

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL QUÍMICO

**BALANCE DE AGUA EN PLANTA DE
SULFUROS Y TRANQUE “EL TORITO”
Anglo American Chile – División El Soldado**

Zita Zúñiga González

Profesores Guías:
Jaime Fernández Celis
José Torres Titus

2013

AGRADECIMIENTOS

Este ha sido un camino difícil, pero gracias a la ayuda de mis seres queridos ha sido mucho más fácil de recorrer. Todos ellos me han ayudado de una manera u otra a sortear los obstáculos que me ha tocado afrontar en estos años de Universidad. Ellos han sido un pilar fundamental y por siempre estaré muy agradecida por su preocupación y el constante acompañamiento en las largas noches de estudio.

Quiero agradecer primeramente a mis padres, Luis Zúñiga y Ana González, quienes se esforzaron mucho para que yo pudiera contar con todo lo necesario para cursar esta carrera universitaria. Ellos hicieron un sacrificio desinteresado para que yo pudiera cumplir con el sueño de convertirme en Ingeniera, y me siento muy agradecida por todo los años de esfuerzo que invirtieron en mi educación.

También quiero agradecer a mi esposo Alejandro Pacheco por el amor que me ha entregado acompañándome incondicionalmente en estos años, ayudándome a estudiar, distraerme después de los certámenes y entregándome buenos consejos, reafirmando mi confianza siempre diciendo “Tu puedes Zita, depende de tí, sólo haz una cosa a la vez”.

A mis hermanas Elba y Anita, quienes siempre estuvieron a mi lado preocupadas por mis estudios. A mi sobrina María José, quién con su alegría a veces me distraía en momentos que estudiaba, pero que me servían como relajó en mis horas de concentración. A mis amigas de la universidad Carolina, Gabriela y Maureen con quienes compartimos muchos momentos de estudio, estrés y diversión. A mis familiares y amigos en general, quienes de alguna y otra forma, colaboraron para que yo sacara esta carrera adelante.

A mi tutor en la empresa don Juan Carlos y a mis profesores guía quienes se preocuparon por la revisión de mi trabajo.

Estoy muy feliz por terminar esta etapa, que sin la ayuda de todos ustedes no hubiese sido posible. Gracias de corazón.

ANGLO AMERICAN CHILE

“La información que esta Memoria recoge y contiene respecto de las operaciones y actividades de Anglo American Chile Ltda. y/o de cualquiera de las divisiones mineras e industriales operativas, así como la integridad e interpretación de la información, los análisis y conclusiones derivadas de ella, sólo corresponden a su autor y, en consecuencia son de exclusiva responsabilidad, por lo que no comprometen en forma alguna a Anglo American Chile Ltda., sus divisiones operativas o empresas propietarias, como tampoco a sus ejecutivos, profesionales o técnicos. Anglo American Chile Ltda. únicamente ha colaborado con el autor en facilitarle acceso a sus instalaciones e información para la realización de esta tesis y no tiene opinión ni participación alguna en su contenido.”



COBRE

RESUMEN

En toda empresa, especialmente en los procesos mineros, el recurso hídrico toma un rol fundamental. En la División El Soldado, por ejemplo, en el 2011, se involucraron más de 21 millones de metros cúbicos en consumos de agua fresca e industrial, lo que corresponde a un costo que sobrepasa los US\$ 2 millones. Con respecto al año 2012, contabilizando los flujos hasta el mes de julio, se presenta un consumo de agua de 14 millones de metros cúbicos, lo que equivale a más de US\$ 1 millón.

Tomando en consideración, la escasez de agua que sufre el país, Anglo American y la División El Soldado, poseen una preocupación constante por la optimización del recurso hídrico, respetando por sobre todo, los permisos legales de las normativas ambientales existentes que limitan la extracción de agua fresca, ya que de acuerdo a los derechos de agua con los que cuenta la compañía, ésta utiliza sólo un 43% de sus derechos, además de realizar un reporte mensual a la autoridad y siempre con el compromiso de hacer un uso eficiente del recurso hídrico.

Por este motivo se decide cuantificar de forma precisa el movimiento de aguas de la Planta y Tranque El Torito, con el fin de tener un control del proceso continuo además de contar con información precisa sobre el consumo de agua, para así adoptar las medidas y estrategias necesarias para seguir optimizando el recurso. A su vez, al tener un mayor control e implementación de las medidas adecuadas, se podrá obtener un beneficio económico, ya que se podrá ahorrar agua.

Para lograr este objetivo primeramente fue necesario definir los puntos críticos donde se necesita instrumento de medición, considerando los flujos que cuentan con flujómetro en línea en el sistema PI DataLink, y los que no están registrados en línea. Para las tuberías que no cuentan con medidores de flujo, y son necesarias en el balance, se realizó un levantamiento de flujómetros, lo cual involucró la actualización del diagrama de flujo en donde se incorporan las líneas de agua. Se confeccionó un diagrama de la planta, considerando la descripción de la

distribución de agua fresca e industrial, indicando los flujómetros actuales, reutilizado, comprado y propuestos. Además se describió la situación actual de los medidores de flujo y se entregaron recomendaciones sobre su instalación, lo que permitirá conocer de manera efectiva el consumo de agua.

Por medio del balance de agua, se evaluó el consumo del recurso hídrico dentro de la división, por lo cual se presentaron los indicadores de eficiencia tales como: make up y porcentaje de recuperación. Al realizar un análisis histórico de los años 2007 al 2011 se tiene un tratamiento promedio de 7.930.099 [ton/año], arrojando un consumo específico promedio de 0,57 [m³ agua fresca/ton mineral tratado] valor que se encuentra dentro de los más bajos en comparación a otras mineras, dado que en promedio las demás poseen un make up promedio mayor a 1. Al realizar un estudio más acabado abarcando desde enero del 2011 al julio del 2012, se obtuvo un valor promedio de make up de 0,67 [m³ agua fresca/ton mineral tratado] y un porcentaje de recuperación promedio de 78,81%, ambos resultados indican que se realiza un buen proceso, sin embargo siempre es necesario optimizar el recurso hídrico dándole un uso adecuado y eficiente, debido a su gran importancia en los procesos mineros.

Se entregaron las propuestas de mejoras que van dirigidas principalmente a la instalación de medidores de flujos, se presentó el presupuesto entregado por la empresa Endress Hauser, el cual involucra la compra de 17 flujómetros magnéticos, esta inversión alcanza una cifra cercana a los US\$ 140.000.

Otra propuesta importante se relaciona al cambio de tuberías y mayor mantención ya que en ciertas áreas de la planta, especialmente en la molienda convencional se detectó un consumo innecesario del recurso hídrico. Para contrarrestar, este inconveniente, se planea eliminar una cañería que es muy antigua (agua a los molinos), instalando flujómetros en una línea nueva que viene desde el Estanque SAG, la cual abastecerá de agua a las secciones #1,2,3,4 y Molino 2000.

Finalmente se proponen una serie de mejoras que puede hacer la empresa Anglo American para la optimización de uso del recurso, como mantención, medición, monitoreo, gestión y varias inversiones relacionadas con Tecnologías para optimizar el consumo del recurso hídrico, y Tecnologías para aumentar los recursos hídricos disponibles. Con respecto al monitoreo, fundamentalmente basado en los medidores de flujo, cabe destacar que se debe tener en consideración que para la instalación de los flujómetros electromagnéticos la tubería debe estar completamente llena.

ÍNDICE

RESUMEN	III
CAPÍTULO I	1
1.ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Antecedentes Minera Anglo American	1
1.1.1. Procesos de Anglo American, División El Soldado	6
1.2. Superintendencia de operación Planta de Sulfuros y Recursos Hídricos.....	10
1.2.1. Fuentes del Suministro Hídrico	11
1.3. Abastecimiento de agua	20
CAPÍTULO II	22
2.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA, ALCANCE Y OBJETIVOS.....	22
2.1. Descripción del Problema	22
2.2. Alcance.....	24
2.3. Objetivos	25
2.3.1. Objetivo General	25
2.3.2. Objetivos Específicos.....	25

CAPÍTULO III.....	26
3.FLOWSHEET Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO, INVOLUCRANDO LÍNEAS DE AGUAS	26
3.1.Descripción de las líneas involucradas en la distribución de Agua Fresca e Industrial..	31
3.1.1. Molienda SAG	34
3.1.2. Molienda Convencional.....	37
3.1.3. Flotación de Sulfuros	42
3.1.4. Tranque El Torito.....	45
CAPÍTULO IV	47
4.CONSUMOS DE AGUA	47
4.1. Molienda SAG	48
4.2. Molienda Convencional	53
CAPÍTULO V	62
5. LEVANTAMIENTO DE FLUJÓMETROS AGUA FRESCA, PLANTA DE SULFUROS Y TRANQUE	62
5.1. Descripción de la Línea de Distribución de Agua Fresca	64
5.1.1. Análisis de Medidores de Flujo por Etapas.	65
5.2. Análisis de medidores de flujo por etapa Tranque el Torito.....	71
5.3. Descripción de la Línea de Distribución de Agua Fresca e Industrial y Análisis de medidores de Flujo.....	79

CAPÍTULO VI	84
6.BALANCE DE AGUA PLANTA DE SULFUROS Y TRANQUE EL TORITO.....	84
6.1. Descripción de los parámetros para balance en Tranque El Torito	86
6.1.1. Corrientes de Entrada.....	86
6.1.2. Corrientes de Salida.	87
6.1.3. Acumulación.	88
6.2. Desarrollo del balance de agua	89
6.2.1. Balance Tranque El Torito	92
6.3. Balance Planta de Sulfuros.....	93
CAPÍTULO VII.....	100
7.RESULTADOS	100
7.1. Make Up.....	100
7.2. Recuperación.....	103
CAPÍTULO VIII.....	105
8.PROPUUESTAS DE MEJORAS.....	105
8.1. Acciones para gestionar en forma eficiente el recurso hídrico	106
8.2. Reducción del consumo de agua en la operaciones	114
8.3. Nuevas formas de gestión del recurso hídrico	116

8.3.1. Tecnologías para optimizar el consumo del recurso hídrico.....	117
8.3.2. Tecnologías para aumentar los recursos hídricos disponibles.	119
CONCLUSIONES	121
GLOSARIO	124
BIBLIOGRAFÍA	127

