	75,751,725											
Utilidad neta proyectada anual en US\$	44,987,452											
Rentabilidad proyectada anual en US\$	59.4%											

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

Tabla 33
Planeamiento Agregado de Oxígeno para el 2018 Según SPCC

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda pronosticada de oxígeno T.M.	30,626	27,458	30,626	29,570	30,626	29,570	30,626	30,626	29,570	30,626	29,570	30,626
Demanda pronosticada de oxígeno en US\$	5,512,762	4,942,476	5,512,762	5,322,666	5,512,762	5,322,666	5,512,762	5,512,762	5,322,666	5,512,762	5,322,666	5,512,762
Precio unitario de 1 Tm de oxígeno en US\$	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Días productivos	29	26	29	28	29	28	29	29	28	29	28	29
Tiempo de producción promedio de 1 Tm/min	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Cantidad de personal	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Cantidad de personal a subcontratar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Producción horas extras												
H-H requeridas mensual	13,456	12,064	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456
H-H de mano de obra regular mensual	13,456	12,064	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456
Factor de holgura												
Costo mano de obra regular en US\$	226,815	203,351	226,815	218,994	226,815	218,994	226,815	226,815	218,994	226,815	218,994	226,815
Costo total de materiales, insumos y servicios en US\$	1,465,589	1,313,977	1,465,589	1,415,052	1,465,589	1,415,052	1,465,589	1,465,589	1,415,052	1,465,589	1,415,052	1,465,589
Costo transporte y comunicaciones en US\$	44,549	39,941	44,549	43,013	44,549	43,013	44,549	44,549	43,013	44,549	43,013	44,549
Costo total en US\$	1,736,953	1,557,269	1,736,953	1,677,058	1,736,953	1,677,058	1,736,953	1,736,953	1,677,058	1,736,953	1,677,058	1,736,953
Gran costo total anual en US\$	20,424,176											
Ingreso proyectado total anual en US\$	64,822,478											
Utilidad neta proyectada anual en US\$	44,398,302											
Rentabilidad proyectada anual en US\$	68.49%											

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

8.3. Propuesta de Mejora

La propuesta de mejora en el planeamiento agregado de corto plazo para el año 2018 proyecta una rentabilidad del 60.1% anual que representa una utilidad neta proyectada anual de US\$ 47'800,000 considerando un valor comercial de 75.30 US\$/Tm de ácido sulfúrico y representa una variación positiva del 0.76% respecto a la proyección original desarrollada por SPCC (véase la Tabla 34).

Esta propuesta además de considerar un incremento en volumen del cinco por ciento en producción de ácido sulfúrico, incluye la reducción en costos directos de mano de obra de un total de ocho operadores en las PAS vinculados a actividades de trabajos secundarios y proceso de carguío y control del ácido en la PAS No.1. La contribución en reducción de costos directos es de 0.17 US\$/Tm.

Los insumos que incrementan en costos de manera proporcional al volumen de producción de ácido sulfúrico son energía y consumo de diésel alcanzando US\$ 9'430,000 y US\$ 560,000 respectivamente.

8.4. Conclusiones

El modelo de producción continuo diseñado en función principalmente a la demanda interna de ácido sulfúrico por SPCC y por las exigencias ambientales satisfacen los requerimientos a lo largo de todo el año en los niveles de producción proyectados. Según el análisis de ingresos y costos anuales proyectados para el corto plazo en el caso del ácido sulfúrico se obtiene una rentabilidad anual de 60.1% sobre la demanda pronosticada de ácido sulfúrico considerando un valor comercial de 75.3 US\$/Tm. El costo total unitario operativo que se proyecta es de 30.01 US\$/Tm. En la producción de oxígeno anual de corto plazo se obtiene una rentabilidad proyectada anual de 68.49% sobre la demanda pronosticada de oxígeno considerando un valor comercial de 180 US\$/Tm. El costo total unitario operativo que se proyecta es de 56.71 US\$/Tm.

Tabla 34
Planeamiento Agregado Propuesto de Ácido Sulfúrico para el 2018

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda pronosticada de ácido sulfúrico T.M.	91,866	82,975	91,866	94,152	91,866	97,077	101,995	101,995	99,755	13,741	90,536	92,476
Demanda pronosticada de ácido sulfúrico en US\$	6,917,476	6,248,033	6,917,476	7,089,679	6,917,476	7,309,876	7,680,216	7,680,216	7,511,570	1,486,501	6,817,308	6,963,413
Precio unitario de 1 Tm de ácido sulfúrico en US\$	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30	75.30
Días productivos	29	26	29	28	29	28	29	29	28	29	28	29
Tiempo de producción promedio de 1 Tm/hora.	0.15	0.17	0.15	0.17	0.15	0.15	0.14	0.14	0.17	0.26	0.15	0.14
Cantidad de personal	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Cantidad de personal a subcontratar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Producción horas extras												
H-H requeridas mensual	13,456	12,064	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456
H-H de mano de obra regular mensual	13,456	12,064	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456	13,456	12,992	13,456	12,992	13,456
Factor de holgura												
Costo mano de obra regular en US\$	404,391	365,256	404,391	414,458	404,391	427,331	448,980	448,980	439,121	86,900	398,540	407,077
Costo total de materiales, insumos y servicios en US\$	909,452	821,439	909,452	932,092	909,452	961,042	1,009,731	1,009,731	987,559	195,433	896,293	915,492
Costo transporte y comunicaciones en US\$	276,810	250,022	276,810	283,701	276,810	292,513	307,332	307,332	300,584	59,484	272,805	278,648
Costos operativos de plantas de efluentes en US\$	212,460	191,899	212,460	217,749	212,460	224,512	235,887	235,887	230,707	45,656	209,386	213,871
Costos CIF en US\$	953,564	861,283	953,564	977,302	953,564	1,007,656	1,058,707	1,058,707	1,035,459	204,912	939,766	959,897
Costo total en US\$	2,756,678	2,489,899	2,756,678	2,825,303	2,756,678	2,913,053	3,060,637	3,060,637	2,993,431	592,384	2,716,789	2,774,985
Gran costo total anual en US\$	31,697,154											
Ingreso proyectado total anual en US\$	79,539,311											
Utilidad neta proyectada anual en US\$	47,842,157											
Rentabilidad proyectada anual	60.1%											

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

Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas

En este capítulo se desarrolla la programación a corto plazo de las operaciones productivas de la PAS y POX, administración y asignación de recursos y la gestión de la información.

9.1. Optimización del Proceso Productivo

Los resultados operativos en los últimos cinco años presentan promedios de capacidades ociosas del 36% y 26% para las PAS y POX respectivamente indicando la posibilidad de incrementar los niveles de producción volumétrica en ambas líneas de producción.

Luego del análisis se demuestra que la capacidad ociosa varía en función a la concentración dinámica del insumo hacia las PAS. Para el caso de las POX, si bien se tienen altas capacidades ociosas, éstas se encuentran en función a la capacidad de consumo del cliente interno.

La reducción sistemática de las variaciones operativas y predictibilidad de los equipos a través de acciones preventivas de planeamiento y control detallado de producción y mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos, debieran permitir obtener mayor disponibilidad de personal para optimizar los controles y mantenimientos preventivos y contribuir en incremento de volúmenes de producción, basado en la reducción del rango de variabilidad del insumo hacia las PAS.

Después de observar y analizar el proceso productivo mediante el desarrollo del DAP, se identificaron deficiencias como la PAS No.1 tiene un almacenamiento temporal para luego pasar a los tanques de almacenamiento de la PAS No.2. Esta condición genera uso de recursos para la transferencia entre los tanques de almacenamiento, demoras en el traslado del producto frente a un embarque cercano y demoras en el traslado de producto para el consumo interno por el movimiento de los trenes.

La calidad de los productos están basados en las concentraciones, en las dos PAS, para garantizar la calidad del producto se tienen dos analizadores en línea y tres análisis puntuales de laboratorio por día y adicionalmente se hace un muestreo para el análisis en laboratorio central que es auditado.

La disponibilidad de las plantas es el indicador principal de productividad que está indudablemente vinculado a los mantenimientos programados, las reservas de materiales y la gestión de compra de insumos. Se propone un mejor diseño y planeamiento en la cadena de suministro interna que debería evitar ser de tipo reactiva, partiendo desde la recepción de equipos mantenidos, estimación de consumo de materiales e insumos. La planificación anticipada de insumos de uso común.

Las causas de la menor producción y productividad de la capacidad instalada en las plantas de ácido son: limitaciones en el control de la estabilidad de dióxido de azufre, el método del mantenimiento no es eficaz, se tiene desbalance térmico en el primer lecho de reactor catalítico continuamente, presencia de zonas frías en intercambiador, falta de bomba en *standby* del sistema de secado y absorción, área de contacto en torres reduce velocidad de flujo, no se tiene uso óptimo de silicato, no se tiene estructurado un programa de compras de materiales, demora de tiempo en la entrega de materiales a las plantas, falta programa robusto de capacitación al personal con técnicas actuales de producción, existen brechas en el desempeño laboral, incremento de ausencias por descanso médico, corrosión acelerada de estructuras por estar cerca al mar, no se documentada la calibración y estandarización de los analizadores.

En las dos POX, se tiene un analizador de producto que es calibrado mensualmente. El problema en la calidad se presenta por el excesivo consumo, es puntual y la repetitividad no es frecuente. Las causas de la baja producción y productividad de la capacidad instalada en las POX son: la producción excedente es emitida al medio ambiente (oxígeno al 95%),

falta mayor aplicación de método de identificación de problemas, se tiene desbalance operativo por diversidad de criterios, reemplazo de equipos criogénicos, disminución de eficiencia de equipos de adsorción, producción mayor a la capacidad de almacenamiento temporal, no hay almacenamiento óptimo de los insumos, no hay un adecuado programa de compras de materiales, demora de tiempo en la entrega de materiales a las plantas de oxígeno, incremento de ausencias por descanso médico, falta capacitación al personal con técnicas actuales de producción, brechas en el desempeño laboral, consumo de energía por detenciones no programadas de las demás plantas, no se documenta la calibración y estandarización de los analizadores.

Para optimizar las operaciones durante las detenciones programadas, se identifica la diversidad de tareas que deben ser supervisadas por personal calificado, el asignar a un número reducido de operadores genera tiempos no cuantificados por traslados entre áreas, tiempos esperados por personal contratado para la inspección. Esto genera un seguimiento restringido a la calidad de los mantenimientos.

9.2. Programación

La programación de las compras de materias primas, insumos en las PAS y POX no tienen una estrategia definida. El común denominador es la generación de vales de compra de manera reactiva. Se considera que, cada vez que lleguen los insumos necesarios, éstos deben ser estimados en los tiempos de uso y planificar la próxima compra de manera estructurada, proyectando consumos a corto plazo. El suministro de insumos básicos está a cargo de los supervisores. Esta responsabilidad, al estar a cargo de varios, genera un descontrol.

En la compra de insumos, las reservas de compra hacia el almacén central no se realizan con una planeación en forma óptima. Se propone un adecuado diseño de la cadena de suministro, iniciando desde la recepción de la orden de compra. Sin embargo, en esta

evaluación se determinaron materias primas, insumos comunes usados en el procesamiento de ácido y oxígeno, los cuales pueden ser determinados y comprados con anticipación.

9.3. Gestión de la Información

En la actualidad se tiene un sistema generado por SPCC denominado Sistema Integral de Operaciones (SIO) cuya interfase se muestra en la Figura 50. A este sistema se ingresan los datos operativos y las producciones diarias, toneladas por día, toneladas por mes, toneladas por año, concentraciones en porcentajes y disponibilidad de plantas.

Una vez validado este sistema se cierra y es fuente de auditoría interna y auditada por la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT). Cada módulo es exclusivamente diseñado para el producto, como es el caso del ácido sulfúrico. Se puede verificar producción, ventas internas, ventas externas, inventarios en planta, etc.

Para el caso del oxígeno se registra con la finalidad de control de producción, debido a que la producción del día es utilizado y el excedente es venteado por la falta de capacidad de almacenamiento temporal.

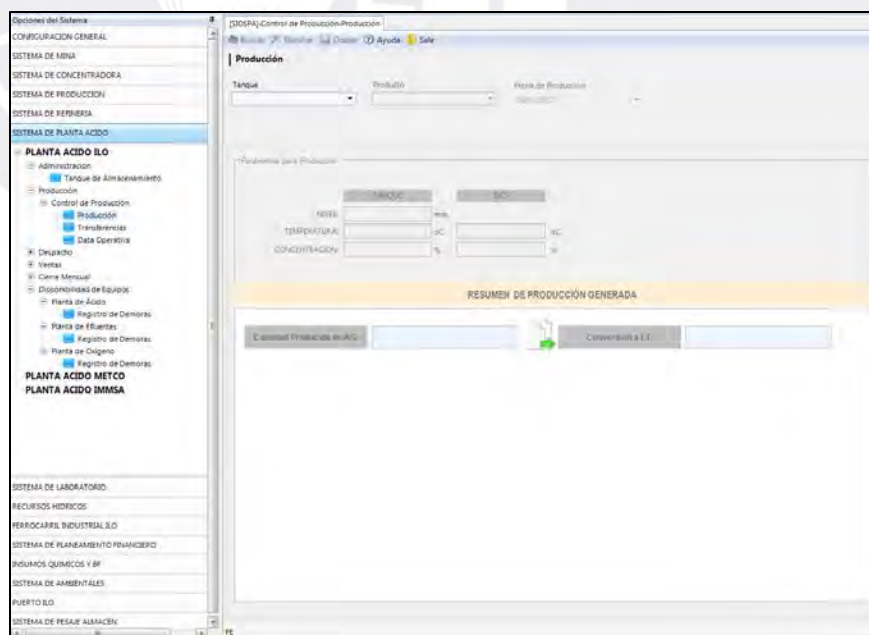


Figura 50. Sistema Integral de Operaciones

9.4. Propuesta de Mejora

La variación del dióxido de azufre determina la capacidad de producción de las plantas de ácido, a fin de cumplir con la auto termia del proceso el valor máximo de concentración de dióxido de azufre 13% y valor mínimo de concentración de dióxido de azufre 8.5 %. Esta materia prima es suministrada desde el proceso de fusión.