FIGURAS

Figura 1.1: Divisiones productivas de Anglo American Chile	2
Figura 1.2: Ubicación Geográfica de la División El Soldado.....	4
Figura 1.3: Vista satelital de la División El Soldado.....	5
Figura 1.4: Proceso productivo División El Soldado	9
Figura 1.5: Organigrama Superintendencia Operación Planta y Recursos Hídricos.....	10
Figura 1.6: Estación El Melón	11
Figura 1.7: Vista aérea del Tranque El Torito	17
Figura 1.8: Vista aérea pozos de monitoreo Tranque El Torito.....	19
Figura 3.1: Flowsheet Planta de Sulfuros, División El Soldado.....	28
Figura 3.2: Flowsheet líneas de agua Planta de Sulfuros, División El Soldado	29
Figura 3.3: Diagrama general de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito	30
Figura 3.4: Flowsheet Molienda SAG.	33
Figura 3.5: Flowsheet Molienda Convencional.....	36
Figura 3.6: Flowsheet Flotación de Sulfuros	41
Figura 3.7: Flowsheet Tranque El Torito.....	44
Figura 5.1: Flowsheet Distribución de agua Fresca.....	63
Figura 5.2: Flowsheet Distribución de agua Fresca Estación El Melón.....	65

Figura 5.3: Flowsheet Distribución de agua Fresca en los Estanques	66
Figura 5.4: Flowsheet Distribución líneas de agua Fresca	67
Figura 5.5: Flowsheet Distribución líneas de agua Tranque El Torito	70
Figura 5.6: Flowsheet Distribución de agua y relave en Agitador de Arenas	71
Figura 5.7: Flowsheet Distribución de agua y relave en Cajón Lamas	72
Figura 5.8: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estación de Hidroiclones	73
Figura 5.9: Flowsheet Distribución de agua y relave en Cajón de Carga.....	74
Figura 5.10: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estanque Cabeza	75
Figura 5.11: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estación Re-elevadora	76
Figura 5.12: Flowsheet Distribución de agua y relave en Piscina El Ancla.....	77
Figura 5.13: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estación Dren Torito.....	77
Figura 5.14: Flowsheet Distribución líneas de agua Planta de Sulfuros y Tranque El Torito..	78
Figura 6.1: Flowsheet Tranque El Torito	85
Figura 6.2: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estación El Melón	93
Figura 6.3: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estanque de Agua Fresca	92
Figura 6.4: Flowsheet Distribución líneas de agua, Bombas KSB	95
Figura 6.5: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estanque Convencional	96
Figura 6.6: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estanque SAG.....	97
Figura 8.1: Instalación con flujo en pendiente ascendente	108

Figura 8.2: Instalación con flujo vertical ascendente.....	109
Figura 8.3: Instalación horizontal antes de flujo ascendente.	109
Figura 8.4: Líneas de agua molienda convencional.....	113

GRÁFICOS

Gráfico 1.1: Abastecimiento de Agua.....	21
Gráfico 4.1: Consumo de agua molienda SAG.....	49
Gráfico 4.2: Porcentaje de sólidos molienda SAG	51
Gráfico 4.3: Alimentación de mineral molienda SAG	51
Gráfico 4.4: Consumo Específico molienda SAG.....	52
Gráfico 4.5: Consumo de agua Sección 1	54
Gráfico 4.6: Consumo de agua Sección 2.....	56
Gráfico 4.7: Consumo de agua Sección 3.....	58
Gráfico 4.8: Consumo de agua Sección 4.....	60
Gráfico 4.9: Consumo Total Secciones 1,2,3 y 4	61
Gráfico 7.1: Make Up División El Soldado.....	100
Gráfico 7.2: Make Up mensual de la División El Soldado, año 2011	101
Gráfico 7.3: Make Up mensual de la División El Soldado, año 2012.....	102
Gráfico 7.4: Porcentaje de Recuperación, año 2011	103
Gráfico 7.5: Porcentaje de Recuperación, año 2012.....	104

TABLAS

Tabla 1.1: Características de construcción pozos Los Litres	12
Tabla 1.2: Características de construcción pozos El Melón	12
Tabla 4.1: Consumo de agua molienda SAG.....	48
Tabla 4.2: Indicadores operacionales molienda SAG.....	50
Tabla 4.3: Consumo de agua Sección 1	53
Tabla 4.4: Consumo de agua Sección 2.....	55
Tabla 4.5: Consumo de agua Sección 3	57
Tabla 4.6: Consumo de agua Sección 4.....	59
Tabla 5.1: Resumen de flujómetros de agua Fresca	69
Tabla 5.2: Resumen de flujómetros Planta de Sulfuros y Tranque El Torito	83
Tabla 6.1: Ejemplo del balance de agua Tranque El Torito	92
Tabla 6.2: Balance de agua en etapa de Estación El Melón	94
Tabla 6.3: Balance de agua en etapa del Estanque de Agua Fresca I	95
Tabla 6.4: Balance de agua en etapa del Estanque de Agua Fresca II.....	95
Tabla 6.5: Balance de agua en etapa de Bombas KSB	96
Tabla 6.6: Balance de agua en etapa del Estanque Convencional	97
Tabla 6.7: Balance de agua en etapa del Estanque SAG I.....	99

Tabla 6.8: Balance de agua en etapa del Estanque SAG II.....	99
Tabla 6.9: Balance de agua en etapa del Estanque SAG III	99
Tabla 8.1: Medidores de flujo propuestos para la planta y tranque	108

ANEXOS

Anexo 1: Requisitos aplicables a traques de relaves	128
Anexo 2: Abastecimiento de agua [m ³ /año] y aporte porcentual. Años 2007-2011.....	130
Anexo 3: Flowsheet Planta de Sulfuros, División El Soldado y Flowsheet líneas de agua Planta de Sulfuros, División El Soldado.....	132
Anexo 4: Flowsheet Molienda Convencional.....	132
Anexo 5: Flowsheet Flotación de Sulfuros.....	132
Anexo 6: Fotografías y ubicación de Medidores de Flujo Agua Fresca.....	133
Anexo 7: Fotografías y ubicación de Medidores de Flujo Planta de Sulfuros y Tranque El Torito	139
Anexo 8: Densidad de Pulpa (Relave) en función de la composición de Sólidos.....	142
Anexo 9: Conversión de altura a caudal.	143
Anexo 10: Balance de agua Tranque El Torito año 2011 y meses de estudio del 2012.....	145
Anexo 11: Valores obtenidos en línea, terreno y por balance de agua.....	150
Anexo 12: Resultados de Make Up para los años 2007-2011 y meses de estudio	152
Anexo 13: Resultados de la recuperación para los meses de estudio.	153
Anexo 14: Información técnica de medidores de flujo Proline Promag 53W, 50W y 55S	154
Anexo 15: Presupuesto de la empresa Endress Hauser para los 17 medidores de flujo	165

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes Minera Anglo American

Anglo American es una de las empresas mineras más grandes del mundo. Sus activos mineros de alta calidad incluyen metales del grupo platino, diamantes, cobre, mineral de hierro, níquel, carbón térmico y metalúrgico. Operan en África, Europa, Norte y Sudamérica, Australia y Asia.

Esta empresa comenzó sus operaciones en Chile en 1980, adquiriendo el 40% de la Minera Mantos Blancos S.A.. En 1984 se convirtió en el socio mayoritario de esta empresa. Entre 1988 y 1992 se hizo efectiva la opción de compra por el yacimiento de Mantoverde, el cual pasó a formar parte de Empresa Minera de Mantos Blancos S.A.

En el año 1996, adquirió el 44% de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. El 2000 aumentó a 99,97% su participación en la propiedad de Empresa Minera de Mantos Blancos S.A., hoy Anglo American Norte S.A.

En el año 2002, adquirió la Compañía Minera Disputada de Las Condes, hoy Anglo American Sur S.A. integrando a sus operaciones las divisiones El Soldado, Chagres y Los Bronces. A partir del 2004, la empresa ha puesto en práctica importantes proyectos tales como el Desarrollo Los Bronces, la optimización de Chagres y el rajo extendido de El Soldado.

En el año 2009 se anuncia el descubrimiento de dos importantes prospectos de cobre de alta calidad, San Enrique Monolito y Los Sulfatos. Ubicados cerca de Los Bronces, en

conjunto poseen recursos inferidos que alcanzan a 2.100 millones de toneladas de mineral, lo que permitirá aumentar los recursos minerales de cobre de la compañía en un 50%.

Anglo American, es una de las productoras de cobre más relevantes del país, realizando tareas de exploración, explotación, procesamiento y comercialización de cobre, obteniendo productos tales como: concentrados, ánodos, cátodos, ácido sulfúrico y molibdeno.

En la Figura 1.1, se observa que la empresa, cuenta con las siguientes divisiones productivas: Los Bronces, Chagres, El Soldado, Manto Verde, Mantos Blancos. Además de estas divisiones, el grupo Anglo American es propietario del 44% de la compañía minera Doña Inés de Collahuasi.



Figura 1.1: Divisiones productivas de Anglo American Chile

Los Bronces: Mina a rajo abierto, ubicada en la Cordillera de Los Andes a 3.500 metros sobre el nivel del mar y a 65 kilómetros de Santiago, en la Región Metropolitana. Esta división posee una dotación aproximada de 1.700 trabajadores, entre personal propio y contratistas de operación y proyectos.

En el año 2010 produjo 221.140 toneladas de Cobre fino, entre cátodos de alta pureza y Cobre contenido en concentrado, además de 1.927 toneladas de Molibdeno contenido en concentrado.

Mantos Blancos: Contempla una mina a rajo abierto y plantas para el tratamiento de minerales oxidados y sulfurados. Está ubicada en la Segunda Región, a 45 kilómetros al noreste de Antofagasta, y a aproximadamente 800 metros sobre el nivel del mar. Esta división, tiene una dotación aproximada de 1.250 trabajadores, entre personal propio y contratistas de operación y proyectos. En el año 2010 produjo 78.590 toneladas de cobre fino, entre cátodos de alta pureza y cobre contenido en concentrados.

Mantoverde: Mina a rajo abierto, ubicada en la Tercera Región, a 900 metros sobre el nivel del mar y a 56 kilómetros del puerto de Chañaral. Cuenta con una dotación aproximada de 800 trabajadores, entre personal propio y contratistas de operación y proyectos. En el año 2010 produjo 61.058 toneladas de cobre fino.