El objetivo consiste en maximizar la producción de ácido mediante el control de variabilidad el dióxido de azufre mediante la relación directa con el flujo de alimentación hacia el proceso y la producción de ácido. Por tanto, se plantea como objetivo encontrar el flujo de alimentación que maximice la producción de ácido.

Para determinar el flujo objetivo en función a la concentración se evaluará diferentes flujos totales que genera rectas paralelas que se moverán con la misma pendiente en relación a la primera. La primera restricción es el porcentaje de concentración de dióxido de azufre en el flujo de alimentación, la segunda restricción es el porcentaje de oxígeno en flujo de alimentación, la tercera restricción es el flujo máximo total limitado por las variables de succión.

Todas las variables satisfacen de manera simultánea a las restricciones por lo tanto la solución es factible en el área delimitada entre las variables de operación y las restricciones. Toda solución que no se registre en esta región será considerada como no factible. La siguiente figura muestra el método gráfico ilustrada en la Figura 51.

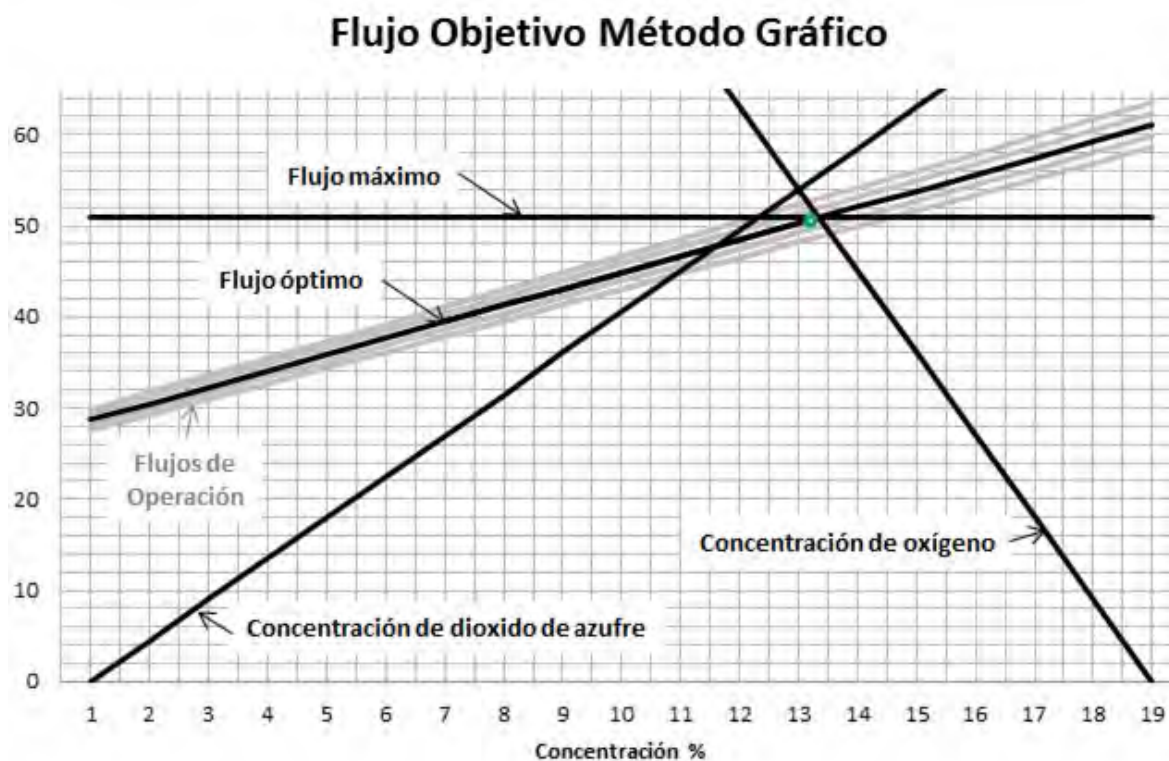


Figura 51. Región factible de operación

El flujo óptimo de dióxido de azufre identificado por el método gráfico se encuentra en el eje X en 13.61 % y por el eje Y en 50.12 mil metros cúbicos actuales por hora, con el flujo y concentración calculado se incrementaría la velocidad de alimentación en función al cambio de modelo de relleno de la torre de secado propuesto. El cambio de relleno de la torre sumado al control de flujo de alimentación óptimo determinado nos permitirá incrementar la producción en 5% de acuerdo a lo cuantificado en el capítulo de dimensionamiento de la planta.

La siguiente propuesta es implementar un programa de generación de reservas periódicas de los insumos para las plantas, basadas en cálculo de consumos promedio permitirá que los insumos lleguen aplicando el sistema “*Just In Time*” para el correcto mantenimiento y preservación de los equipos de producción.

La Tabla 35 representa el consumo promedio diario de los insumos que generan costos adicionales por el traslado no programado desde el almacén central hacia las instalaciones de la PAS, generando una reserva cada cinco días para PAS y 30 días para la POX, esta compra programada nos permitiría reducir el gasto anual promedio de US\$ 6,720. Dicha actividad debe estar a cargo de uno de los supervisores responsables de la planta.

Tabla 35
Gasto por Transporte de Insumos

Insumo	Consumo/día	Frecuencia	Gastos Transporte Actual (en US\$)
Silicato	2.5 cilindros	12 cilindros cada 5 días	5,760
Dispersante	0.05 cilindros	1 cilindro cada 30 días	960
		Total	6,720

Gestionar y hacer seguimiento con mayor uso de las herramientas del software de Sistemas, Aplicaciones y Productos (SAP) con datos que permitan realizar el mantenimiento autónomo, preventivo, predictivo, reactivo y centrado en la confiabilidad de las máquinas que intervienen en el proceso productivo del ácido sulfúrico y oxígeno. Esto permitirá identificar las deficiencias, reparación de máquinas y equipos del ácido y oxígeno, y así se pueda prever con mayor optimización la gestión del mantenimiento y de proceso.

Identificar nuevas correlaciones de datos patrones utilizando las técnicas estadísticas y matemáticas, orientadas al diagnóstico del control del proceso, impacto en la productividad desarrollando modelos estructurados y la identificación de oportunidades para la reducción del consumo de energía.

Para la gestión de datos existen software como el Data Maestro, que tiene la capacidad de discriminar datos, analiza utilizando gráficos, algoritmos, árbol de decisiones, redes neuronales; optimiza en función al proceso, el costo y el rendimiento. Entre las características de este software está las proyecciones basadas en datos reales. El costo del

software es en función a las variables que va a analizar y la flexibilidad de operación del sistema. En Tabla 36 se determina la aplicación de un software como del Data Maestro con una eficiencia en su aplicación del 75% minimizando de manera directamente proporcional las detenciones por falta de identificación de la desviación de las variables.

Tabla 36
Implementación Data Maestro

Concepto	Unidad	Cantidad	Actual	Propuesto
Costo Oxígeno	US\$/Tm	57.34	7,569	1,892
Costo Ácido	US\$/Tm	17.36	31,786	7,947
Tiempo de detención	Horas	3		
Total Costo Anual			39,355	9,839
Data Maestro	Licencia	1		50,000
CPU	Und.	2		2,000
Pantallas	Und.	4		12,400
Instalación	Proyecto	1		2,600
Total Inversión				67,000

9.5. Conclusiones

La producción de ácido sulfúrico se incrementará al determinar un flujo óptimo de alimentación hacia la planta de ácido, maximizando el control de variables como la concentración de dióxido de azufre y de manera simultánea debe satisfacer las restricciones del proceso operativo. La zona factible está delimitada por las curvas de restricciones generadas por el método gráfico.

El sistema de suministro de insumos hacia la planta no está programado y la responsabilidad está distribuida en varias personas, esto genera descontrol de las reservas y gestión deficiente de los almacenes temporales. La propuesta es distribuir la responsabilidad de cada insumo en los supervisores y evaluar con indicadores de consumos de insumos en función al flujo operativo e indicadores de costos por traslados de emergencia, el costo debe reducirse de US\$ 6,720 a US\$ 0.

Existe un sistema informático denominado Sistema Integral de Operaciones. A este sistema se ingresan los datos operativos y las producciones diarias, toneladas por día, toneladas por mes, toneladas por año, concentraciones en porcentajes y disponibilidad de plantas, así como los reportes de salida, para que los supervisores y jefes de plantas tengan información que coadyuve en su gestión.

La data estadística actualmente es usada para evaluar las operaciones diariamente y puntualmente verificar datos históricos, con la implementación de un sistema de análisis de datos, se propone realizar análisis con proyecciones de las variables operativas que permitan identificar con anticipación posibles detenciones no programadas de las plantas, con una inversión de US\$ 67,000 para poner en servicio el proyecto se lograría una reducción de pérdida de US\$ 20,015 por cada detención de tres horas.



Capítulo X: Gestión Logística

10.1. Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento

La gestión de logística es la gerencia de soporte de la corporación con el abastecimiento de los recursos que necesitan las diferentes unidades operativas y en cada unidad a las diferentes gerencias. La Gerencia de Logística tiene una cadena de suministros estratégica donde contempla la necesidad específica del producto y el volumen de consumo, atendidos por almacenes remotos; necesidades generales, atendidos desde el almacén central mediante vales de reservas por los usuarios; para consumo de productos exclusivos por una planta se tiene la estrategia de almacenes de usufructo, que es administrado por la Gerencia de Logística.

La PAS y POX tiene consumo de los tres sistemas de abastecimiento, todos canalizados desde el sistema SAP, los responsables de generar las reservas de productos de consumo propios del proceso productivo son los supervisores, el responsable de generar vales de productos para mantenimientos programados y remplazo es el ingeniero de procesos.

El ingreso de material hacia el almacén inicia con la entrega de documentos de validación, comienza cuando el Almacenero N°1 entrega a los Almaceneros N°2 las copias de las Guías de Remisión respectivas para continuar con el proceso se asigna cantidad de responsables de apoyo para la validación.

El Almacenero N°2 empieza a distribuir en las posiciones de cada producto y máximo de apilamiento de productos, los ubica mediante Tipo de Mercadería, por lo tanto en el caso de medicinas es mercadería fría, en el caso de Secos (Insumos, Papelería, Envases, Activos), y en caso de reactivos son almacenados de acuerdo a las normas gubernamentales vigentes; Mientras realiza los acomodos el Almacenero N°2 realiza la verificación de cantidades y sus respectivas fechas de vencimiento por producto validando en la copia de la Guía de

Remisión. Cuando se culmina este subproceso, se entrega la Guía de Remisión al Almacenero uno con las observaciones encontradas de cantidad y calidad.

Una vez que el Almacenero uno tiene las copia de las Guía de Remisión con las observaciones, informa al Asistente de Calidad, quien verifica en el almacén los productos con sus fechas de vencimiento y toma evidencia externas e internas de los productos observados para considerarla en el informe al cliente interno, a la vez decide qué productos debe considerarse como productos inmovilizados o aptos, para que después el Almacenero uno lo considere al momento de ingresar al sistema.

El Almacenero uno procede a ingresar al sistema SAP dependiendo de la unidad operativa, grupo y familia la mercadería, donde tiene que asignar una posición en el sistema e indica la disponibilidad en cantidad de cada producto que puede ser identificado en el sistema por el consumidor final.

Cabe de Indicar que, en el subproceso de ingreso de mercadería, cabe la probabilidad de considerar ingreso de Proveedores Externos o Ingreso de Mercadería de Traslado, en el caso de los primeros se debe considera ingresar con una orden de compra con el cliente y en el otro caso un número de orden de compra.

Culminado los subprocesos anteriores el Asistente de Calidad elabora y envía el informe de Recepción y Almacenaje final de la mercadería al cliente donde considera los datos de la unidad de traslado y las observaciones respectivas de los productos inmovilizados, que internamente no están conformes previa coordinación con el usuario final. El asistente de Calidad debe hacer seguimiento de los productos con el Cliente, debido que el cliente da la conformidad de lo observado. Todo este procedimiento es controlado con una lista de control de gestión de almacén que se muestra a continuación. (véase la Tabla 37)

Tabla 37
Lista de Control de Gestión de Almacén

Nº	Cuestionario	Si	No
1	El Almacenero 1 entrega los documentos correctos al Almacenero 2 para que realice la validación?	1	
2	El Almacenero 1 realiza las coordinaciones para la asignación de estibadores de manera establecida?	1	
3	El Almacenero 2 lleva a cabo los procedimientos para los Check en la validación de mercadería de manera adecuada?		1
4	El Almacenero 2 indica a los Estibadores el orden que debe ir la mercadería validada de manera correcta?	1	
5	El Almacenero 1 realiza las verificaciones de las Observaciones para comunicar al Asistente Calidad de manera establecida?	1	
6	El Asistente de Calidad realiza los procedimientos para el levantamiento de observaciones para informarlas al Cliente de manera objetiva?	1	
7	El Asistente de Calidad lleva a cabo los procedimientos para el envío del Informe al Cliente de manera programada?		1
8	El Cliente indica de manera programada de los productos que pasaran a la Zona de No Conformes y los Aptos a Despacho?	1	
9	El Almacenero 1 realiza los procedimientos para el Ingreso de Mercadería en el Sistema Interno de manera establecida?	1	
10	El Almacenero 1 realiza los procedimientos para la elaboración del reporte del Saldos y Fechas de manera eficiente?	1	
11	El Cliente Informa de manera establecida de alguna diferencia entre el Reporte de Saldos y Fechas y su Stock SAP.?	1	
12	El Almacenero 1 lleva a cabo los procedimientos para la revisión y verificación de las Diferencias de manera establecida?		1

10.2. La Función de Almacenes

Para el ingreso a los almacenes de la planta, la recepción de los productos importados se da mediante procedimiento de Aduanas cuyos costos no son manejados por la PAS, para ello el responsable de control de tráfico receptiona los materiales y con recursos de esta sección entrega a almacén central, siendo que el almacén central verifica la documentación, pasando a la etapa de verificación de la calidad y por último se da por decepcionado el producto.

Por otro lado, el personal de control de inventario ingresa al sistema SAP como disponibles para que usuario pueda ver la disponibilidad, en caso de productos nuevo pasan a

ser catalogados de acuerdo a la solicitud de los clientes finales, finalmente el personal coloca los productos en los anaqueles o áreas correspondientes de acuerdo a la catalogación del sistema SAP.

Para el caso del egreso el usuario genera aviso de reserva en el sistema SAP, una vez que es aprobado la reserva por la línea funcional de acuerdo al monto de compra a almacén se procesa la reserva a vale de consumo y el almacenero identifica el material e inicia el proceso para enviar.

El Almacenero del área es la persona responsable de realizar el despacho de los productos en el sistema, durante el despacho en sistema debe verificar las fechas de vencimiento de los productos si se encuentra con menos de siete días antes de su fecha de vencimiento, debe revisar si el cliente que solicitó el despacho acepta el producto, si autoriza debe considerar para despacho caso contrario pasa a la zona de merma.

El Almacenero de despacho se desplaza a cada ubicación, busca el producto y verifica las cantidades asignadas en la lista de las reservas, coloca cada mercadería sobre cada pallet y en cada pallet dentro de cajas hasta completar toda la lista, para finalmente trasladar a la zona de validación o pre-despacho.

El Almacenero dos entrega al Almacenero uno la hoja de reserva culminada con la conformidad, si presenta alguna inconsistencia debe proceder a reportar para tomar acciones de verificación o correcciones respectivas en coordinación con el usuario que solicitó el material en la reserva. El Almacenero N°2 deja los materiales en la zona de alistamiento, el Almacenero uno con presencia del coordinador de distribución y el documento Guía de Remisión verifican en su totalidad los bultos alistados y coloca el código de almacén temporal de entrega y nombre del cliente interno solicitante en la Guía de Remisión.

Una vez validado los materiales por el coordinador de distribución da su visto bueno de la mercadería y el Almacenero uno se queda con la parte de la guía correspondiente a

almacén, y los demás partes de la Guía lo entrega al distribuidor, quien informa al chofer asignado a la distribución que la mercadería esta lista para ser cargada, transportada y entregada en los almacenes temporales. Este proceso es el mismo con cada mercadería

10.3. Inventarios

Para el caso de los inventarios de insumos todos los productos como repuestos o insumos para planta son manejados por la gerencia de logística. Y el control se realiza con el sistema SAP, por auto reposición, cada elemento está catalogado con un stock mínimo de acuerdo al consumo. El mismo sistema va generando órdenes de compra al proveedor cuando el stock está en el límite mínimo inferior.

Existe material que es por reposición, esto es cuando el material sale del almacén generando de esta manera la orden de compra, por consiguiente, en almacén solo habrá un producto, lo que está en función a la rotación y el requerimiento.

Para el caso del inventario de productos de la planta, estos se llevan a cabo considerando los tipos de productos a producir, siendo para este caso del oxígeno y el ácido sulfúrico, lo que conlleva que cada uno de ellos tenga un procedimiento específico que se ha estipulado en el desarrollo de las actividades de la planta.

Para el proceso productivo de oxígeno es considerado un producto de consumo interno, todo lo producido en el día se consume, el almacenamiento temporal no es considerado en el manejo de inventarios ya que es absorbido por el alto consumo por periodos que existe. En caso de sobre producción el producto se ventea, es decir se elimina al ambiente.

Para el proceso productivo de ácido sulfúrico el Sistema Integral de Operaciones registra y se controla los inventarios en kilogramos con cuatro decimales; por ser un Insumo Químico o Bien Fiscalizado (IQBF), este reporte es revisado por la SUNAT, por consiguiente, los datos no son de manejo público.

De forma diaria se realiza mediciones electrónicas de niveles de los tanques de almacenamiento, tengan movimiento de producto o no, igual son verificados. Los datos son ingresados al sistema conjuntamente con variables fisicoquímicas, el sistema determina el tonelaje producido, este valor debe ser similar al valor del flujo metro registrado a la descarga de la planta. Los resultados aceptados son con variación de 0.005%. Todos los despachos internos y externos son registrados en este sistema mediante las guías de remisión.

Para la toma de inventario físico el Ingeniero de Control de ácido indica al Supervisor sobre la realización de la toma física del stock, este proceso consta que el Supervisor determina en físico y el asistente de inventarios anota las cantidades y verifica los resultados.

El Supervisor procede a realizar la comparación entre el stock en físico versus el stock virtual, al encontrarse diferencias el Supervisor realiza un recuento de las actividades para identificar posibles desviaciones durante el proceso de medición, si la diferencia se mantiene el Ingeniero de Control de ácido procede a verificar los movimientos realizados en el sistema con los documentos en físico para confirmar la correlación de producción y despachos con el objetivo de identificar la diferencia.

El Ingeniero de control de ácido mensualmente indica al control de producción sobre la toma de inventario en físico, con el resumen de resultados de toma de inventarios debe proceder a llenar en el módulo de control de producción.

10.4. La Función de Transporte

Para el caso de los insumos, el transporte del almacén central a planta, se realiza mediante los servicios brindados por una empresa contratista la cual se encarga de cargar a las unidades de transporte y dejar en los puntos de entrega. En el ámbito de las operaciones de nuestro contratista de transporte de materiales, se le presta mayor atención frente a las demás ya que demanda la responsabilidad de hacer llegar los materiales a su destino final, mediante el cumplimiento con los requerimientos del cliente interno, lo que implica superar

las distintas eventualidades no cotidianas que se puedan presentar en el trayecto. Para que las operaciones se puedan llevar a cabo de manera correcta, debe de contar con una gestión óptima de mantenimiento y seguridad.

Para el caso del consumo interno, el producto se carga a las unidades cisterna y el transporte del mismo es efectuado por otra Gerencia de Ferrocarril Industrial, por lo que el costo es asumido por el cliente interno bajo una tarifa fija. De otra parte, el consumo externo se entrega a la Gerencia Comercial, quienes con sus recursos realizan la carga a los buques mediante los acuerdo de comercio internacional (Incoterms) realizados por su Gerencia.

Debido al tamaño de la planta, la misma no cuenta con relaciones exclusivas con marcas internacionales. Sin embargo, mantiene relaciones sólidas en cuanto a la realización de mantenimientos periódicos con las marcas pertenecientes a sus unidades de transporte.

Las operaciones en cuanto al transporte de la planta, están monitoreadas por el sistema de control en tiempo real GPS, llevando el rastreo necesario de las unidades para evitar desvíos o retrasos de la entrega de los materiales.

10.5. Definición de los Principales Costos Logísticos

Los principales costos logísticos de la planta se encuentran relacionados con la gestión del abastecimiento de materiales involucrados en la producción de ácido sulfúrico y oxígeno, sin embargo, existen otros costos lo que se relacionan con las actividades que involucran al capital humano para el desarrollo de la gestión logística de la planta. Todos los costos involucrados en la gestión logística de la planta no son de acceso de la misma ya que existe una empresa de servicios de abastecimiento y distribución que los desarrolla y no es factible acceder a los mismos.

10.6. Propuesta de Mejora

Realizando el análisis de inventarios disponibles para la planta se muestra en los reportes de detenciones de plantas por falta de repuestos. Esto nos lleva a la conclusión de

que el manejo de los inventarios está en función a la velocidad de rotación del material y la capacidad de almacenamiento de equipos por tiempos extensos de espera para ser utilizado por el cliente final.

Se toman decisiones de reposición incorrectas causando sobrecostos y pérdidas de producción por la detención de las plantas, es viable realizar una reunión del grupo de trabajo involucrado en la actividad con los responsables directos de Operaciones, Mantenimiento y Logística para analizar cada uno de los procesos en busca de identificar repuestos de alta criticidad y velocidad de rotación.

Evaluar la alternativa de costo beneficio de mantener cada material en almacén, considerando la cantidad a ser almacenada, el tiempo de reposición del material por parte de los proveedores, la velocidad de rotación, las probabilidades de falla de los materiales y equipos en relación al tiempo de operación de las plantas. Como ejemplo ponemos a análisis la falta de válvulas de seguridad en la planta de Oxígeno. La Tabla 38 nos muestra el análisis.

Tabla 38
Análisis de Falla de Válvula en la POX

Concepto	Unidad	Actual	Propuesto
Unidades en almacén	Und.	0	8
Tiempo de reposición del proveedor	Días	15	0
Tiempo de reparación	H	3	3
Probabilidad de falla	Und.	1	1
Perdida de producción por mantenimiento	H	72	0
Tiempo de puesta en línea	H	16	16
Total horas de detención de planta	Hr.	91	19
Perdida producción ácido sulfúrico	Tm	937.30	195.70
Perdida producción oxígeno	Tm	985.83	205.83
Costo por pérdida de producción de ácido	US\$	28,662.63	58,72.96
Costo por pérdida de producción de oxígeno	US\$	55,906.61	11,672.81
Total costo por detención de planta	US\$	84,569.24	17545.77
Beneficio otorgado	US\$		67,023.48
Costo beneficio			2.9

Tabla 39
Inversión de Válvulas

Material	Unidad	Sub total en US\$
Válvula de 1 Pulgada	2	4,600
Válvula de 1 ½ Pulgada	2	4,900
Válvula de 1 ¾ Pulgadas	2	5,100
Válvulas de 2.5 Pulgadas	2	8,400
Total		\$23,000

Acumulación de stocks de insumos en las plantas al realizar reservas sin un plan de consumo proyectado en las plantas, esto genera costos de transporte innecesarios, en algunos casos inclusive adición de unidades móviles para el traslado, generando que se incremente el costo total a ser pagado al departamento de logística. Esto muestra que los canales de comunicación no funcionan eficazmente.

Para reducir estos costos (véase la Tabla 40) de operaciones logísticas se debe fortalecer el sistema de control de compras de la PAS, generando proyecciones de consumo semanal de los productos, asignar responsables de gestión directas de insumos a cada uno de los supervisores, quienes deberán realizar la gestión por una campaña. Incluir en las reuniones de evaluación de resultados como una variable y fortalecer el procedimiento de comunicación de control de insumos. Con la implementación de las propuestas se estima una reducción significativa de los costos deficientes provocados por la ausencia de la gestión en el desarrollo de actividades logística relacionadas con la PAS y POX de la empresa.

Tabla 40
Propuesta de Reducción de Costos Logísticos

Insumo	Consumo día	Gasto actual	Gasto 2018	Gasto 2019	Gasto 2020	Gasto 2021
PAS	2.5 cilindros	5,760.00	4,320.00	2,880.00	1,440.00	0.00
POX	5.4 litros	960.00	720.00	480.00	240.00	0.00
Total		6,720.00	5,040.00	3,360.00	1,680.00	0.00
Reducción (%)			25%	50%	75%	100%

10.7. Conclusiones

En la actualidad, no hay manera de establecer con exactitud el requerimiento de imprevistos, ya que se envían según cuota requerida de acuerdo las necesidades inmediatas en planta, siendo así que la verificación y control de los insumos se resumen únicamente a cantidades realizando un control histórico, igualmente el conocimiento de los procedimientos de contingencia en traslado de materiales se realiza en forma no planeada, no habiendo un documento que indique los efectos de un desabastecimiento. La planificación y control de inventarios constituye una pieza clave para el funcionamiento correcto de la dependencia logística en la planta. Siendo parte de la propuesta que se responsabilice cada insumo a un supervisor.

La gestión de inventario de repuestos crítico requiere una evaluación donde se identifique equipos críticos que demandarían mayor tiempo en la procura y los tiempos de respuesta de los proveedores. Si bien existe la catalogación de equipos críticos enfocado a maquinas completas, hace falta de los componentes teleféricos como los de seguridad, que operativamente tienen vida útil que garantiza cada campaña de producción pero no aun 100%.

Capítulo XI: Gestión de Costos

En este capítulo analizamos el sistema de costeo que tiene la empresa actualmente y establecemos los costos de producción a través del sistema de costeo por órdenes y costeo basado en actividades, resaltamos la importancia de establecer las bases de asignación de costos de manera ordenada y clara para que la gerencia tenga la información razonable acerca del cálculo de las utilidades y mejor calidad en la toma de decisiones, finalmente este análisis nos brinda una oportunidad de mejora que contribuye a la generación de valor a través de la gestión de inventarios.

11.1 Costeo por Órdenes de Trabajo

De acuerdo con lo indicado en el capítulo I, la empresa tiene un proceso de transformación continua a lo largo de todo el año con paradas bianuales para el mantenimiento de las plantas, normalmente estas paradas se realizan en el mes de octubre afectando la producción sólo de ese mes explicado en el capítulo III. Se explicó además que la producción de ácido sulfúrico y oxígeno es permanente en todo el año para satisfacer principalmente la demanda del proceso de lixiviación y fundición en la producción del cobre. El sistema de costeo por ordenes de trabajo “se usa en procesos únicos, artículo y lotes normalmente, en los que cada orden es diferente y hay que realizar un costeo específico para cada orden de trabajo” (D’Alessio, 2012, p.418).

En línea con lo explicado, en el sistema de costeo por órdenes de trabajo “... el objeto del costo es una unidad individual, un lote o un servicio definido, denominado trabajo” (Horngren, Foster, & Datar, 2002). En la empresa no se tienen órdenes de productos específicos o diferentes a la producción de ácido u oxígeno, las plantas están diseñadas para la producción única de estos productos por lo que este sistema de costeo por órdenes pierde relevancia en frente a un sistema de costeo con mayor precisión de información para la toma de decisiones.

En la empresa se utiliza el sistema de costeo por órdenes de trabajo donde se distingue los costos directos de fabricación que son asignados directamente y los costos indirectos los cuales a través de un prorrateo en función a la cantidad de producción en cada una de las plantas. En el año 2016 la empresa tuvo una producción y consumo de 1'036,350 Tm de ácido sulfúrico y 332,961 Tm de oxígeno, con un costo total de US\$ 21,167,444 cuya distribución se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41
Costos incurridos en PAS y POX en el 2016

Detalle	US\$	Detalle	US\$
Materiales		Mano de Obra	
Directos		Directos	
POX	48,935	POX	70,481
PAS	53,188	PAS	1'625,858
Sub Total	102,123	Sub Total	1'696,339
Indirectos		Indirectos	
Seguridad POX	1,040	Mecánico POX	700,312
Seguridad PAS	11,929	Eléctrico POX	305,345
Energía POX	9'872,633	Mecánico PAS	549,038
Energía PAS	5'476,723	Eléctrico PAS	184,072
Diesel	352,683	Administrativos	623,435
Laboratorio	52,588	Asesoría	44,835
Mobiliario	73,920	Contratistas POX	37,912
Tecnología	32,593	Contratistas PAS	250,426
Sub Total	15'874,108	Mantenimiento Terceros POX	353,745
		Mantenimiento Terceros PAS	345,394
		Vigilancia	95,674
		Capacitación	4,688
		Sub Total	3'494,875
Sub Total	15'976,230	Sub Total	5'191,214
		Total	21'167,444

Los costos directos identificados en la producción de ácido sulfúrico y oxígeno son materiales y mano de obra directa. Estos costos se reflejan directamente en el producto final por lo que la asignación también es directa, mientras que los costos indirectos deben ser

prorrateados entre las dos plantas. En la Tabla 42 se presentan los costos directos, indirectos y el cálculo del costo unitario de producción.