Chagres: Fundición de mineral de cobre, ubicada en la Quinta Región, en la localidad de Catemu, a 100 kilómetros de Santiago. Esta división cuenta con una dotación aproximada de 500 trabajadores, entre personal propio y contratistas de operación y proyectos. En el año 2010 produjo 137.934 toneladas de Cobre anódico y 466.729 toneladas de ácido sulfúrico.

El Soldado: Mina a rajo abierto, cuenta con plantas de tratamiento de minerales oxidados y sulfurados, antiguamente mantenía una mina subterránea (cerrada en noviembre del 2010). La División El Soldado se ubica en la Quinta Región, comuna de Nogales, Ruta 5 Norte, a 132 kilómetros de Santiago en plena Cordillera de la Costa y a 600 metros sobre el nivel del mar.

Posee una dotación aproximada de 1.500 trabajadores, entre personal propio y contratistas de operación y proyectos. En el año 2010 produjo 40.458 toneladas de Cobre fino, entre cátodos de alta pureza y Cobre contenido en concentrado.

En la Figura 1.2 se puede observar su ubicación geográfica y en la Figura 1.3 se presenta una vista satelital.



Figura 1.2: Ubicación Geográfica de la División El Soldado



Figura 1.3: Vista satelital de la División El Soldado

Principales acontecimientos en la División El Soldado:

1842: Inicio de las operaciones en mina subterránea.

1889: Sociedad Minera de Catemu compra el yacimiento.

1919: Minera Du M'Zaita ejerce la opción de compra por la mina.

1958: Compañía Minera Disputada de Las Condes compra el yacimiento.

1970: Incorporación de nuevas tecnologías para aumentar la producción.

1972: ENAMI (Empresa Nacional de Minería) compra Disputada de las Condes.

1978: Exxon Minerals adquiere la mayoría accionaria de Disputada de Las Condes.

1979-1993: Optimización de los procesos complementarios a la actividad extractiva.

1987: Expansión de la mina.

1989: Comienzo de las operaciones a rajo abierto.

1994: Inicio del funcionamiento de la planta de electro-obtención (SX-EW).

1996: Inicio de una nueva expansión para optimizar la planta de cátodos.

2002: Anglo American Chile adquiere Disputada de Las Condes.

2004: Aprobación del proyecto Rajo Extendido, para prolongar la vida útil hasta el 2026.

2006: Culmina exitosamente la construcción del Rajo Extendido.

2010: La mina subterránea es cerrada.

1.1.1. Procesos de Anglo American, División El Soldado

Dependiendo de la naturaleza del mineral proveniente de esta faena minera, se tienen dos alternativas de concentración. Uno es el procesamiento de Sulfuros y el otro es el de Óxido. En la Figura 1.4 se aprecia el proceso general, que se describe a continuación.

Mina a rajo abierto: Operación minera en la que el proceso extractivo se realiza en la superficie.

Perforación: Fase en donde el macizo rocoso se perfora en los puntos de mayor debilidad para introducir los explosivos.

Tronadura: Mediante una reacción físico-química en cadena, los explosivos producen la fisura y fragmentación del macizo rocoso.

Extracción: Etapa en la cual el material tronado es removido con cargadores frontales y/o palas. Esta fase se divide en dos actividades, que corresponden a: Stock de mineral de baja ley (mineral con bajas concentraciones de cobre o molibdeno) y Botadero (lugar donde se deposita el estéril resultante del proceso de extracción). Los límites laterales de los depósitos están caracterizados por variaciones abruptas en leyes de cobre. Las transiciones entre mineralización de alta ley (1,2 a 2% Cu) y de baja ley (0,5% a 1,2% Cu) toman lugar a pocos metros.

Chancado: Proceso que permite disminuir el tamaño de las rocas mineralizadas, moliéndolas o triturándolas usando máquinas chancadoras o molinos especiales para este fin. El material es reducido de tamaño a 1,5 pulgadas y es dispuesto en pilas. Para las siguientes etapas, que pueden ser las denominadas: Sulfuros u Óxidos.

- **Sulfuros**

Molienda: Proceso mediante el cual se reduce el tamaño del material mineralizado a menos de 0,18 milímetros, de manera que sea adecuado para la flotación. Al material mineralizado que viene de la planta de chancado se le agrega agua y Cal, luego se lleva a los molinos de barras y de bolas. Los molinos giran y las barras o bolas muelen el material.

Flotación: La pulpa obtenida en la molienda, se somete a un proceso de separación de mineral. La función operacional es la recuperación (concentración) de las especies valiosas (cobre) presente en el mineral. Se basa en la afinidad que tiene la superficie de los minerales por burbujas de gas, cuando ambas han sido previamente preparadas con reactivos químicos.

En las celdas de flotación se hace burbujear oxígeno desde el fondo de manera que las partículas de cobre presentes en la pulpa se adhieren a las burbujas de aire y así suben con ellas y se acumulan en una espuma. Esta rebalsa hacia canaletas que bordean las celdas y se envía a espesamiento y filtrado.

Espesamiento y filtrado de concentrados: Mediante el espesamiento del material y posterior paso por un filtro de prensa, el concentrado es secado hasta reducir su humedad a un 9%.

Relaves: Residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de concentración. Los relaves contienen altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio

ambiente. Deben ser transportados y almacenados en “tanques de relaves” donde lentamente los contaminantes se van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada.

Cobre contenido en concentrado: Producto compuesto principalmente de cobre, hierro y azufre, obtenido de la etapa de flotación de mineral. Este concentrado es enviado a la División Chagres, donde es almacenado para efectuar la fundición y transformarlo en ánodos de cobre.

- **Óxidos**

Aglomeración: Operación donde las pilas provenientes del chancado son tratadas con una solución de ácido sulfúrico con el objetivo de facilitar la reacción química en el proceso de lixiviación y aglomerar las partículas más finas.

Lixiviación: Proceso en donde las pilas aglomeradas son regadas con ácido sulfúrico y agua, para producir una solución sulfato de cobre, la cual es escurrida, purificada y concentrada para el proceso de electro-obtención.

Extracción por solventes: Método de separación de sustancias contenidas en una mezcla, para que el cobre sea extraído selectivamente, mediante la incorporación de solventes, permaneciendo los iones en una solución acuosa.

Electro-obtención: Etapa donde el cobre es recuperado de la solución acuosa mediante la electrólisis, obteniendo cátodos de alta pureza con un 99,99% de Cu.

Cátodos de cobre: Placas de cobre de alta pureza obtenidas de la electro-obtención.

En la Figura 1.4 se presenta el diagrama general del proceso productivo de Anglo American, División El Soldado.

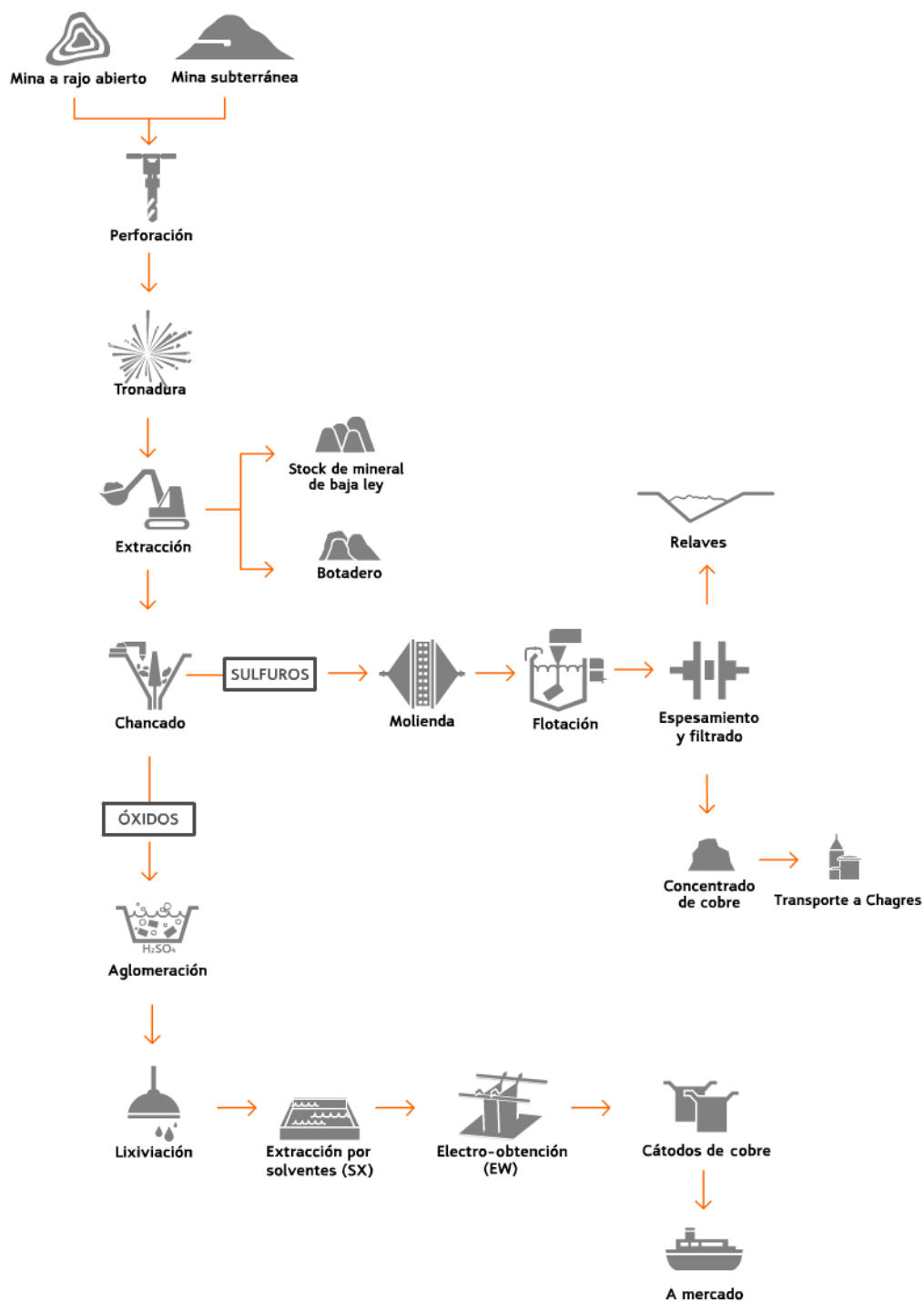


Figura 1.4: Proceso productivo División El Soldado

1.2. Superintendencia de operación Planta de Sulfuros y Recursos Hídricos

La Superintendencia de Operación Planta de Sulfuros y Recursos Hídricos, tiene a su cargo los procesos de: Chancado-Molienda, Flotación-Filtro y Tranque-Recursos Hídricos. Su organigrama se puede apreciar en la Figura 1.5.

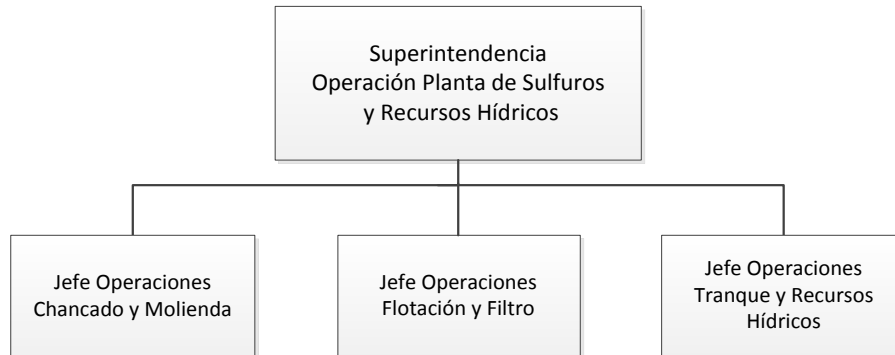


Figura 1.5: Organigrama Superintendencia Operación Planta de Sulfuros y Recursos Hídricos

La unidad de Tranque y Recursos Hídricos, tiene las siguientes responsabilidades:

- Mantenimiento del balance global de Agua Divisional.
- Planificación del Abastecimiento a corto y largo plazo, desarrollo de proyectos asociados.
- Operación de los sistemas de abastecimiento de agua (fresca y recirculada).
- Operación Tranque de Relaves.
- Control y monitoreo de los efectos de las infiltraciones sobre el medio y la comunidad.
- Implementación y operación de los sistemas de mitigación y control.
- Administración de los derechos de aguas.
- Relaciones con autoridades del rubro, regantes, comunidades, permisos y reportes.
- Liderar programa de ahorro en el consumo de agua.

1.2.1. Fuentes del Suministro Hídrico

Agua Fresca

La División El Soldado, se abastece actualmente de aguas subterráneas a través de la explotación de pozos ubicados en el sector Los Litres y El Melón, comuna de Nogales, Quinta Región. Estas aguas son conducidas hasta la Planta de Sulfuros a través de un sistema de abastecimiento de agua fresca y es distribuida para el uso industrial y doméstico del sitio.

Se considera como agua fresca, a la proveniente de la mina, lluvias, quebradas aledañas y la más influyente que es la Estación El Melón.

Estación El Melón

El agua fresca que ingresa a El Soldado, suministrada desde esta estación, cuenta con dos estanques de 65 [m³] y 55 [m³] unidos mediante un vaso comunicante. Es abastecida por trece pozos repartidos en los sectores de Los Litres y El Melón. Su representación esquemática se observa en la Figura 1.6.

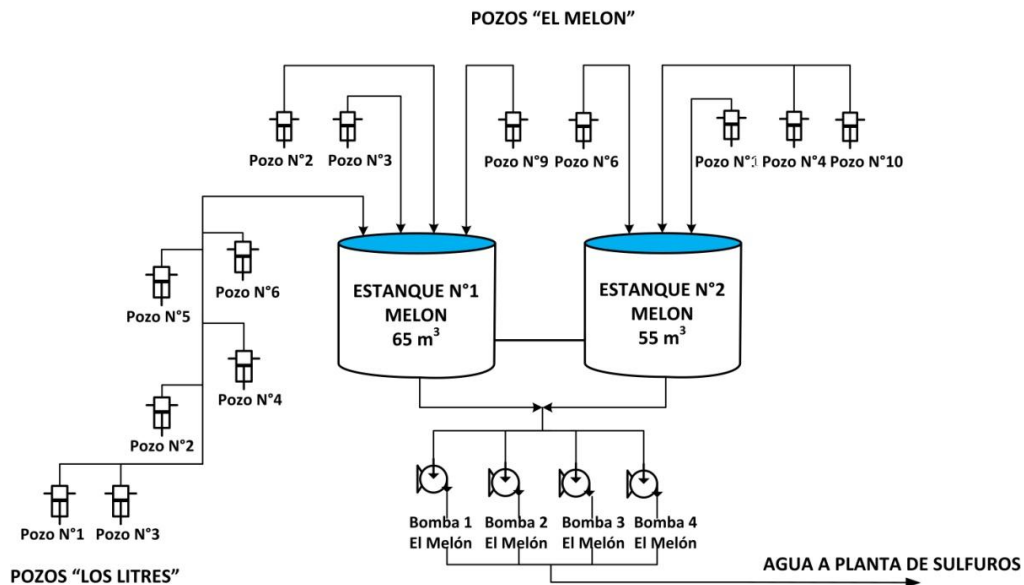


Figura 1.6: Estación El Melón

Los litros: Fuente de agua subterránea ubicada en el sector los Litres, comuna de Nogales, Quinta Región. Cuenta con seis pozos, los cuales envían agua a través de una línea de PVC de 12” hacia el Estanque N°1 de la Estación El Melón. Sus principales características se muestran en la Tabla 1.1.

Pozo	Fecha Construcción	Norte	Este	Cota	Profundidad [m]	Profundidad habilitada [m]	Diámetro [pulg]
P1	Nov - 84	6.374.395	295.167	210,8	50	50	10
P2	Nov - 84	6.374.672	294.931	212,3	50	50	10
P3	Dic -84	6.374.665	295.130	212,2	32	32	10
P4	Nov - 84	6.374.865	294.845	212,6	53	51	10
P5	Dic -84	6.375.140	294.733	214	50	50	10
P6	Dic -84	6.375.400	294.734	214,7	50	50	10

Tabla 1.1: Características de construcción pozos Los Litres

El Melón: Fuente de agua subterránea ubicada en el sector de El Melón, comuna de Nogales, Quinta Región. Cuenta con siete pozos, de los cuales tres descargan en el Estanque N°1 y cuatro lo hacen en el Estanque N°2 de la Estación El Melón. Sus principales características se muestran en la Tabla 1.2.

Pozo	Fecha Construcción	Norte	Este	Cota	Profundidad [m]	Profundidad habilitada [m]	Diámetro [pulg]
P1	May - 61	6.380.365	293.180	232,9	37	37	10
P2	Jun - 61	6.379.915	293.320	230,7	48	48	10
P3	Mar - 61	6.379.240	293.435	229,0	31	31	10
P4	Jul - 66	6.380.702	292.840	232,7	35	30	10
P6	-	6.380.334	293.100	230,6	35	35	10
P9	May - 69	6.380.637	293.083	233,8	40	38	10
P10	-	6.380.525	293.140	231,5	35	35	10

Tabla 1.2: Características de construcción pozos El Melón

Agua Recirculada Tranque

En un proceso productivo es fundamental optimizar los recursos, en especial en la minería. Aprovechar la recirculación del agua juega un papel muy importante, principalmente ahora que estamos en un periodo de sequía.

El Tranque de Relaves El Torito está localizado en la Quinta Región, Provincia de Quillota, comuna de Nogales, a una distancia aproximada de 6 [km] de la Ruta 5 al noreste de la localidad de El Melón. Las coordenadas del sector son Norte: 6.386.800 [m] y Este: 297.400 [m].

Desde noviembre de 1992, la División El Soldado, se encuentra operando el Tranque de Relaves El Torito, habiendo acumulado aproximadamente 53 [Mt] de relaves hasta abril del año 2002. Este Tranque tiene una capacidad autorizada para almacenar 181 [Mt] de relaves.

Sus principales datos técnicos son:

- Altura del muro: 70 [m]
- Superficie: 215 [Ha]
- Largo del muro: 2106 [m]
- Razón arenas / lamas: 40/60
- Suministro de agua: 590 [l/s] (Laguna: 410 [l/s], Dren: 80 [l/s], Agua fresca: 100 [l/s])
- Canal de Contorno: 1 [m³/s]
- Vertedero: 22 [m³/s]

El Tranque de Relaves El Torito está compuesto por las siguientes unidades, operaciones y sistemas:

- Sistema de Transporte de Relaves.
- Sistema de Clasificación y Deposición de Relaves.
- Sistema de Recuperación de Aguas.

- Sistema de Manejo de Aguas Superficiales.
- Vertedero de Emergencia.
- Caminos.
- Sistema Eléctrico.
- Oficinas.
- Instrumentación.
- Sistema de Telemetría y Telecontrol.

A continuación, se describirán las principales unidades:

Sistema de Transporte de Relaves: El objetivo es conducir los relaves entre la salida de la Planta El Cobre y la estación de hidrociclones del Tranque de Relaves. Para ello se utilizan tres bombas centrífugas. Cada bomba está conectada en forma independiente a la conducción, la cual consiste en tres tuberías de 18", con una longitud total de 1.900 [m]. Esta línea de tuberías es de acero en sus primeros 830 [m] y el resto en HDPE (polietileno de alta densidad) de diferentes espesores.

Sistema de Clasificación y Deposición de Relaves: La finalidad de este sistema, es producir las arenas requeridas, tanto en cantidad como en calidad, para la construcción del Muro del Tranque. El relave procedente de la planta concentradora descarga a un estanque distribuidor en la Estación de Hidrociclones. En este, cada tubería descarga en un compartimento independiente disipando la energía del flujo y distribuyendo el relave a través de cañerías obturadas por tapones, accionados en forma neumática hacia el cajón de carga de la Estación de Hidrociclones o directamente hacia la cubeta del Tranque.

El cajón de carga permite regular el caudal y entregar la carga hidráulica necesaria para el correcto funcionamiento de los hidrociclones. La conducción del relave directo al Tranque, sin pasar por la Estación de Hidrociclones, ocurre cuando el caudal que llega al cajón de carga es mayor que el que puede procesar la clasificación.

En la Estación de Hidrociclones, se obtiene como producto de la clasificación Arenas y Lamas. Las primeras se depositan al muro, y las segundas que corresponden a la fracción fina del relave que se depositan en la cubeta del tranque.

Por su parte, el objetivo del sistema de depositación de relaves es la disposición hidráulica de las arenas cicloneadas para la construcción del muro del Tranque y la depositación de lamas en la cubeta del Tranque, para recuperar el agua.