Los costos de laboratorio que se generan en los procesos de control de calidad, el mobiliario, tecnología usado en estudios de mejora del producto, gastos administrativos del personal, asesoría especializada y vigilancia son asignados a razón del 50% para cada planta, con dicha distribución de costos los costos unitarios calculados son 36.13 US\$/Tm de oxígeno y 8.82 US\$/Tm de ácido sulfúrico.

Tabla 42
Costos Unitarios de Producción

Costo unitario directo	POX en US\$	PAS en US\$	Total US\$
Materiales	48,935.00	53,187.50	102,122.50
Mano de Obra	70,480.94	1'625,858.13	1'696,339.06
Total directos	119,415.94	1'679,045.63	1'798,461.56
Producción en Tm	332,960.73	1'036,349.97	
Costo unitario directo	0.36	1.62	
Costo unitario indirecto			
Seguridad	1,040.00	11,928.75	12,968.75
Energía	9'872,632.81	5'476,722.50	15'349,355.31
Diesel	176,341.41	176,341.41	352,682.81
Laboratorio	26,293.75	26,293.75	52,587.50
Mobiliario	36,960.00	36,960.00	73,920.00
Tecnología	16,296.72	16,296.72	32,593.44
Mecánico	700,311.56	549,038.13	1,249,349.69
Eléctrico	305,345.31	184,071.56	489,416.88
Administrativos	311,717.34	311,717.34	623,434.69
Asesoría	22,417.66	22,417.66	44,835.31
Contratistas	37,912.19	250,425.94	288,338.13
Mantenimiento Terceros	353,744.69	345,393.75	699,138.44
Vigilancia	47,837.03	47,837.03	95,674.06
Capacitación	2,343.75	2,343.75	4,687.50
Total indirectos	11'911,194.22	7'457,788.28	19'368,982.50
Producción TM	332,960.73	1'036,349.97	
Costo unitario indirecto	35.77	7.20	
Costo Total Unitario			
Directos en US\$	0.36	1.62	
Indirectos en US\$	35.77	7.20	
Total Unitario US\$/Tm	36.13	8.82	

Los costos de mobiliario, administrativos, vigilancia, capacitación y comunicaciones son asignados a razón del 50% para cada planta, con dicha distribución de costos, los costos unitarios calculados son 35.77 US\$/Tm para el oxígeno y 7.20 US\$/Tm para el ácido sulfúrico.

Se puede observar que en el sistema de costeo de la empresa no se cuenta con bases claras para asignación de costos indirectos, asimismo la metodología que se lleva a cabo no permite establecer el real costo de producción y por esta razón los cálculos de utilidades por línea de producción no son reales.

11.2 Costeo Basado en Actividades

Al tener dos líneas de producción claramente definidas y permanentes de ácido sulfúrico y oxígeno además que las plantas no realizan pedidos especiales, únicos, por lotes o producto diferentes y para explicar el proceso de costeo basado en actividades de la empresa seguiremos los siguientes siete pasos adaptados de Horngren, Foster, & Datar.

Dicho recurso es utilizado dado que la empresa no sigue el sistema de costeo por actividades. El sistema de costeo basado en actividades se enfoca en establecer agrupamientos de costos indirectos los cuales se asignan a los productos tomando bases o criterios de asignación que hagan transparente la designación de los costos, esta valoración de los costos sirve para establecer precio de ventas más eficientes conociendo el nivel de beneficio generado por la venta del producto.

Paso 1. Identificar de los objetos de costo

En el año 2016 la empresa tuvo una producción de 1'036,349 Tm de ácido y 332,960.73 Tm de oxígeno, con un costo total de producción asciende a US\$ 21'167,444.

Paso 2. Identificar los costos directos de los productos

La empresa define sus costos directos como aquellos que están directamente relacionados con el producto, así tenemos un total de US\$ 2'497,600 para POX y PAS. Si bien es cierto el mantenimiento no está directamente relacionado al producto final la relación con cada una de las plantas es directa pues se generan por el programa de mantenimiento bianual con cada una de ellas, en este caso tenemos en la POX US\$ 353,745 y en la PAS US\$ 345,394 los cuales se agregan como costo directo por estar plenamente identificadas con cada una de las plantas, así como los otros costos operativos por haberse generado por requerimientos directamente de las plantas (véase la Tabla 43).

Tabla 43
Costos Directos de Fabricación

Detalle	POX	PAS	Total US\$
Materiales	48,935	53,188	102,123
Mano de Obra	70,481	1'625,858	1'696,339
Mantenimiento Terceros	353,745	345,394	699,138
Total directos	473,161	2'024,439	2'497,600
Producción anual en Tm	332,961	1'036,350	
Costo unitario directo	1.42	1.95	

Paso 3. Seleccionar las bases de asignación del costo a utilizar para proratear los costos indirectos entre la producción

Las bases identificadas para la asignación de los costos indirectos son la producción anual de ácido sulfúrico y oxígeno como indicador del desempeño de cada una de las plantas, el nivel de costos de la mano de obra utilizada por cada planta y el costo de los materiales utilizados en el 2016 se indican en la Tabla 44.

Tabla 44
Bases de Asignación de Costos

Bases de asignación de costos	POX	PAS
Producción anual en Tm el 2016	332,961	1'036,350
Materiales	48,935	53,188
Mano de Obra	70,481	1'625,858

Paso 4. Identificación de los costos relacionados con cada base de asignación

Dado que la empresa no dispone de información sistematizada para el desarrollo de cálculo de costos bajo el método de costos basado en actividades, éstos se han agrupado de manera que se relacionen los más posible a las bases de asignación así tenemos los costos que dan soporte a la producción en toneladas métricas de ácido y oxígeno que en total suman US\$ 2'157,121. Los costos indirectos de energía y diesel equivalen a US\$ 15'702,038 se relacionan a los costos de materiales y los costos indirectos administrativos que ascienden a US\$ 810,685 se relacionan en función a los costos de mano de obra directa. Dicha distribución se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45
Agrupamiento de Costos Indirectos

Costos que dan soporte a la producción	
Mecánico	1'249,350
Eléctrico	489,417
Contratistas	288,338
Laboratorio	52,588
Asesoría	44,835
Tecnología	32,593
Total en US\$	2'157,121
Costos indirectos consumidos por POX y PAS	
Energía	15'349,355
Diesel	352,683
Total en US\$	15'702,038
Costos indirectos administrativos	
Administrativos	623,435
Vigilancia	95,674
Mobiliario	73,920
Seguridad	12,969
Capacitación	4,688
Total en US\$	810,685

Paso 5. Cálculo de tasa por unidad de cada base de asignación de costos indirectos.

Se calculan las tasas de costos para cada caso el primero de ellos es para asignar los costos que dan soporte a la producción a razón de 1.58 US\$/Tm de producción, los costos de

energía y diesel US\$ 153.76 en razón de los materiales consumidos y los costos

administrativos se asignan a una tasa de US\$ 0.48 por cada sol consumido en mano de obra.

Las tasas de asignación y la base de asignación se presentan en la Tabla 46.

Tabla 46

Cálculo de Tasa de Asignación de Costos

Costo unitario por Tm	POX	PAS	
Tm producidas 2016	332,961	1'036,350	1'369,311
Costos de soporte a la producción			2,157,121
Costo unitario US\$/Tm			1.58
Costo unitario consumo de energía y diesel			
Materiales	48,935	53,188	102,123
Costos de energía y diesel			15'702,038
Costo unitario por energía y diesel			153.76
Costo unitario administrativos			
Mano de Obra	70,481	1'625,858	1'696,339
Costos indirectos administrativos			810,685
Costo unitario administrativos			0.48

Paso 6. Prorratio de los costos indirectos

Las asignaciones de costos indirectos se acumulan en relación a las bases y la tasa de asignación obtenidos en los pasos previos, en este sentido se obtiene que para la POX los costos indirectos son US\$ 8'082,301. Para PAS tenemos US\$ 10'587,543 ver Tabla 47.

Tabla 47

Prorratio de Costos Indirectos

Costos indirectos POX	Tasa	Base	Cantidad	Costo asignado
Costos de soporte a la producción	1.58	Tm	332,961	524,524
Costos de consumo de energía y diesel	153.76	1.0 US\$	48,935	7'524,093
Costos indirectos administrativos	0.48	1.0 US\$	70,481	33,683
Total costo asignado				8'082,301
Costo unitario POX				24.27
Costos indirectos PAS				
Costos de soporte a la producción	1.58	Tm	1'036,350	1'632,597
Costos de consumo de energía y diesel	153.76	1.0 US\$	53,188	8'177,945
Costos indirectos administrativos	0.48	1.0 US\$	1'625,858	777,002
Total Costo Asignado				10'587,543
Costo unitario POX				10.22

Paso 7. Cálculo de los costos totales de los productos.

En la Tabla 48 vemos que el sistema de costeo por actividades nos permite de esta manera sincerar los costos totales de producción, este sistema toma todos los costos de los recursos utilizados en el proceso de producción, los resultados nos llevan a determinar con mayor razonabilidad los beneficios de la empresa al consumirlos o comercializarlos, el costo unitario total para el oxígeno es 25.70 US\$/Tm y para el ácido 12.17 US\$/Tm. Se puede notar que existe diferencia de resultados entre los dos sistemas de costeo.

Tabla 48
Costo fabricación costeo basado en actividades.

Costeo total	POX	PAS	Total
Producción en Tm	332,961.00	1'036,350.00	
Costos directos en US\$	473,160.63	2'024,439.38	2'497,600.00
Costo directo unitario	1.42	1.95	
Costos indirectos en US\$	8'082,300.68	10'587,543.39	18'669,844.06
Costo indirecto unitario	24.27	10.22	
Costo total en US\$	8'555,461.30	12'611,982.76	21'167,444.06
Costo unitario directo en US\$	25.70	12.17	

En este sentido se puede ver que el costo unitario de producción por Tm de oxígeno en el costeo por órdenes de trabajo es US\$ 36.13, sin embargo bajo el costeo basado en actividades el costo unitario de producción es US\$ 25.70; al tener un costo mayor de producción afecta el cálculo real de beneficios los cuales en este caso son subestimados. En el caso de los costos unitarios de producción de ácido sulfúrico por Tm podemos apreciar que bajo la metodología de costeo por órdenes de trabajo estos llegan a US\$ 8.82 sin embargo este cálculo nos lleva a inferir que los beneficios son sobre estimados pues bajo el método de costeo basado en actividades dicho costo de incrementa a US\$ 12.17 esto quiere decir que dentro del sistema de costeo por órdenes de trabajo los beneficios son menores para el caso del ácido y son mayores en el caso del oxígeno. La Tabla 49 muestra el comparativo del costeo entre ambas metodologías de cálculo.

Tabla 49
Comparativo Método de Costos de Producción

Método de costeo	POX	PAS
Ordenes de trabajo en US\$	36.13	8.82
Basado en actividades en US\$	25.70	12.17
Valor venta US\$	180.00	80.00

11.3 El Costeo de Inventarios

La empresa tiene un sistema de producción continua de acuerdo al capítulo III tanto para la producción de oxígeno y ácido. En cuanto al oxígeno se tiene una producción y consumo constante no se cuenta con un procedimiento de almacenaje de la producción excedente o de venta a clientes. Se presentan mínimos periodos de sobre producción por disminución de la demanda interna de oxígeno en los hornos de fundición, dado que la planta de oxígeno no puede detener la producción porque al reiniciar la misma se generan costos adicionales, por ello el costo de los inventarios y como la empresa usa el sistema de costeo por órdenes de trabajo tenemos un costo total de inventarios de US\$ 8'555,461 en el caso de oxígeno y US\$ 12'611,983 para el ácido considerando que el 100% de los productos son producidos y consumidos, se parte de un inventario cero al inicio del año por no tener stocks inmovilizados al cierre del año 2015 y al final del 2016 todo lo producido es consumido por la empresa en los procesos de producción (véase la Tabla 50).

Tabla 50
Costo de Inventarios 2016

Detalle	POX	PAS	Total US\$
Producción en Tm	332,961	1'036,350	
Costo unitario en US\$/Tm	25.70	12.17	
Costo de Inventarios US\$	8'555,461	12'611,983	21'167,444

11.4 Propuesta de Mejoras

Las propuestas de mejora para el proceso de costeo de la empresa se basan en la aplicación del método de costeo basado en actividades ya que al agrupar las actividades directamente relacionadas a los procesos productivos se torna mucho más transparente y

razonable los niveles de costos es así que en la estimación de los costos hemos encontrado las siguientes diferencias explicadas en la Tabla 49.

Aplicar la metodología de costeo basado en actividades las políticas de establecimiento de precios son más competitivas pues permite alinearse a los costos y precios de venta del mercado, por consiguiente, las utilidades muestran la real dimensión frente a los costos incurridos.

Según datos históricos del 2016 la producción total de oxígeno fue de 332,961 Tm de esta producción aproximadamente el 2.95% fueron liberadas al medio ambiente con una consecuente pérdida económica para la empresa, en este sentido la producción liberada al medio ambiente fue de 9,822 TM de oxígeno. Se puede observar que la empresa no tiene un programa de rentabilidad para maximizar las utilidades en la producción del oxígeno pues las 9,822 Tm que son liberadas al medio ambiente pueden generar US\$ 1'767,960 en ingresos anuales y utilidades anuales por US\$ 1'413,118 según el costo por órdenes de trabajo o utilidades de US\$ 1'515,635 por costo basado en actividades respectivamente como se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51
Cálculo de Utilidad por Pérdida de Producción de Oxígeno

Detalle	Costeo por órdenes	Costeo por actividades
Liberación al medio ambiente en Tm	9,822	9,822
Precio de venta US\$ Proy. 2018	180	180
Ingresos US\$	1'768,021	1'768,021
Costo		
Costo Unitario	36.13	25.70
Costo Total US\$	354,903	252,386
Utilidad no percibida US\$	1'413,118	1'515,635

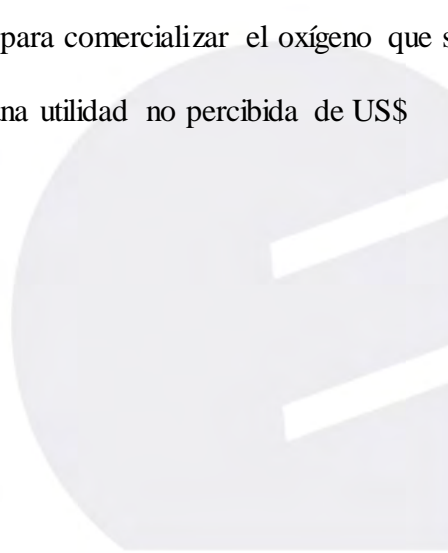
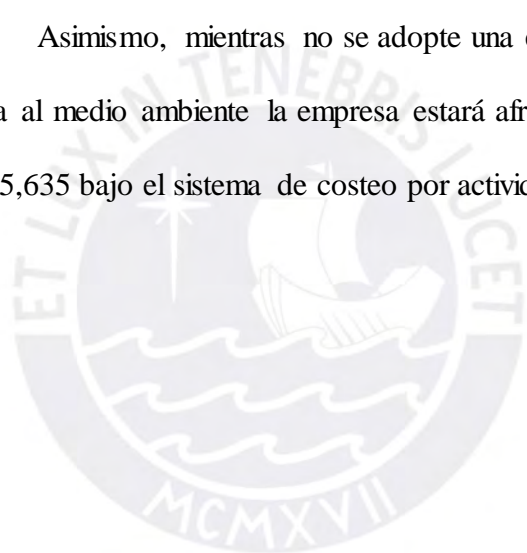
11.5 Conclusiones

Del análisis realizado se evidencia que la empresa no cuenta con un sistema perfeccionado de costeo de producción es así que actualmente su sistema de costeo utiliza el

método de costeo basado en ordenes de trabajo el cual adolece de una clara política de asignación de costos indirectos, dichos costos son asignados a la producción con una simple división aritmética con una tasa del 50% para las PAS y POX.

Dicha asignación de costos lleva a un cálculo de los mismos de manera errónea trayendo como consecuencia que el cálculo de utilidades no sea exacto pues estos subsidian o sobrevaloran las utilidades, no se cuenta con un procedimiento para agrupar costos de producción, tampoco de diseño de bases ni de tasas de asignación. En función a ello se propone adoptar una política de cálculo de costos basado en actividades como una manera de hacer transparentes los cálculos de los mismos y tener mayor exactitud en el cálculo de las utilidades.

Asimismo, mientras no se adopte una estrategia para comercializar el oxígeno que se libera al medio ambiente la empresa estará afrontando una utilidad no percibida de US\$ 1'515,635 bajo el sistema de costeo por actividades.



Capítulo XII: Gestión y Control de la Calidad

En este capítulo se describe la gestión y control de calidad aplicada a los procesos de producción de las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno de SPCC.

12.1. Gestión de la Calidad

Debido al tipo de rubro, la calidad de las operaciones productivas es una necesidad en el sector minero para producir minerales que cumplan estándares específicos, así mismo los productos que intervienen en el proceso cuentan con certificaciones de calidad que aseguren las mejores condiciones para la producción de los mismos. SPCC cuenta con la certificación ISO 9001:2015, dicha certificación le ha permitido asegurar mejores prácticas productivas, homologar los documentos de operaciones, seguridad y de relación con el cliente.

El cambio más profundo del resultado de la certificación fue la homologación de los documentos de las áreas de producción, calidad y seguridad. Antes de implementar la norma ISO 9001 se utilizaban documentos diseñados y manejados de acuerdo al criterio de cada área lo cual generaba problemas y retrasos para los controles internos y externos como fiscalizaciones de parte de agentes del estado e internacionales.

La homogenización documentaria tuvo un proceso de alrededor de tres años, finalmente se uniformizó y se generaron formatos y estándares definidos para todas las áreas. También se contrató un servicio de almacenamiento digital de dicha información el cual tiene un administrador que se encarga del control de los documentos.

La certificación ha permitido estructurar un mejor sistema de control de la calidad de los procesos, teniendo como resultados productos conformes a los planes de calidad, controlando y reduciendo el volumen de material recirculante y cumpliendo con los estándares de control interno.

12.2. Control de la Calidad

Los procedimientos de control, evaluación y de calidad con que cuenta la empresa aseguran que el proceso de producción de ácido y oxígeno se controlen variables físicas y químicas a lo largo de la línea productiva. Estas mediciones se realizan con dispositivos modernos enlazados a un sistema Scada monitoreados en la sala de control por el Jefe de turno. La documentación de calidad es agrupada en: procedimientos de control operativo, ambiental y de seguridad. Los procedimientos de control productivo revisan los requisitos del producto, la comunicación con el cliente, cambios de requisitos y respuestas ante emergencias. Los procedimientos de producción se encargan de revisar el control de producción, preservación y control de cambios. Las evaluaciones finales corresponden a la satisfacción del cliente y de cumplimientos.

12.2.1 Disposiciones específicas de producción de ácido sulfúrico

Para asegurar la calidad de ácido sulfúrico se realizan las siguientes actividades operativas y de control:

- Control de variables de temperaturas y flujos en los diferentes equipos del sistema de contacto para mantener en rangos operativos de acuerdo al plan de calidad del proceso productivo.
- Monitoreo en línea de la concentración del ácido sulfúrico en la etapa de absorción, monitoreada las 24 horas por los especialistas responsables del control operativo de las plantas de producción.
- Monitoreo en línea de la concentración del ácido sulfúrico en el flujo de producto final, monitoreada las 24 horas por los Especialistas responsables del control operativo de las plantas de producción y verificada por el Supervisor de turno.

- Se realizan tres muestreos en forma aleatoria por día, siendo analizadas en el laboratorio de la planta. Estos datos permite contrastar resultados con los analizadores en línea, garantizando el seguimiento al producto.
- Se extrae una muestra de ácido sulfúrico para ser analizada en el laboratorio central certificado, cuyos resultados son verificados y contrastados con los datos históricos de operación.

12.2.2 Disposiciones específicas de producción de oxígeno

Para asegurar la calidad de oxígeno se realizan las siguientes actividades operativas y de control:

- Control de variables de temperaturas, presiones y flujos en los diferentes equipos del sistema de destilación binaria para mantener en rangos operativos de acuerdo al plan de calidad del proceso productivo.
- Monitoreo en línea de la concentración del oxígeno en la etapa de destilación, monitoreada las 24 horas por los Especialistas responsables del control operativo de las plantas de producción y verificada por el Supervisor de turno

Para asegurar la calidad de producción de oxígeno se realiza lo siguiente:

Los documentos y procedimientos establecidos para garantizar el control de calidad del producto son:

- Se tiene un control histórico diario de los analizadores en línea que garantiza el seguimiento del producto, es controlado y verificado diariamente por el Ingeniero de Procesos.
- Se realiza encuesta al cliente interno de manera semestral sobre la calidad y las características del producto.

Para medir la calidad del producto la empresa tiene como principal indicador la concentración para ambos productos, la satisfacción del cliente interno y externo mediante las encuestas semestrales. El control y seguimiento de estos indicadores es diferenciado por el producto, cada producto tiene diferentes clientes.

Uno de los problemas del control del proceso productivo es la administración de los manuales y documentos de control operativo. Actualmente se cuenta con el sistema DOCUCLASS que tiene la información en forma integral pero no es dinámico el acceso hacia los operadores por la distancia que se tiene la sala de control y sistema de red.

12.3. Propuesta de Mejora

Para ingresar documentos a la plataforma de control documentario del Sistema Integral de Gestión actualmente se pasa por proceso de firmas por los diferentes departamentos como operaciones, seguridad, ambientales y demás. Una vez firmadas estas son escaneadas para ingresar el documento y oficializar mediante correo automático a cada uno de los usuarios.

Luego de realizar observaciones durante un mes sobre la gestión de documentos se identifica que aproximadamente el 8.33% de las horas laboradas es dedicada a la actualización y verificación de documentos, luego ingresa al proceso de revisión donde por documento en promedio es de cuatro días hasta el retorno para su edición. El tiempo de edición en promedio es de 0.94% de horas laboradas al mes.

Se propone hacer uso de la herramienta existente en el sistema, denominada flujo de documento, que a la actualidad no se está usando, la inversión calculada asciende a US\$ 10,000 tanto en el sistema informático y capacitación del personal de planta. La aplicación del flujo de documentos nos permitiría incrementar la eficiencia y reducir el tiempo por la automatización del proceso, eliminando el 0.94% del tiempo por la edición del documento. También nos permitirá viabilizar los cuellos de botella que existen en el proceso de revisión,

se estima una reducción del 50% del tiempo debido a que el documento estará disponible al mismo tiempo para todos los usuarios designados para la revisión y aprobación.

Durante el proceso de observación se ha identificado la actualización de 11 documentos, en el proceso de gestión de las PAS y POX existen en aproximadamente 341 documentos que son actualizados periódicamente, el 36% de estos documentos debe tener actualización anual. La edición de estas actualizaciones lleva hacer uso de 0.87 % de horas laboradas durante el año (véase la Tabla 52).

Tabla 52
Inversión en Software de Procedimiento Criptográfico

Concepto		Actual	Propuesta
Proceso de firmas en días		4	2
Proceso de escaneado en minutos		682	0
Proceso de edición anual en porcentaje		0.84	0
Cantidad de documentos		341	341
Inversión en personalización del software en US\$		6,000.00	
Inversión en capacitación en US\$		4,000.00	
Total de inversión en US\$			10,000.00
Costo horas en administración total 2018 en US\$		1'044,259.00	
Costo horas dedicadas a la actualización y verificación en US\$	8.33%	86,986.77	
Costo horas de edición de documentos	0.94%	9,816.03	
Costo del proceso de gestión de documentos		96,802.81	
Eficiencia proyectada con la propuesta	50.00%		
Beneficio en ahorros US\$			48,401.40

12.4. Conclusiones

La gestión y control de la calidad en los procesos de la empresa están basados en los procedimientos estructurados a partir de las normas ISO y las normas gubernamentales. La adopción de estos procesos de homogenización a permitido la certificación de calidad. Uno de estos procesos es la gestión de documentos que para asegurar la calidad deben ser continuamente actualizados y que por su volumen, revisión y validación por varias áreas consume el 8.33% del total de horas laboradas, además se requiere el 0.94% del total de horas

para la edición de los mismos. La implementación de la propuesta de mejora está orientada a gestionar mediante una plataforma sistematizada que requiere escanear los documentos para luego ser publicados. También cuenta con sistema de flujo de documentos que permite especificar las direcciones de los usuarios. La implantación de la propuesta de mejora permitirá una mejor dinámica en la gestión de documentos y el acceso universal del personal operativo logrando reducir los costos de administración de documentos en 50% este beneficio pasará a incrementar los beneficios anuales de la empresa.



Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento

Se revisan los tipos de mantenimientos y el diagnóstico de las características operativas que se desarrollan en el área de mantenimiento de SPCC con atención a las PAS y POX. De esta evaluación, se proponen optimizaciones operativas que permitirían una adecuada capacidad de reacción en el mantenimiento del sistema de bombeo crítico para preservar la producción continua de ácido sulfúrico y soporte al proceso de fundición de cobre.

Los tipos de mantenimientos que se tienen establecidos en las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno dentro de la fundición de cobre de Ilo se agrupan en:

- Mantenimiento Día-Día equivalente al Mantenimiento Correctivo Inmediato o Urgente.
- Mantenimiento Planeado equivalente al Mantenimiento Correctivo Diferido o Programable.
- Mantenimiento Programado equivalente al Mantenimiento Preventivo según Condición.
- Mantenimiento Detenciones equivalente al Mantenimiento Preventivo Sistemático o Predeterminado. (véase la Figura 52)

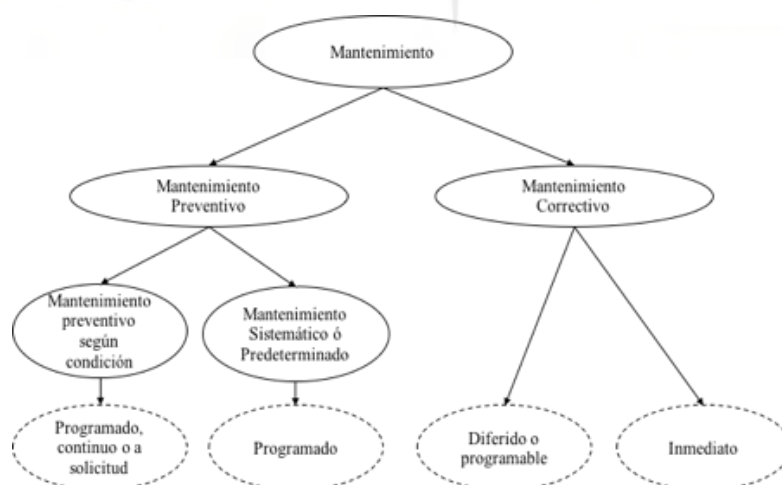


Figura 52. Distribución de horas-hombre por tipo de mantenimiento

El personal técnico continuo que se asigna durante la semana para todos los mantenimientos es de un total de 24 Técnicos distribuidos entre 12 Mecánicos, 6 Eléctricos y 6 Instrumentistas. El presupuesto semanal ejecutado promedio en el año 2016 fue de US\$ 32,152 y se distribuye aproximadamente en 15% para mantenimientos día-día, 25% para mantenimientos planeados, 37.5% para mantenimientos programados y 22.5% para mantenimientos tipo detenciones (véase la Tabla 53).