El Muro, tiene por objeto contener de una manera segura y estable el depósito de lamas. Este se inició con un muro de partida construido con material de empréstito antes de la puesta en marcha de la operación, y desde ahí comenzaron a ser depositadas las arenas hacia aguas abajo y las lamas aguas arriba. El Muro cuenta con drenes que captan las aguas infiltradas y las conducen hacia la sentina de recuperación de filtraciones, ubicada aguas abajo del muro, donde éstas son retornadas por bombeo hacia la cubeta del Tranque.

Muro de arena: El Tranque de Relaves se conforma por el cierre de la rinconada de El Torito mediante la construcción de un muro utilizando la fracción gruesa de los relaves obtenida por cicloneo, como principal material de construcción. Actualmente el muro se construye mediante el método de crecimiento de aguas abajo, obteniéndose una pared de arena con talud de aguas abajo en una relación 4,0:1 (H:V) y talud de aguas arriba 2,5 :1 (H:V). El talud aguas arriba del muro de arena es impermeabilizado cada invierno por medio de una membrana de material sintético, a fin de protegerlo de eventuales crecidas.

El sistema de drenes, se ubica en la base del muro de arena del Tranque y está constituido por una carpeta filtrante de ripio arenoso de 30 [cm] de espesor, drenajes separados cada 20 [m], drenes longitudinales separados cada 60 [m] como mínimo y drenes emisarios que recogen las filtraciones captadas por los drenes longitudinales y las conducen hasta las cámaras de inspección.

Los drenes están conformados por un núcleo de bolones y una capa superior de grava, alojados en zanjales previamente revestidas con geotextil. El sistema de drenes se construye por

etapas a medida que se extiende la traza del muro, excepto los drenes emisarios que se construyeron al inicio de la operación y que descargan en la sentina de bombeo de la Estación Dren.

Sistema de Recuperación de Aguas: Su objetivo es captar el agua acumulada en la laguna de aguas claras de la cubeta, constituida por la decantación de las lamas y por el agua de drenaje del muro de arena, recirculada a la cubeta desde la Estación de Bombeo Dren. El agua acumulada en la laguna es retornada al proceso de la Planta El Cobre desde la Estación de Bombeo Balsa.

Estación de Bombeo Balsa: El sistema de recirculación de aguas desde la laguna de aguas claras está constituido por bombas verticales montadas en una balsa, desde la cual el vital elemento es impulsado hasta un estanque de traspaso y conducido en un acueducto hasta una estación de bombeo intermedia. Desde la estación intermedia el agua es impulsada hasta el estanque de cabeza de la Planta El Cobre.

Estación de Bombeo Dren: Las aguas captadas por el sistema de drenes existente en el muro de arena, son conducidas gravitacionalmente a la sentina de bombeo de la Estación de Bombeo Dren, desde donde son impulsadas a la cubeta del Tranque de Relaves. Para ello se cuenta con un sistema de bombeo compuesto por bombas centrífugas verticales, 2 tuberías de HDPE (de 16” y 14”, con una longitud de 1.300 [m] y 1.000 [m] respectivamente) y un grupo electrógeno para emergencias en caso de corte de alimentación eléctrica.

Sistema de Manejo de Aguas Superficiales: La empresa tiene derechos de aprovechamiento consuntivos de aguas superficiales, de ejercicio eventual y discontinuo, por un total de 1.370.000 [m³/año], en las Quebradas Infiernillo y Los Coiles, afluentes al Tranque. Estos derechos deben ser ejercidos entre los meses de mayo y noviembre, y fueron aprobados por Resolución DGA N° 350 del 4 de septiembre de 1986. Estos derechos son captados en el tranque de relaves y bombeados al proceso utilizando la Estación de Bombeo Balsa.

Vertedero de Emergencia: Su objetivo es evacuar las aguas de crecidas almacenadas en el Tranque y está constituido por un canal colector peraltado con losetas, conectado a un pique de 10 [m] de altura y 2 [m] de diámetro que descarga en un túnel de 750 [m] de longitud y 3,6 [m] de base. El portal de salida del túnel se conecta a un canal de hormigón con una obra de disipación y continúa con un canal excavado en tierra, que descarga al Estero El Cobre.

Instrumentación: Tiene por finalidad controlar que la conducción de relave se realice dentro de los parámetros establecidos en cuanto a caudales y velocidades de operación. Para esto se cuenta con los siguientes equipos e instrumentos:

- Instrumentación de válvulas de cuchillo ubicadas en el punto más bajo de las tuberías de conducción de relaves, con la finalidad de operarlas remotamente desde la Estación Maestra.
- Medidores de flujo (flujómetros) ubicados en las tuberías antes de su llegada al Cajón Distribuidor de la Estación de Hidrociclones, con la finalidad de aforar caudales de relave en cada tubería.

En la Figura 1.7 se aprecia una vista aérea del Tranque El Torito.

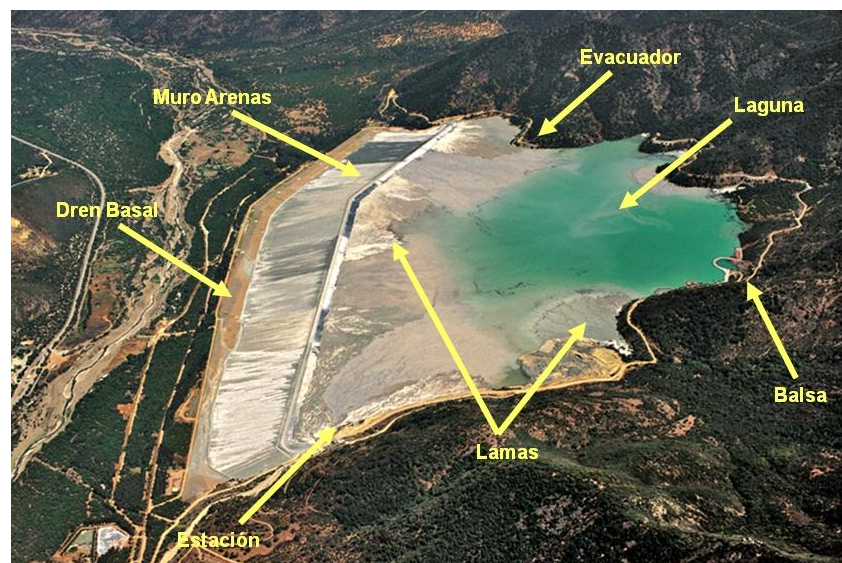


Figura 1.7: Vista aérea del Tranque El Torito

Para minimizar el impacto de la operación del tranque a las aguas subterráneas existen los siguientes sistemas de manejo y control:

Dren basal:

Sistema que capta las aguas que percolan desde las arenas del muro por medio de una malla de drenes, las que son bombeadas para su reutilización en el proceso. El caudal varía entre 300 a 450 [m³/h].

Sellado Perimetral de la Laguna:

Sistema de depositación de lamas en el perímetro de la laguna del tranque. Esto permite aprovechar la impermeabilidad de las lamas para reducir las infiltraciones de agua en contacto directo con el suelo natural.

Pozos de Monitoreo:

Para el monitoreo de las aguas subterráneas se emplean pozos profundos de 2” de diámetro, correspondientes al programa periódico de control de la calidad del agua, los cuales se ubican dentro del área de influencia del frente de infiltraciones y aguas debajo de ella. A continuación se indican los pozos mencionados:

- Sitios de Monitoreo dentro del Área de Influencia:
 - Pozo N° 3 Torito A
 - Pozo N° 3 Torito B
 - Pozo N° 8
 - Pozo N° 12

- Sitios de Monitoreo fuera del Área de Influencia (Aguas Abajo):
 - Pozo N° 6
 - Pozo N° 7
 - Pozo N° 9
 - Pozo N° 13
 - Pozo N° 14

En la Figura 1.8, se observa una vista aérea de los pozos de monitoreo del Tranque.

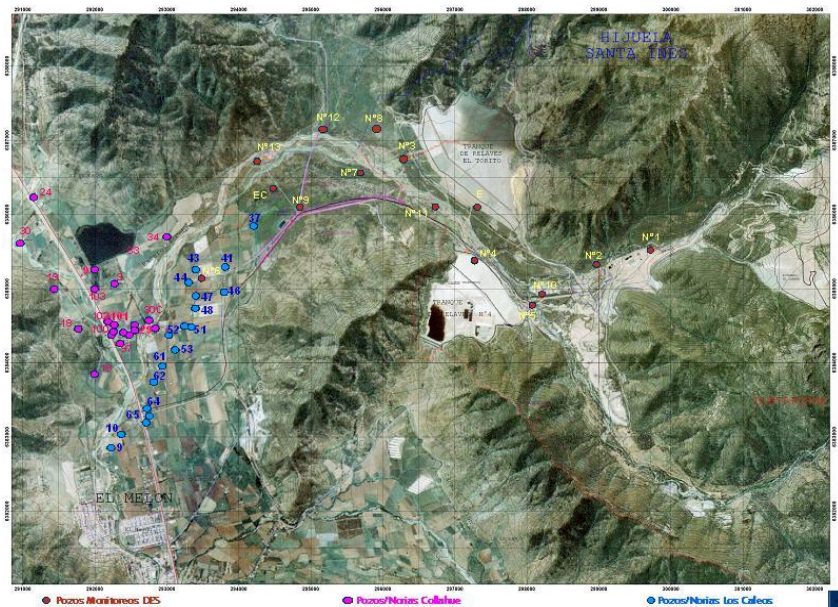


Figura 1.8: Vista aérea pozos de monitoreo Tranque El Torito

Adicionalmente, se monitorea la calidad del agua de la laguna de clarificación del Tranque El Torito.

El parámetro indicador del impacto de las infiltraciones desde la cubeta del Tranque sobre las aguas subterráneas corresponde al sulfato (SO_4^-), ya que su concentración en las

aguas claras de relave es superior a los contenidos presentes en el vital elemento de la zona. El nivel de sulfatos en las aguas subterráneas, alcanza aproximadamente los 600 [mg/l], siendo la mitad del máximo aceptado de 1.200 [mg/l]. Por lo tanto, el monitoreo se centra especialmente en verificar los contenidos de sulfatos en los sitios de monitoreo seleccionados y su evolución en el tiempo.