Tabla 53

Distribución de Horas-Hombre por Tipo de Mantenimiento

	Mecánicos	Eléctricos	Instrumentistas
Día a Día	672	336	336
Planeados			
Ácido sulfúrico	489		
Oxígeno	164		
Programados			
Ácido sulfúrico	156	121	44
Oxígeno	57	63	49
Detenciones	672	336	336
US\$ horas-hombre ejecutado semanal	19,772	8,265	4,114
No. Trabajadores por turno	4	2	2
No. Trabajadores por día	12	6	6

13.1. Mantenimiento Correctivo

El Mantenimiento Día-Día o Mantenimiento Correctivo Inmediato o Urgente, atiende las fugas de ácido sulfúrico, agua u oxígeno. Atiende las paralizaciones intempestivas de equipos por caídas de tensión y ajustes de equipos. Las atenciones de emergencia son atendidas con mayor incidencia en los turnos A y B (mañana y tarde-noche) y esporádicamente en el turno C (noche-madrugada). El costo asociado por horas-hombre promedio según los resultados operativos del año 2016 es de US\$ 3.59 y se completaron un total de 5,376 horas-hombre mensuales con soporte de personal mecánicos, eléctricos e instrumentistas. Este tipo de mantenimiento requiere una asignación de presupuesto del 15%

del total semanal de presupuesto planeado. Muchas veces se presentan desatenciones fundamentalmente por carencia de materiales apropiados para las emergencias.

Los Mantenimientos Planeados o Mantenimientos Correctivos Diferidos o Programables ocurren en frecuencias semanales según las solicitudes del área de operaciones. Atienden por lo general los cambios en filtros prensa, el sistema de precipitación electrostática, sistema del blower principal, sistema de precipitación de arsénico, sistema de neutralización, sistema de precipitación, horno de precalentamiento y sistema de enfriamiento de gas, etc. El costo asociado por horas-hombre promedio según los resultados operativos del año 2016 es de US\$ 12.31 y se completaron un total de 2,612 horas-hombre mensuales. Este tipo de mantenimiento requiere una asignación de presupuesto del 25% del total semanal de presupuesto planeado. Entre el 60% al 70% de los trabajos que no son atendidos ocurren debido a que operaciones no entrega oportunamente los equipos, se requieren detenciones no programadas de las plantas y debido a que operaciones no presenta un plan definido de rotación de equipos.

13.2. Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Programado o Mantenimiento Preventivo según Condición esta orientado a la atención de equipos críticos y se planifica el 37.5% del presupuesto semanal. Este mantenimiento se planifica en periodos mensuales y atiende aproximadamente el 60% de requerimientos de las plantas de ácido sulfúrico y el 90% de las plantas de oxígeno. Al igual que el Mantenimiento Planeado, se atienden también los cambios en filtros prensa, equipos del sistema de precipitación electrostática, sistema del blower principal, sistema de precipitación de arsénico, sistema de neutralización, sistema de precipitación, horno de precalentamiento y sistema de enfriamiento de gas, entre otros. El costo de horas-hombre promedio es de US\$ 24.61 según los resultados operativos del año 2016 y se emplearon un total de 1,960 horas-hombre al mes.

El Mantenimiento por Detenciones o Mantenimiento Preventivo Sistemático o Predeterminado se planifica en periodos bi-anales y ocupa aproximadamente casi treinta días continuos del calendario principalmente los meses de octubre. Este mantenimiento atiende aspectos tipo la instalación de nuevo enfriador de ácido sulfúrico de doble contacto, cambio de torre de enfriamiento, cambio de las partes internas de los precipitadores electrostáticos húmedos primarios, instalación de ductos calientes, etc. El presupuesto prorrateado a la semana que se asigna es del 22.5% para cobertura de estos mantenimientos. El costo de horas-hombre promedio es de US\$ 5.38 según los resultados operativos del año 2016 y se emplearon un total de 5,376 horas-hombre al mes.

13.3. Propuesta de Mejora

Las propuestas de mejora están orientadas a optimizar los costos en los mantenimientos correctivos inmediato y correctivos diferidos a través de la reducción de las horas-hombre que se emplean en el sistema de bombas centrífugas. Los mantenimientos correctivos en conjunto emplean un total de 100 horas al día y representan el 52% del total de horas-hombre asignadas a mantenimientos de emergencias en las plantas de ácido sulfúrico y oxígeno.

Durante el año 2016, se dejó de producir ácido sulfúrico por un periodo total de dieciséis horas debido a la ejecución de mantenimientos correctivos que significaron pérdidas económicas por ingresos netos en ventas estimados en US\$ 108,802 sin considerar el costo oportunidad generado por menor producción de cobre en fundición. La menor producción de ácido sulfúrico estuvo vinculada al periodo en mantenimiento correctivo requerido para atención de las fallas operativas presentados en el proceso de bombeo centrífugo que requirieron el reemplazamiento de equipo y mantenimiento respectivo. Este tipo de fallas en las bombas centrífugas se presenta de manera recurrente todos los años por la capacidad altamente corrosiva del ácido sulfúrico que deteriora los componentes y requiere de

asistencia inmediata en mantenimientos correctivos de emergencia. Considerando que las plantas poseen bombas centrífugas disponibles a ser instaladas, la propuesta de mejora incluye la instalación en línea de estas bombas como *standby* en caso de fallas para conexión inmediata tomando en cuenta además la existencia de áreas disponibles para efectuar estas instalaciones. Esta propuesta de instalación en línea de bombas alternativas permitiría una reducción anual de al menos 2,396 horas-hombre en trabajos de mantenimientos correctivos inmediato (día-día) y diferido (planeado) y permite proponer la reducción de costos fijos en horas-hombre basado en la desvinculación de un operador asignado a mantenimiento en el turno noche.

El análisis de inversión incluye la adquisición de válvulas de proceso, líneas de tuberías para succión y descarga y la instalación en línea de las bombas centrífugas para una rápida reconexión y mantención de un flujo continuo de operaciones. Los costos de inversión por adquisición e instalación se estiman en US\$ 247,625. Adicionalmente se incurrirían en costos por pago de beneficios sociales de un operador de mantenimiento a desvincular proyectado en US\$ 10,031. (véase Apéndices D y E) En conjunto, la inversión operativa mas la desvinculación laboral se estima en US\$ 257,656. El costo de oportunidad de producción adicional en conjunto con el ahorro operativo proyectado en mantenimientos correctivos y el ahorro proyectado en costos fijos de mano de obra en valor presente neto a una tasa de descuento del 10% es de un total de US\$ 272,280 para el periodo de años 2018 y 2019. El beneficio costo obtenido es de 1.06 (véanse la Tablas 54 y 55).

Tabla 54

Proyecciones Costo-Beneficio en Optimización de Mantenimiento Correctivo

Detalle	2018	2019
Inversión en adquisición e instalación de bombas standby en US\$	-247,625	0
Costos asociados a reducción de personal en US\$	-10,031	0
Total inversión y costos en US\$	-257,656	0
Producción por hora promedio en Tm	129	140
Horas en detención promedio al año	16.00	16.00
Valor económico neto por hora producida en US\$	5,846	9,156
Costo de oportunidad de producción adicional en US\$	93,533	146,491
Ahorro en mantenimiento correctivo inmediato en US\$	15,433	15,433
Reducción en costos fijos en personal en US\$	22,701	22,701
Costo de oportunidad + ahorros	131,667	184,625
VAN (10%)	271,280	
Beneficio/Costo	1.06	

Tabla 55

Tiempos Perdidos, Inversiones y Costos de Mano de Obra

Tiempos perdidos en mantenimiento correctivo de planta	Valor
Tiempo detención por mantenimiento mecánico en horas	2.00
Tiempo de entrega por operaciones en horas	8.00
Reinicio a operaciones de planta de ácido sulfúrico en horas	6.00
Total horas-hombre	16.00
Adquisición 2 válvulas en US\$	220,000
Líneas de tuberías para succión y descarga en US\$	12,000
Instalación de bombas centrífugas en US\$	15,625
Costo de inversión total en US\$	247,625
Costo unitario horas-hombre en US\$/h-h	6.44
Reducción anual horas-hombre empleadas	2,396
Ahorro en mano de obra en mantenimiento correctivo en US\$	15,433

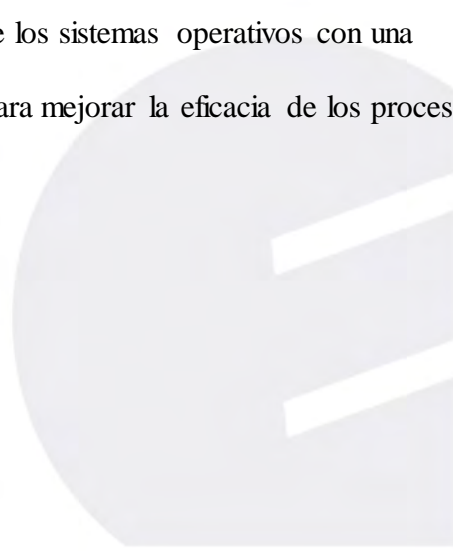
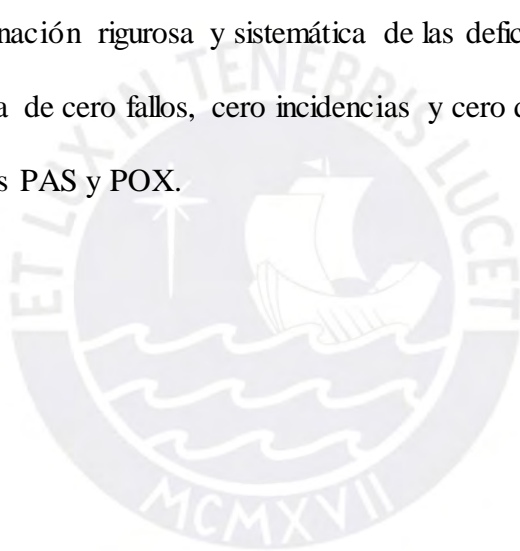
13.4. Conclusiones

Los mantenimientos correctivos tipo día-día y planeados en soporte a las PAS y las POX presentan una fuerte variabilidad en la capacidad de atención y cumplimiento por parte del área de mantenimiento de la fundición de Ilo. Ambos tipos de mantenimientos tienen un nivel de cumplimiento de apenas 60% para las PAS y del 20% para las POX. Se emplean casi 8,000 horas-hombre mensuales a un costo unitario promedio de US\$ 6.44 según los resultados operativos del año 2016.

Los problemas operativos que se generan en los equipos que requieren de mantenimientos correctivos de emergencia no permiten una adecuada planificación de recursos, materiales y accesorios, agravando el nivel de cumplimiento en atenciones. Adicionalmente, no se tiene un adecuado sistema de rotación de equipos por parte del área operativa que permita anticipar y programar los mantenimientos preventivos.

Los objetivos complementarios de las propuestas de mejora deben enfocarse en reducir el nivel de solicitudes de mantenimientos correctivos y proponer esquemas de mejor planificación y nivel de cumplimientos de los mantenimientos preventivos.

Se debe implementar el sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM según sus siglas en inglés) que como estrategia permitiría crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos con una lógica de cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficacia de los procesos en las PAS y POX.



Capítulo XIV: Cadena de Suministro

En el presente capítulo se explica cómo está conformada la cadena de suministro en la PAS y POX de SPCC, cómo se integran estratégicamente con las unidades productivas cumpliendo diferentes funciones para lograr el propósito de la empresa desde la obtención de la materia prima, proceso de producción y distribución a los clientes internos y externos, resaltando que el sistema total depende del buen funcionamiento de cada una de ellas además se explica una propuesta de mejora orientada a generar eficiencia que se traduce en reducir costos e incrementar los beneficios en la empresa.

14.1. Definición del Producto

Ácido Sulfúrico

De acuerdo a lo indicado por el portal de SPCC (2017) el ácido sulfúrico es: *“un líquido cáustico, compuesto de azufre, hidrógeno y oxígeno, de consistencia oleosa, incoloro e inodoro, el cual se obtiene en la planta de ácido de nuestras fundiciones de cobre de La Caridad e Ilo, así como en la refinería electrolítica de zinc, a partir de los gases de azufre producidos en el proceso de fusión y tostación de los concentrados de cobre y zinc respectivamente. Este producto se utiliza en diversas aplicaciones, entre las que destacan el proceso de lixiviación de cobre, como fertilizante en la agricultura, química, sulfato de aluminio para el tratamiento de aguas, producción de alimentos”*.

Oxígeno

Es un elemento químico cuyo estado natural es gaseoso y tiene múltiples aplicaciones en el mercado industrial, químico, farmacéutico y médico. En la actualidad la empresa Southern produce un aproximado de mil toneladas métricas diarias.

14.2. Descripción de las Empresas que Conforman la Cadena de Abastecimiento, desde el Cliente Final, hasta la Materia Prima

En el Capítulo V se describió el mapa de procesos de la empresa donde se distingue en primera instancia los procesos estratégicos, operativos y los de apoyo. En los procesos operativos encontramos los procesos auxiliares uno de estos procesos es desarrollado por las PAS y la POX, dichas plantas trabajan en línea con los demás procesos de la empresa conformando el sistema de producción integral, en este sentido cualquier incidente que afecte el normal desarrollo de las actividades productivas de ambas plantas impactará directamente en el sistema de producción (véase la Figura 53).

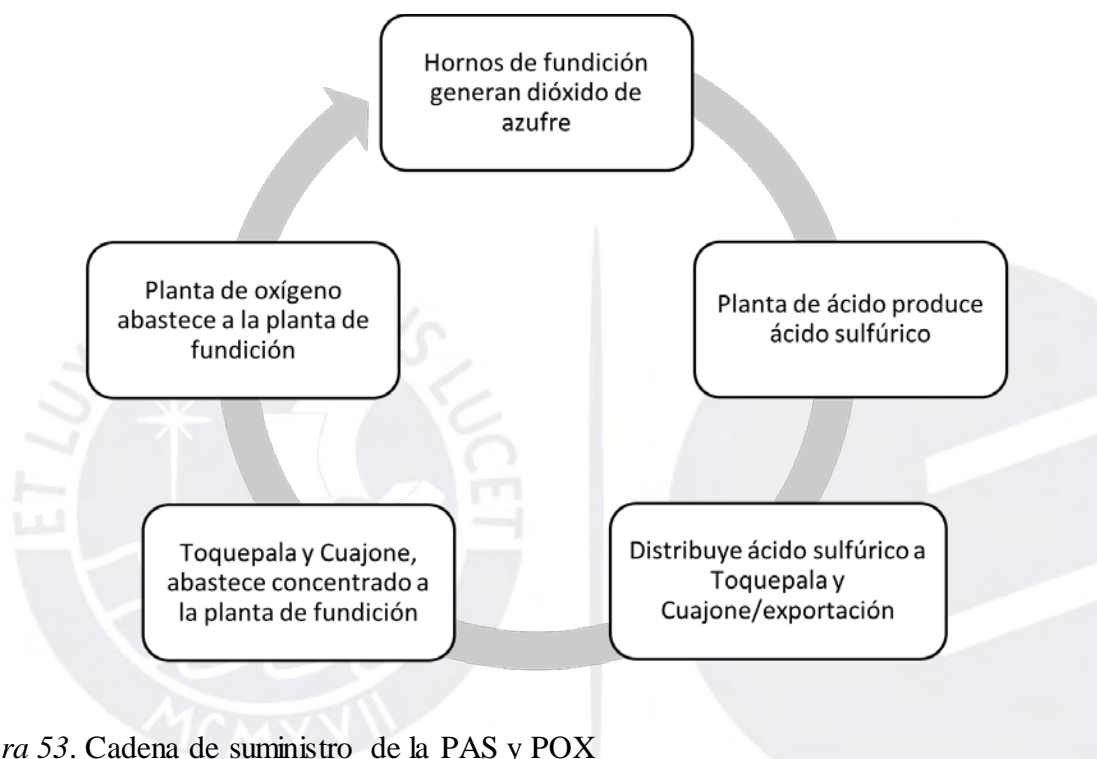


Figura 53. Cadena de suministro de la PAS y POX

En primera instancia se pone de manifiesto que la materia prima necesaria es decir el dióxido de azufre para la producción del ácido sulfúrico se genera por la fisión y tostación de los concentrados de cobre en el horno Isasmelt estos gases son capturados en aproximadamente el 92% como resultado del cumplimiento de las exigencias de la empresa al PAMA suscrito con el gobierno el año 1997 cuyo proceso de adecuación culminó en el 2007; estos gases son procesados por las dos PAS con una capacidad de producción de 1'144,000 Tm al año. La producción de ácido se distribuye a través de servicio de ferrocarril a las minas de Cuajone y Toquepala para los procesos de lixiviación para producción de

cobre y para la exportación a través de un muelle exclusivo de 500 metros cercano a las plantas especialmente construido en el 2010 para evitar que el ácido cruce la ciudad donde se ubica el muelle comercial de Ilo terminando con ello el despacho de este puerto (véase la Figura 54)



Figura 54. Muelle de SPCC en Ilo

La producción exportable se orienta principalmente a Chile quien es el principal importador con el 96% aproximadamente de nuestra producción, dado que el ácido sulfúrico es un producto químico que no tiene sustituto y al ser de importancia para la industria minera en producción del cobre, la demanda se mantendrá en los próximos años como se explicó en el capítulo III.

14.3. Descripción del nivel de integración vertical, tercerización, alianzas o Joint-venture encontrados.

SPCC es una empresa minera productora de cobre cuyos procesos son especializados en la etapa de extracción, concentración del mineral, lixiviación y fundición, las PAS y POX se integran verticalmente con las unidades productivas que requieren de este insumo de manera directa a través de la gerencia de transporte por ferrocarril que lleva el ácido a las minas de extracción de Toquepala y Cuajone con un recorrido de 257.8 km a razón de dos

viajes diarios cuyos costos se reflejan en el capítulo XI Gestión de Costos para el caso del abastecimiento del ácido sulfúrico para exportación se utiliza un ducto desde la planta hacia el muelle de la empresa el producto directamente se deposita en los buques de carga. El oxígeno es distribuido al único cliente en la empresa que es la planta de fundición como un insumo para mejorar la eficiencia en la fundición del concentrado de cobre.

El sistema logístico de integración vertical de la empresa se caracteriza por ser de alto consumo de servicios dado que su sistema de producción es continuo para ambas plantas, las demandas de estos productos finales son constantes. En este proceso continuo de producción la empresa requiere constantemente servicios que den soporte al sistema productivo partiendo del principio que todo lo que se produce se vende.

14.4. Describir las Estrategias del Canal de Distribución para Llegar al Consumidor final

Las estrategias que realiza la empresa son diversas pero lo que se analiza son los procesos de distribución interna en la empresa y como estos están relacionados con la gestión de la distribución interna teniendo en cuenta que ambas plantas como clientes internos a su vez son dependientes de otras áreas de la empresa y que ello tiene un alto valor de influencia entre las distintas unidades productivas de la empresa. Los productos y servicios que se producen son consumidos continuamente poniendo en relevancia la importancia de la continuidad productiva para cumplir con el objetivo estratégico de la empresa.

14.5. Proponer Mejoras al Desempeño de la Cadena de Aprovisionamiento

En el análisis de eficiencia en la cadena de aprovisionamiento de la empresa se ha encontrado que uno de los costos relevantes en la distribución de ácido a las minas de extracción de Cuajone y Toquepala es el transporte vía ferrocarril el cual desarrolla una ruta de 257.8 Km diarios dos veces al día desde la POX No.1 y No.2 debiendo cargar de ambos tanques de almacenamiento. De acuerdo a los datos proporcionados por SPCC los costos

planeados para el 2016 fueron US\$ 67,381 sin embargo el costo real ascendió a US\$ 500,098.

Se indica asimismo que el servicio de transporte de ferrocarril es prestado por una gerencia independiente a las PAS y POX. La ruta del ferrocarril se puede observar en la Figura 55.



Figura 55. Ruta de ferrocarril de SPCC

En la tabla 56 podemos tener los datos de costos en el proceso de transporte del ácido desde los dos tanques de almacenamiento en planta No.1 y No.2 de ácido sulfúrico. Dado que son dos recorridos al día por 365 días a razón de 257.8 Km por cada recorrido tenemos el valor de 2.66 US\$/Km (véase la Tabla 56).

Tabla 56
Cálculo del Costo por 1 Km de Transporte

Detalle	Valor
Distancia por 1 recorrido en Km	257.80
Frecuencia de recorrido por día	2
Costo anual US\$ real 2016	500,098.00
Días al año	365
Recorrido anual total Km	188,194
Costo por 1 Km en US\$	2.66

En el capítulo VI estamos proponiendo transferir directamente el ácido producido en la planta No.1 hacia los tanques de almacenamiento de la planta No.2, para esto se requiere hacer un *Tie-in* en la línea de producción y la línea de transferencia de los tanques de almacenamiento entre ambas plantas. Por consiguiente, el único tanque de donde se

trasladará el ácido hacia Toquepala y Cuajone será el ubicado en la PAS No. 2. Este cambio propuesto significa que el recorrido del ferrocarril y tiempos de carga disminuirán. En el caso del recorrido se calcula que dicha disminución es de 1 Km por cada recorrido (véase la Tabla 57).

Tabla 57
Cálculo del Ahorro por Transporte

Detalle	Valor
Ahorro distancia por 1 Km recorrido	1
Frecuencia de recorrido por día	2
Días al año	365
Ahorro anual total en Km	730
Costo por 1 km en US\$	2.66
Ahorro total anual en US\$	1,939.87

El cálculo total de kilómetros ahorrados es de 730 a un costo de 2.66 se traduce en una reducción de US\$ 1,939.87 esta propuesta no demandará inversión y que la puesta en marcha dependerá de la capacidad de negociación de la superintendencia de PAS y POX y la gerencia de transporte de ferrocarril, en esta negociación se debe incluir el ahorro operativo de recargas de ácido a los tanques del ferrocarril que disminuirá de 2 a 1.

14.6. Conclusiones

La cadena de suministro de la empresa se encuentra alineada dentro de un concepto de eficiencia y gestión de costos por volumen es así que los costos en transporte de ferrocarril son altamente competitivos pues resulta que por cada kilómetro de transporte resulta US\$ 2.66, ahora bien, alineándonos a la nuestra propuesta en el capítulo VI donde vamos a utilizar solo uno de los tanques de almacenamiento en la planta No.2 esto significa la optimización de rendimiento de los activos, este ajuste conlleva a que los costos en transporte de ferrocarril disminuyan en razón a un kilómetro por viaje lo que resulta un ahorro de US\$ 1,939.87 este ahorro pasa a maximizar el beneficio de la propuesta en el capítulo VI.

Capítulo XV: Conclusiones y Recomendaciones

15.1. Conclusiones

La producción de ácido sulfúrico y oxígeno como insumos para los procesos de fundición y lixiviación de cobre es fundamental y esta engranada a toda la cadena productiva de SPCC que incluye su demanda interna y para proyectos de expansión así como la creciente demanda externa de exportación particularmente del ácido sulfúrico.

Se identifica que, aun cuando la producción de ambas plantas ha sido constante en los últimos tres años (2015-2017), se aprecia una capacidad ociosa de un 36% en volumen para las PAS y del 26% en volumen para las POX.

La PAS presenta la oportunidad operativa de incrementar la producción en tonelaje métrico en 5% que genera un incremento en 18.4% en margen económico. Se propone además mantener estable la concentración del ácido sulfúrico en niveles comerciales del 98%.

Las optimizaciones en el diseño del proceso en la PAS, en la gestión de logística y en la gestión de mantenimiento generan en conjunto un incremento en margen económico de 0.5% respecto a las proyecciones económicas de SPCC para el período 2018 y 2019.

La evaluación de los costos operativos en relación al diseño de la planta, planeamiento del trabajo, diagnóstico de procesos productivos y optimización en el transporte de la cadena de suministro presenta la oportunidad de reducción en 1.54%

Las optimizaciones en el diseño del proceso en la PAS, en la gestión de logística y en la gestión de mantenimiento generan en conjunto un incremento en margen económico de 0.5% para el período 2018 y 2019 en relación a las proyecciones de SPCC.

La aplicación del método de costeo basado en actividades representa además una importante propuesta para sincerar las asignaciones de costos.

Los beneficios económicos y ahorros proyectados son de US\$ 16.99 millones en valor presente neto a una tasa de descuento del 10%. Las inversiones estimadas en US\$ 2.24 millones pueden ser recuperadas en el primer año operativo y solo la propuesta referida a cambio a monturas por esferas en el proceso de secado representa el 46% de la inversión total.

El beneficio-costo de todas las propuestas expuestas en la presente tesis definen un ratio de 7.60. (Véase Tabla 58)

15.2. Recomendaciones

Se propone la adquisición e instalación de monsturas por esferas en lugar de monturas de empaquetaduras en el proceso de secado modificando el dimensionamiento y capacidad en el proceso de secado que permitiría obtener una mayor resistencia al flujo para un mayor volumen de producción actual de ácido sulfúrico.

Debe consignarse el registro detallado de volúmenes de almacenamiento de ácido sulfúrico con menor concentración en periodos mensuales y los tiempos de residencia en los tanques de almacenamiento No.1 y No.2 además de análisis de costos operativos específicos por concepto de almacenamiento para un adecuado análisis económico de costo de oportunidad que justifiquen implementaciones operativas y de control que garanticen la estabilidad de calidad de producción.

Se debe conservar el mínimo de existencias con el mínimo de riesgo de fallos en el suministro y al menor costo posible de operación.

La empresa debe seguir un programa de gestión que asegure la calidad de sus decisiones operativas y administrativas orientadas a la mejora de procesos. Este programa de gestión debe estar orientado particularmente al mejor uso de los recursos humanos y tecnológicos a través de un flujo de actividades y funciones específicas a cumplir con índices de medición de performance y contribución a reducir costos.

La instalación de los deflectores y la modificación de lazos de control se recomiendan realizar con la empresa que diseñó la planta y previa simulación de los procesos para mejor distribución y ubicación de acuerdo a la predicción de la dirección probable de los flujos dentro del reactor catalítico. Las variaciones de las variables operativas deben ser monitoreadas por un sistema de predicción de eventos como es propuesto en el presente trabajo.

La empresa debe realizar una evaluación técnica que permita determinar el tiempo de vida útil del relleno de todas las torres de las plantas de ácido. Esto les permitirá proyectar el año aproximado de la necesidad de cambio para evitar reducción de capacidad operativa por alta presión de descarga de los sopladores. Conjuntamente con esta evaluación técnica identificar la necesidad de modificar el diseño del relleno de las torres de absorción como el propuesto para la torre de secado en el capítulo III.

La empresa debe evaluar e identificar nuevos indicadores de capacitación interna del personal de la PAS y POX, esto permitirá realizar monitoreo planificado para garantizar la brecha existente entre operadores y las características necesarias de cada puesto para uniformizar los criterios operativos. Siendo este parte de la medición de trabajo que se tiene actualmente. Tomar la decisión de minimizar brechas de manera gradual de los operadores trazándose objetivos congruentes, medibles y posibles. Evaluar realizar actividades secundarias o priorizar la capacitación interna.

Crear un protocolo de seguimiento de la estandarización de equipos de medición de calidad, así mismo la instalación de un punto de muestreo en zona de almacenamiento con el fin de mantener estable la calidad (concentración) del ácido sulfúrico en 98% y evitar sobre costos en deterioro de equipos, fletes y almacenamiento temporales.

Se recomienda la transferencia directa del ácido sulfúrico de la PAS No.1 hacia los tanques de la PAS No.2 con mayor almacenamiento a través de un *Tie-in* en la línea de

producción para eliminar el almacenamiento temporal de tanques de la PAS No.1, reducir en 90% el uso de la bombas de transferencia y por consiguiente su frecuencia de mantenimiento.

Debido a la capacidad altamente corrosiva del ácido, las bombas de transferencia sufren deterioros frecuentes lo cual significa paradas por mantenimientos correctivos, de acuerdo al capítulo XIII se recomienda la instalación bombas stand by ya que en caso de fallas imprevistas estas permitan la continuidad del proceso y así mismo ahorrar en horas-hombre y costos de personal.