Cabe destacar, que El Torito cumple con las normas de construcción y operación de los Tranque de Relaves, contenidas en el Decreto N°86/70, donde se regula la forma de diseñar, construir y operar un Tranque de Relaves. El organismo regulador es el SERNAGEOMIN.

Adicionalmente, cumple con las exigencias y requisitos ambientales aplicables, con la normativa de carácter ambiental, incluidos los requisitos de carácter ambiental contenidos en los permisos ambientales señalados en el Anexo 1, artículos 84, 90, 91, 96, 99, 101, 102 y 106 del actual Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el D.S. N° 95, del 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (D.O. 07.12.2002), y que respecto de los efectos, características y circunstancias establecidas en el artículo 11 de la Ley N° 19.300/94, se han establecido las medidas de mitigación, reparación y/o de compensación, y de seguimiento, y las condiciones ambientales, apropiadas.

1.3. Abastecimiento de agua

Precedentemente se describieron las fuentes de aguas que principalmente abastecen a la División el Soldado. Estas aguas corresponden a:

- Agua fresca.
- Agua recuperada.

En el Gráfico 1.1, se presenta la influencia de cada suministro de aguas, considerando desde enero a diciembre entre los años 2007-2011. En él se aprecia claramente que la mayor fuente de abastecimiento de agua a la Planta de Sulfuros, corresponde a la Recirculación del Tanque El Torito con un total del 74,40%, lo que equivale a 13.215.157 [m³/año], le sigue la fuente de agua fresca, Melón-Los Litres que equivale al 20,74% (3.684.350[m³/año]), luego agua mina, con un 3,02% (536.509[m³/año]), después se observa el aporte de aguas lluvias y quebradas con un 1,59%, equivalente a 281.744 [m³/año] y finalmente con una contribución casi nula del 0,25%, (45.631[m³/año]), correspondiente al agua del Dren Tranque Cobre.

Los valores mencionados se encuentran en el Anexo 2.

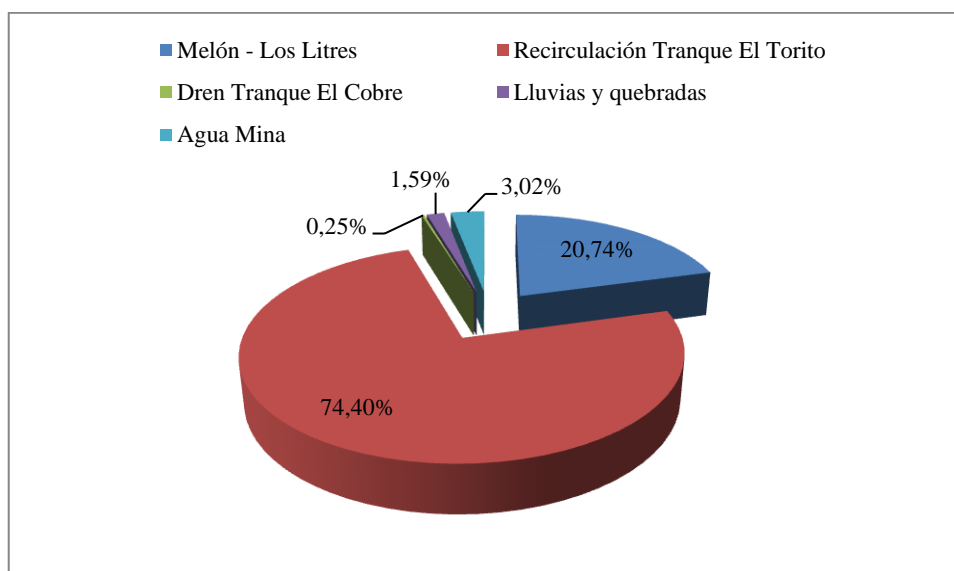


Gráfico 1.1: Abastecimiento de Agua

CAPÍTULO II

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA, ALCANCE Y OBJETIVOS

2.1. Descripción del Problema

Debido a la escasez de agua que sufre el país, ésta ha adquirido gran importancia especialmente en el sector minero. En la División El Soldado, se manifiesta principalmente en la disminución sostenida de agua disponible en el Tranque El Torito, que actualmente cuenta con un abastecimiento restringido (técnicamente) desde la Estación El Melón, la que es responsable de enviar el agua fresca a la planta. Se menciona que el suministro se encuentra con restricciones técnicas desde El Melón, ya que se cuenta con cañerías de 22” de diámetro y 4 bombas que impulsan el agua hacia la planta, con este diámetro se ha alcanzado un máximo de 900 [m³/h], sin embargo, de acuerdo a los derechos de agua que posee la compañía, esta puede utilizar un caudal máximo 1.400 [m³/h], de los cuales se tiene un consumo promedio de 600 [m³/h]. Por lo tanto, cabe destacar que la empresa se encuentra en línea con los permisos legales de las normativas ambientales existentes que limitan la extracción de agua fresca, ya que se ocupa el 43% de sus derechos de aguas, realizando un reporte mensual a la autoridad y siempre con el compromiso de hacer un uso eficiente del recurso hídrico.

Con respecto a la instrumentación necesaria, existen algunos flujos de aguas que no se encuentran contabilizados, ni en línea, existiendo una falta de instrumentación y medición en la Planta y parcialmente en el Tranque. Por este motivo se hace imperioso realizar un balance de aguas de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito, para así, contabilizar y detectar consumos ineficientes, para tomar medidas de ahorro que permitan obtener un beneficio

económico para la empresa. Para lograr este objetivo, se debe cuantificar de forma precisa el movimiento de aguas, considerando los flujos que cuentan con instrumento de medición en línea en el sistema PI DataLink, y los que no están registrados en línea.

Para las tuberías que no cuentan con medidores de flujo, y son necesarias en el balance, se debe realizar un levantamiento de flujómetros, lo cual involucra la actualización del diagrama de flujo en donde se incorporen las líneas de agua.

2.2. Alcance

En esta memoria se explicará el funcionamiento de los procesos de la Planta de Sulfuros y del Tranque El Torito; se describirá el envío de relave desde la Planta y la posterior recirculación de agua industrial desde la Laguna, de manera complementaria, se presentarán flowsheets de los procesos en donde se especificarán equipos y se entregará información de las líneas de aguas involucradas.

A partir de la información recopilada se realizará un balance de aguas de la Planta de Sulfuros y del Tranque El Torito, con la finalidad de identificar los principales puntos de mayor consumo de agua, para así implementar medidas que permitan el ahorro de este recurso hídrico, que cada vez se vuelve más escaso. Para obtener un balance lo más certero posible, primero se identifican los puntos críticos en donde se necesite instrumento de medición (flujómetro), por lo que se realiza un levantamiento de flujómetros de agua fresca e industrial, con el fin de preparar un presupuesto para la compra de estos instrumentos de medición.

Del balance de agua, se darán propuestas de mejoras para obtener un proceso eficiente, lo que conducirá a un beneficio económico para la empresa.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General

- Realizar balance de agua de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito, para mejorar la optimización del consumo hídrico y proporcionar propuestas de mejoras.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Reconocer y familiarizarse con las líneas de aguas para incluirlas en el flowsheet de la Planta de Sulfuros.
- Determinar instrumentación necesaria.
- Realizar el balance de aguas de la Planta de Sulfuros y Tranque.
- Determinar mayores consumos y pérdidas de agua.
- Generar propuestas de mejoras para optimizar el consumo del recurso hídrico.

CAPÍTULO III

3. FLOWSHEET Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO, INVOLUCRANDO LÍNEAS DE AGUAS

En la Figura 3.1 se muestra un flowsheet de la planta completa y en la Figura 3.2 otro flowsheet de la planta, pero involucrando las líneas de aguas. Estas figuras se presentan con mayor nitidez y resolución en el Anexo 3. Luego, en la Figura 3.3 se presenta un diagrama general de Planta de Sulfuros, molienda semiautógena (S.A.G.), molienda convencional, flotación de sulfuros y Tranque El Torito, señalando la distribución de aguas, además de proporcionar una explicación de cada proceso.

Es necesario mencionar que en el proceso productivo, se utilizan tres tipos de aguas: sello, presión y proceso.

Agua de sello

Es una combinación del agua recirculada desde el Tranque El Torito más el agua fresca traída desde los pozos El Melón y Los Litres (make up). Esta agua es impulsada por 2 bombas llamadas KSB y tiene un flujómetro general que determina el total de flujo usado en la planta. Es utilizada generalmente como sello de las bombas de pulpas, además de usarse en el proceso de flotación.

Agua a presión

El agua a presión se acopla directamente desde la línea de 24'' que sale del estanque SAG. Tiene 2 bombas situadas detrás de la nave del molino SAG que mantienen la presión del flujo constante. Estas líneas de agua a presión son usadas generalmente para trabajos de aseo

de piso, limpieza de derrames de pulpa o concentrado, etc. Además, se usa esta agua para el proceso.

Agua de proceso

El agua de proceso involucrada en los procesos de la Planta de Sulfuros tiene 3 orígenes. Estanque SAG, Molienda Convencional y Melón.

El estanque SAG tiene 1.100 [m³] de capacidad, del cual salen 2 líneas principales hacia los diferentes puntos de la planta. Al estanque SAG lo alimentan líneas de la estación re-elevadora y líneas desde el Tranque El Torito.

Estanque de Molienda Convencional y Melón (capacidad 130 y 170 [m³] respectivamente), de los cuales salen líneas hacia los diferentes puntos de molienda convencional, flotación, molino 2000, etc. La alimentación de estos estanques es el agua fresca traída desde los pozos Los Litres y El Melón (make up), como también, aguas recirculadas desde el Tranque El Torito y el Rebose de los espesadores.

El uso de esta agua está determinado por las diferentes adiciones que se requieran para el proceso mismo.