Tabla 58
Resumen de las Propuestas de Mejora en SPCC

Propuestas de mejora	Objetivos estratégicos	Impactos en variables productivas y de gestión	Beneficios esperados en US\$ - año 2018	Beneficios esperados en US\$ - año 2019	Ahorros esperados en US\$ - año 2018	Ahorros esperados en US\$ - año 2019	Inversiones en US\$ - año 2018
Dimensionamiento de planta de ácido sulfúrico	Margen económico +18.4%	Incremento de producción de +5% en Tm de ácido sulfúrico.	1'323,997	15'721,431			1'038,972
Estabilización de la calidad del producto ácido sulfúrico	Mantener concentración comercial en 98%	Optimización en costos de almacenamiento en -10% y operativos en -0.43%			72,720		3,200
Optimización en el diseño del proceso	Margen económico +0.36%	Incremento de producción en +0.11% en Tm de ácido sulfúrico.	480,979	622,781			716,748
Optimización en el diseño de las plantas de ácido sulfúrico	Optimización de costos operativos en -0.75%	Optimización en costos de energía en -1.36%			128,594		7,055
Optimización en el planeamiento del trabajo	Optimización de costos operativos en -0.71%	Optimización de costos fijos en mano de obra -7.58%			181,611		113,579
Optimización en diagnóstico de procesos productivos	Optimización de costos operativos en -0.07%	Incremento de producción en +0.04% en Tm en PAS y POX			14,880	9,043	67,000
Optimización en gestión logística	Margen económico +0.09%	Optimización en costos de producción en -0.4%			17,546		23,000
Aplicación del método de costeo basado en actividades	Sinceramiento de costos de producción en -10.9% POX y +9.44% PAS. Margen económico +2.8%	Costos en -5.64 US\$/Tm en POX y +1.81 US\$/Tm en PAS. Comercialización de oxígeno liberado 2.95% de producción.	1'260,163				
Automatización de procesos administrativos	Optimización costos de procesos documentarios en -50%	Optimización de costos Operativos en -0.29%			48,401		10,000
Optimización en gestión operativa de mantenimiento	Margen económico +0.05%	Optimización de costos operativos en -0.21%	93,533	146,491	38,134	38,134	257,656
Optimización de costos de transporte en cadena de suministro	Optimización de costos operativos en -0.012%	Reducción anual de recorrido en 730 Kms de ferrocarril			1,940		
		Totales	3'158,672	16'490,703	503,826	47,177	2'237,210
				Beneficios + Ahorros Inversiones período	VAN (10%) 2018-2019		16,997,213
					B/C		2,237,210
							7.60

Referencias

- Amadeo, K. (20 de Marzo de 2017). *The balance*. Obtenido de Economies of scale: <https://www.thebalance.com/economies-of-scale-3305926>
- Anderson, D. M. (1997). *Agile product development for mass customization: How to develop and deliver products for mass customization, niche markets, JIT, build-to-order, and flexible manufacturing*. Irwin Professional Pub.
- Bailey, M. L. (s.f.). *Process Mapping. Performance Technology and Training*. Obtenido de CEDU: <http://cedu.niu.edu/~bailey/ftf564/pmapping.pdf>
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson.
- Baxter, M. (1999). *Product design: a practical guide to systematic methods of new product development*. Stanley Thornes .
- Blocher, E., Stout, D., & Cokins, G. (2009). *Cost management: A strategic emphasis* (5th ed.). McGraw-Hill Irwin.
- Bolsa de Valores de Lima. (2014). *Información complementaria referida a Southern Perú Copper Corporation Sucursal del Perú*. Recuperado el 2017, de <http://www.bvl.com.pe/eef/B20027/20150416190302/MEB200272014AIA01.PDF>
- Breyfogle, F. W. (4 de Agosto de 2014). *Five tools for process improvement and lean six sigma*. Obtenido de Quality magazine: <http://www.qualitymag.com/blogs/14-quality-blog/post/92040-five-tools-for-process-improvement-and-lean-six-sigma>
- Clark, K. B., & Fujimoto, T. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston: Harvard Business School Press.
- Cuadros Rojas, A. (2010). *Reducción de las Pérdidas de Cobre en las Escorias del Proceso Isasmelt de la Fundición de Ilo de SPCC*. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación*. Barcelona: Profit.
- Charantimath, P. M. (2003). *Total quality management*. New Delhi: Pearson Education.
- D' Alessio Ipinza, F. (2012). *Administración de las Operaciones Productivas*. Mexico: Pearson.
- Department of trade and industry. (s.f.). *Tools & Techniques for Process Improvement*. Obtenido de Business balls: http://www.businessballs.com/dtiresources/TQM_process_improvement_tools.pdf
- Ealey, L. A. (1988). *Quality by design: Taguchi methods and U.S. industry*. Dearborn MI: ASI Press.

- Falen, J., & Belaunde, S. (2014). *Rankings: Crecimiento en potencia*. Obtenido de Perú económico: <http://perueconomico.com/ediciones/86-2014-may/articulos/1569-crecimiento-en-potencia>
- Ferrel, O., Hirt, G., Ramos, L., Adriaenses, M., Flores, M., & Mc Graw, H. (2004). *Introducción a los Negocios en un Mundo Cambiante*.
- Franklin, E. B. (2004). *Organización de Empresas*. McGraw-Hill.
- Frazelle, E. (2002). *Supply chain strategy*. McGraw-Hill.
- French, M. J. (1971). *Engineering Design: The Conceptual Stage*. London: Heinemann Educational.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2001). *Administração da Produção e Operações*. Sao Paulo: Thomson.
- Genichi, T. (1986). *Introduction to quality engineering: Designing quality into products and processes*. Quality Resources.
- Gonzalez, F. (2011). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid: Fund. Confemetal.
- Herrmann, J. W. (2006). *Handbook of Production Scheduling*. New York, : Springer.
- Horngren, C. T., Foster, G., & Datar, S. M. (2002). *Contabilidad de costos*. Pearson.
- Ishikawa, K. (1985). *What is total quality control? the Japanese way*. New York: Prentice-Hall.
- Krishnan, V., & Ulrich, K. T. (2001). Product development decisions: A review of the literature. *Management science*, 47, 1-21.
- Lamb, C., Hair, J., & McDaniel, C. (2002). *Marketing* (6a edición ed.). International Thomson.
- Martins, P. G., & Laugeni, F. P. (2005). *Administração da Produção*. 2ª ed. Sao Paulo: Saraiva.
- Masood, A. (2007). *Scientific journals*. Obtenido de Dimensions of industrial locations factors. Review and exploration: <http://www.scientificjournals.org/journals2007/articles/1178.pdf>
- MINEM. (s.f.). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de Producción Minera / Reporte Anual: http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1&idCategoria=10
- Monks, J. G. (1991). *Administración de operaciones*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Murray, M. (2008). *Goods and commodities*. In Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2nd ed.). Palgrave Macmillan.
- Proceso Productivo del Cobre*. (s.f.). Recuperado el 08 de 04 de 2017, de Southern Copper Grupo Mexico: <http://www.southerncoppercorp.com/ESP/opinte/Pages/PGProcesoProductivo.aspx>

- Robbins, S. P., & Coulter, M. K. (2005). *Management*. Pearson Prentice Hall.
- Roldan, J. (1997). *Manual de mantenimiento de instalaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Shigeo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. CRC Press.
- Skinner, W. (1979). El sufrido y olvidado gerente de operaciones y producción. *International Management*.
- Southern Copper Grupo Mexico. (2017). Obtenido de <http://www.southernperu.com/ESP/acerca/Pages/LeerMas.aspx>
- Sriram, D., Logcher, R. D., Groleau, N., & Cherneff, J. (1989). *DICE: An object oriented programming environment for cooperative engineering design*. Technical report No: IESL-89-03. Institute of technology, Cambridge.
- Sulphuric Acid on the Web. (2013). *Acid plan database*. Obtenido de <http://www.sulphuric-acid.com/sulphuric-acid-on-the-web/acid%20plants/Southern%20Copper%20-%20Ilo.htm>
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (1995). *Product design and development*. New York: McGraw-Hill.
- Ullman, D. G. (2003). *The Mechanical Design Process*. New York: McGraw-Hill.
- United Nations. (s.f.). *Work-Planning, Guide for managers*. Obtenido de HR Portal: https://hr.un.org/sites/hr.un.org/files/4.5.1.2_Work-planning%20Guide_0.pdf
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (abril de 2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011
- Zeng, Y., & Gu, P. (1999). *A science-based approach to product design theory Part I: Formulation and formalization of design process, Robotics and Computer-Integrated* (Vol. 15). Canada: Elsevier.

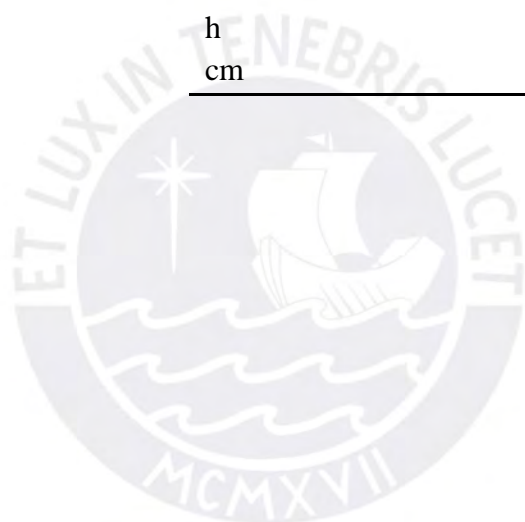
Apéndice A. Abreviaturas

Abreviatura	Significado
SPCC	Southern Perú Copper Corporation
PAS	Planta de Ácido Sulfúrico
POX	Planta de Oxígeno
SIG	Sistema Integrado de Gestión
DAP	Diagrama de Actividades de los Procesos Operativos
MOF	Manuel de Organización y Funciones
PAMA	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental
SUNAT	Superintendencia Nacional de Administración Tributaria
SAP	Software de Gestión Empresarial
PETS	Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro
VAN	Valor Neto Actual
SIO	Sistema Integral de Operaciones



Apéndice B. Tabla de Unidades de Medida

Símbolo	Unidad de medida
ha	Hectárea
Km	Kilómetros
kPa	Kilopascal
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
mpy	Milipulgadas por años
°C	Grados centígrados
ppm	Partes por millón
Tm	Toneladas métricas
Tm/d	Toneladas métricas por día
Tm/h	Toneladas métricas por hora
US\$/d	Dólares por día
US\$/Tm	Dólares por tonelada métrica
h	Horas
cm	Centímetros



Apéndice C. Estructura Básica para Elaboración de MOF

<p>1. Identificación de la Unidad Funcional</p> <p>1.1. Unidad Funcional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerencia de Fundición <p>1.2. Dependencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dirección de Operaciones Ilo
<p>2. Objetivo de la Unidad Funcional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar la implementación de procesos necesarios para el funcionamiento eficaz del Sistema Integrado de Gestión en los temas de calidad y se compromete con la mejora continua • Promover el desempeño del SIG y de cualquier necesidad de mejora • Promover la toma de conciencia entre los trabajadores de la Gerencia de Fundición en temas a la gestión de la calidad • Asegurar el cumplimiento de requisitos legales aplicables
<p>3. Funciones del Área</p> <ul style="list-style-type: none"> • Administrar y controlar las actividades de las PAS y POX de la fundición con el fin de alcanzar las metas físicas y económicas planificadas • Liderar las operaciones de la fundición y de las PAS y POX, respetando los mas elevados estándares de seguridad y verificando el cumplimiento de las normas medio ambientales vigentes. • Asegurar la puesta en practica de la estructura mas adecuada dentro de equipo de producción con el propósito de asegurar los mas elevados niveles de rendimiento y producción dentro de la fundición. • Proveer competencias dentro de la fundición y plantas, se respeten políticas, estándares y procedimientos establecidos para la industria. • Dirigir y controlar los costos operativos, así como las inversiones de capital en concordancia con los programas aprobados. • Asegurar la entrega oportuna de producción de cobre previstas con la calidad del producto proyectado.
<p>4. Relaciones de Área</p> <p>4.1. Coordinación Interna</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dirección de Operaciones Ilo <p>4.2. Coordinación Externa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ninguna

Apéndice D. Proyecciones de Ahorro en Costo Labor por Operador

Operadores - categorías 4 al 8	Período		US\$/mes	US\$	Días	US\$/día
Promedio de sueldo básico mensual	12	meses	1,333.7	16,004.5	30	44.46
Tiempo de servicio promedio	1	año		160.0		
Diferencial turno B						
Diferencial turno C						
Gratificación por Fiestas Patrias				1,333.7		
Gratificación por Navidad				1,333.7		
Gratificación Vacacional	1	año		1,333.7		
Gratificación 1ro. de Mayo	5	días		222.3		
Sobretiempo	1.5	días		66.7		
Trabajo en feriado promedio	3	días		133.4		
Trabajo en día de descanso promedio	2	días		88.9		
Trabajo en hora de ingerir alimentos						
Trabajo en tiempo inusitado						
CTS				222.3		
Pago por refrigerio	12	meses		1,639.1		
Artículos de higiene	12	meses		163.1		
Costo labor anual estimado por operador en US\$				22,701.4		



Apéndice E. Proyecciones de Costos por Liquidación de Beneficios Sociales

Operador - categorías 4 al 8	Período		US\$/día	US\$	Días	US\$/día
Promedio de sueldo básico mensual	3	meses	1,333.7	4,001.1	30	44.46
Tiempo de servicio promedio	15.0	años		2,400.7		
Diferencial turno B						
Diferencial turno C						
Gratificación por Fiestas Patrias				0.0		
Gratificación por Navidad				1,333.7		
Gratificación Vacacional	1	año		1,333.7		
Gratificación 1ro. de Mayo	5	días		0.0		
Sobretiempo	1.5	días		66.7		
Trabajo en feriado promedio	3	días		133.4		
Trabajo en día de descanso promedio	2	días		88.9		
Trabajo en hora de ingerir alimentos						
Trabajo en tiempo inusitado						
CTS				222.3		
Pago por refrigerio	3	meses		409.8		
Artículos de higiene	3	meses		40.8		
Liquidación por desvinculación por operador en US\$				10,031.0		