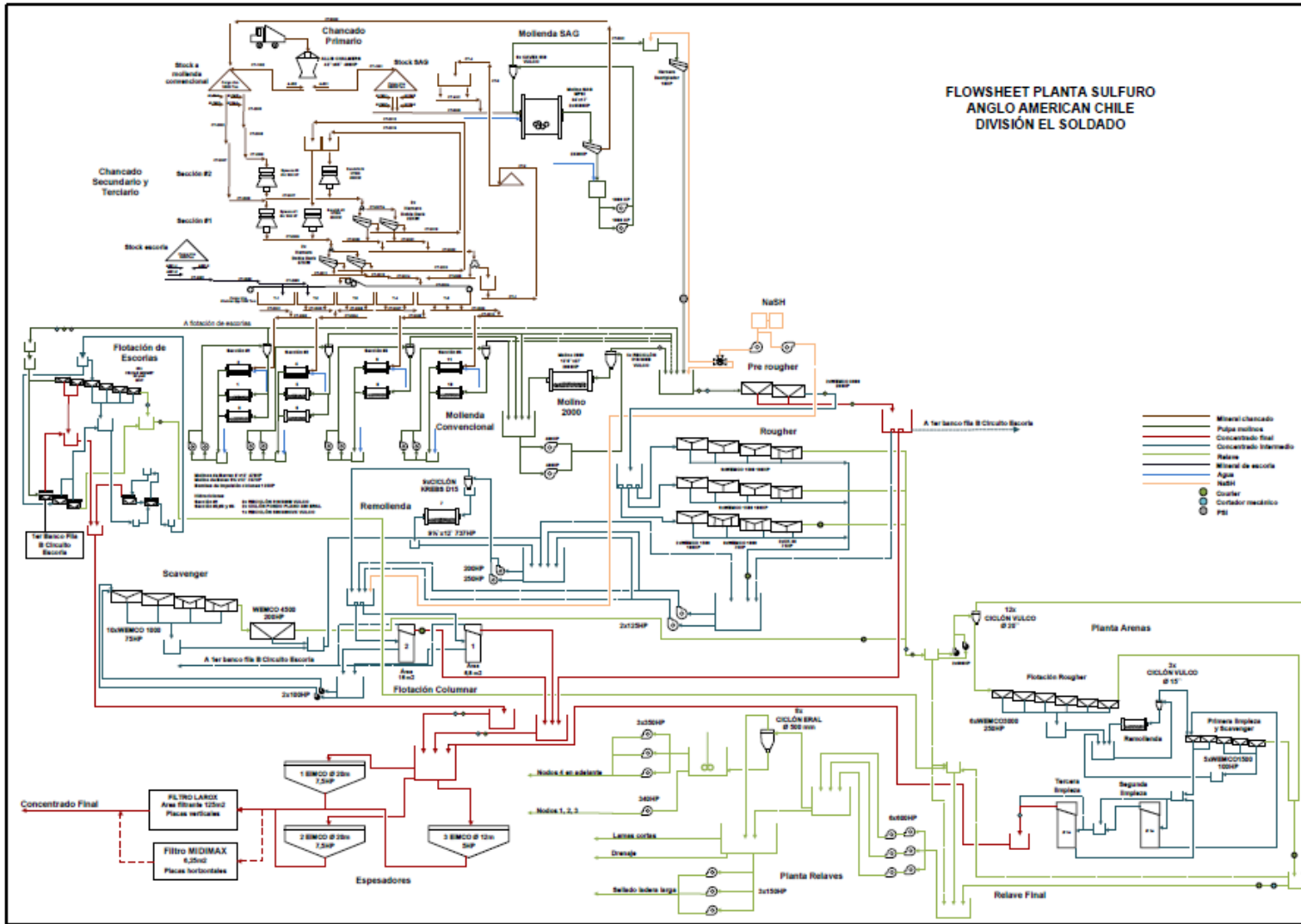


Figura 3.1: Flowsheet Planta de Sulfuros, División El Soldado

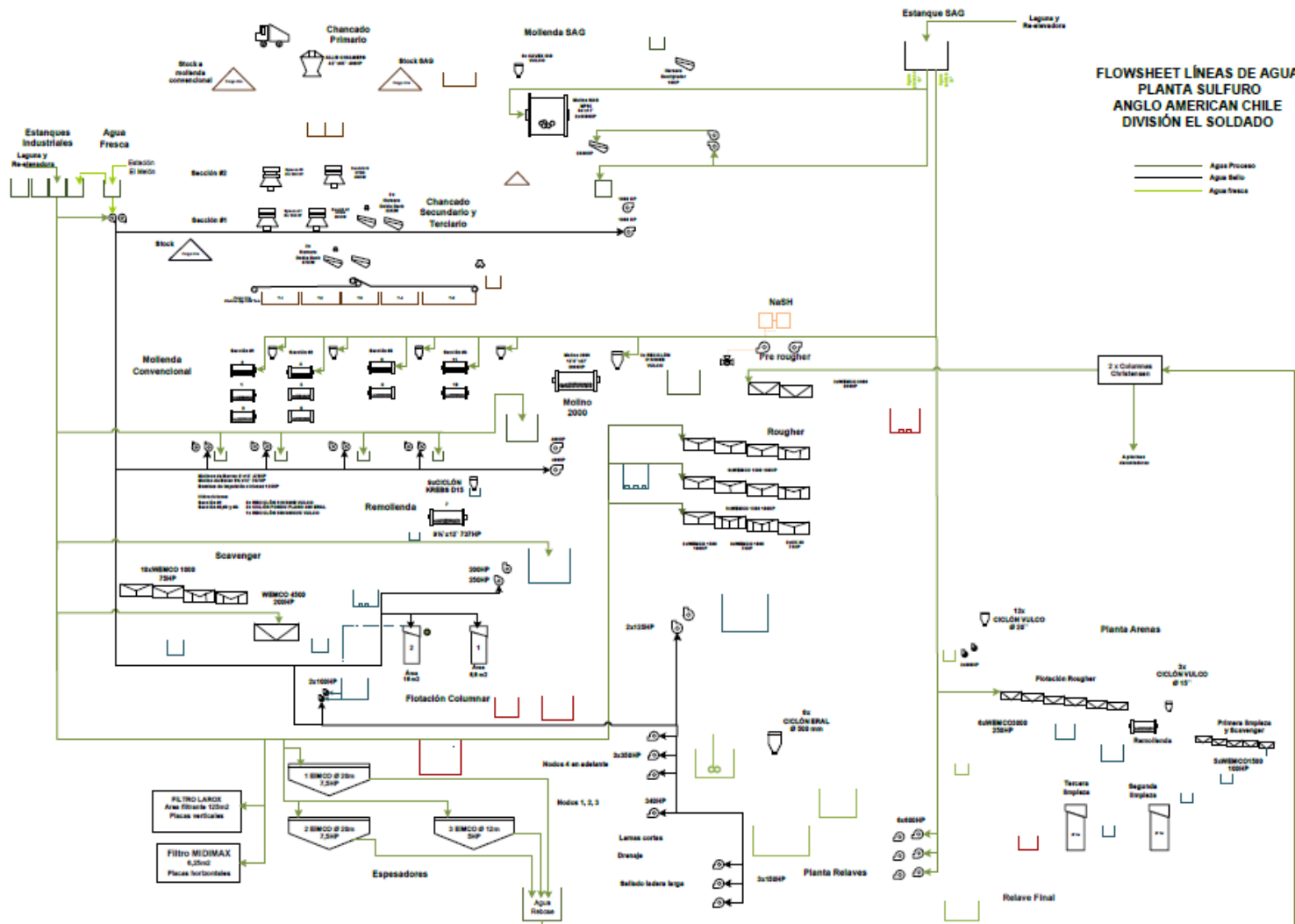


Figura 3.2: Flowsheet líneas de agua Planta de Sulfuros, División El Soldado

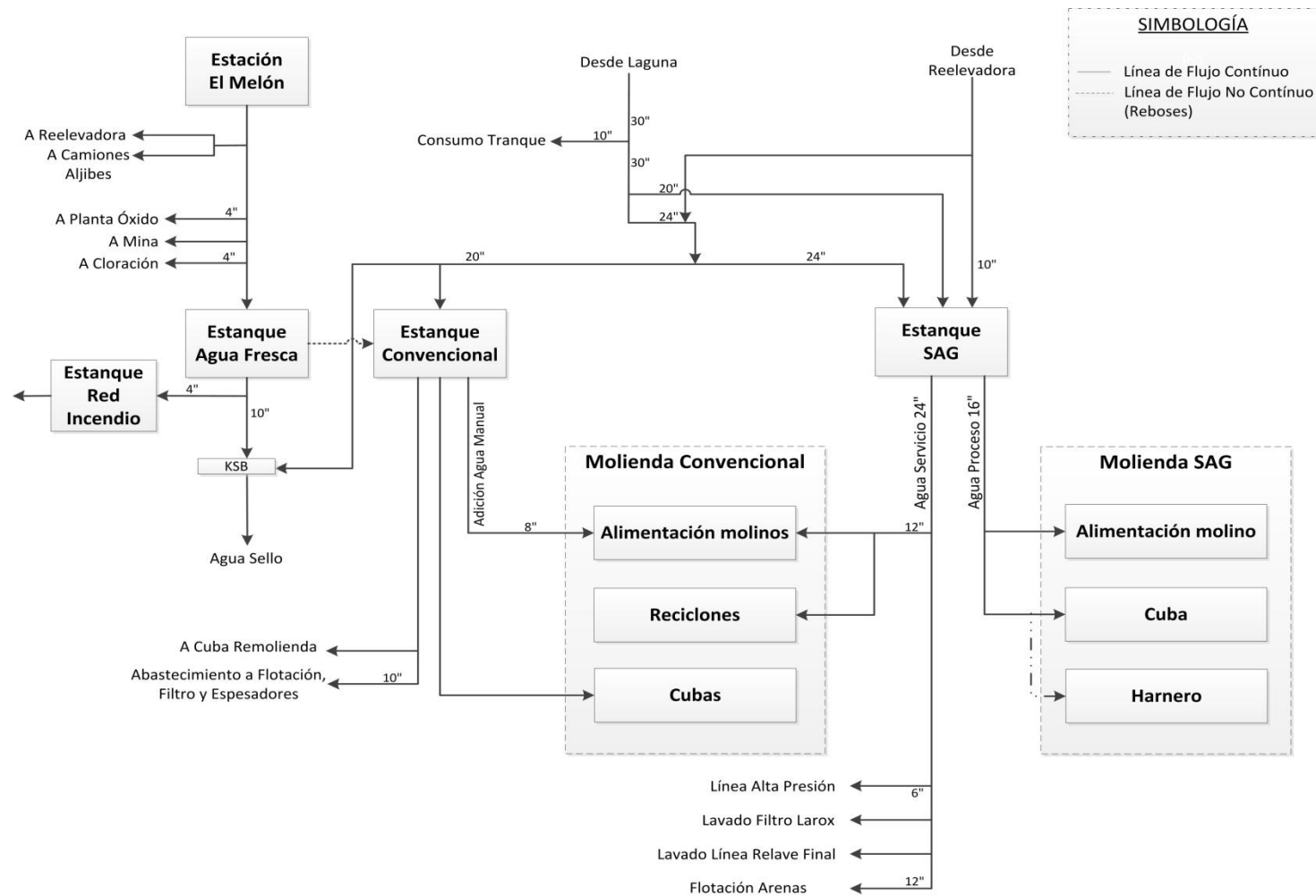


Figura 3.3: Diagrama general de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito.

3.1. Descripción de las líneas involucradas en la distribución de Agua Fresca e Industrial

En la Figura 3.3 de la página 30, se presenta el diagrama general de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito. Se aprecia la Estación El Melón, la cual se abastece de agua fresca proveniente de los pozos, Los Litres y El Melón. Esta agua es enviada a la Planta de Sulfuros por medio de bombas centrífugas. Luego, existe un arranque, del que a su vez descargan dos líneas, una que va hacia los camiones aljibes y otra que va a la re-elevadora, la cual no está operativa.

Al llegar a la Planta de Sulfuros, se encuentra una reducción en “Y”, que por medio de una tubería de 18” ingresa el agua al Estanque de Agua Fresca. Antes de llegar al estanque, existen 3 arranques a esta línea, primero el que va hacia la Planta de Óxidos, luego el agua que se envía a Cloración y por último el agua que va hacia la Mina.

Para proveer de agua de sello a la Planta de Sulfuros, existe una línea que envía agua fresca hacia dos Bombas KSB. A su vez, desde el estanque, se envía fresca a la Red de Incendio.

Por otra parte, el rebose del Estanque de Agua Fresca se envía al Estanque Convencional, este último consta de 3 salidas. La primera es una línea que posee un arranque que lleva agua a la Cuba de Remolienda. De la misma salida se tiene otro arranque de 10” que va hacia el Abastecimiento a Flotación, Filtro y Espesadores. Las otras dos salidas faltantes son las que van hacia la Molienda Convencional. Una línea es la que abastece a todas las Cubas, y la otra, es una tubería de 8” que se utiliza para la adición de agua manual a la alimentación de los molinos.

Siguiendo con el recorrido de las aguas se llega al Estanque SAG, a él se dirigen las aguas de recirculación del Tranque El Torito y de la estación re-elevadora. La trayectoria del agua recirculada comienza desde la Laguna en una línea de 30", la cual posee un arranque de 10" que devuelve agua para el consumo del tranque. Luego, la tubería de 30" se convierte en una de 24", que a su vez se divide en dos, una de ellas va en dirección al Estanque Convencional (20") y la otra va hacia el Estanque SAG (24").

Desde la Estación Re-elevadora, se envía Agua Industrial hacia la Planta por medio de una línea que se acopla a la de 24" que viene desde la Laguna, y otra de 10" que alimenta directamente al Estanque SAG. De este último estanque, salen 2 líneas, una de 24" llamada "Agua de Servicio", y otra de 16" denominada "Agua de Proceso". Por la primera se tiene un arranque de 12", que abastece de agua industrial a la alimentación de molinos e hidrociclones. Continuando con la línea de 24", esta posee 4 arranques más. El primero es una línea de 4" denominada línea de Alta Presión. El segundo arranque, se utiliza para el Lavado de Filtro Larox. El tercero, se usa para lavado de línea de Relave Final. El cuarto arranque de esta línea de Servicio, es uno de 12" que va hacia la Flotación de Arenas.

Como se mencionaba anteriormente, del Estanque SAG sale una línea de 16" denominada "Agua de Proceso", la cual abastece agua industrial a la alimentación del Molino, Cuba y Harneros.

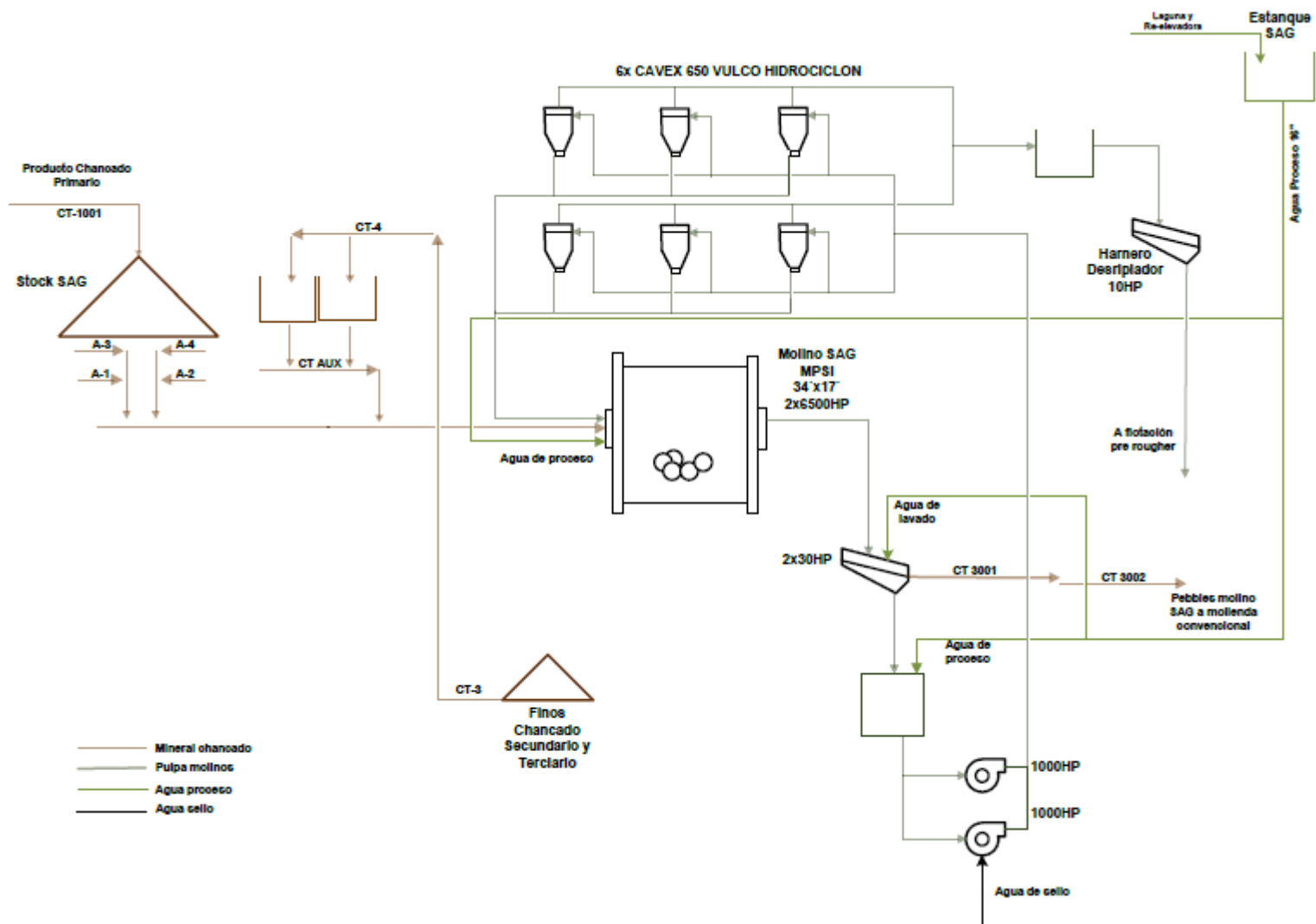


Figura 3.4: Flowsheet Molienda SAG.

A continuación se realiza una descripción de las líneas involucradas en la distribución de pulpa, agua fresca e industrial, de los procesos que utilizan una mayor cantidad de agua en la Planta de Sulfuros.

3.1.1. Molienda SAG

El mineral proveniente de la mina es enviado al proceso de chancado primario, el producto del chancador, es dividido en 2 Stock Pile, un stock que alimenta a la Molienda SAG y el otro a la Molienda Convencional. En la Figura 3.4 de la página 33, se presenta el flowsheet de la molienda SAG.

Al molino SAG ingresa el mineral que circula por la correa transportadora CT 3003, siendo procesado internamente con la ayuda de bolas y el propio material que permite la reducción de tamaño y liberación de la partícula valiosa, ya que la función operacional de este proceso es entregar un producto óptimo en cantidad, densidad y granulometría para el siguiente proceso que es la flotación. Una variable importante, es el porcentaje de sólidos en la alimentación, para regular este porcentaje, se adiciona agua junto a la alimentación fresca.

La cantidad de agua agregada a la alimentación del molino SAG es una herramienta de control muy poderosa, por cuanto altas densidades dentro del molino se traducen en un aumento de la viscosidad de la pulpa (y por ende, del peso de pulpa en el molino), aumentándose así la potencia demandada y disminuyendo la tasa de descarga del molino. Por el contrario, si se aumenta la cantidad de agua alimentada al molino, es posible descargar los finos con mayor rapidez.

El producto del molino SAG es descargado en un harnero vibratorio, al cual se agrega agua por medio rociadores, en este momento se realiza la primera clasificación del material, en

donde el sobretamaño denominado Pebbles es enviado al Stock Pile de la Molienda Convencional a través de las corres CT 3001 y CT 3002.

El mineral de bajo tamaño es descargado en una cuba, en donde se adiciona una cierta cantidad de agua, alimentando a la batería de hidrociclones del SAG para su segunda clasificación. En los hidrociclones el material se clasifica en 2 productos, overflow (finos) y underflow (gruesos). El overflow, es alimentado a las celdas Pre-Rougher WEMCO - 3000 del circuito de flotación, y el underflow es recirculado al molino SAG.

Por lo tanto, la molienda SAG ocupa principalmente agua de la línea de proceso (16”), procedente del estanque SAG, en la alimentación del molino, en la cuba y agua presurizada en el harnero. Estas aguas se encuentran contabilizadas y en línea logrando ser visualizadas en el programa PI DataLink.

Además, se utiliza agua para refrigeración en la sala de lubricación, la cual es derivada a la piscina de derrames. A su vez, a la cuba llegan los flujos de agua de la bomba de piso que se encuentra en la piscina de derrames, también se agrega el flujo de agua de lavado de la correa de alimentación del mineral al SAG. Para las bombas que impulsan la alimentación a los hidrociclones, se utiliza agua de sello. Con respecto a estas aguas, no se cuenta con medición en línea, por lo que su valor no es cuantificado.

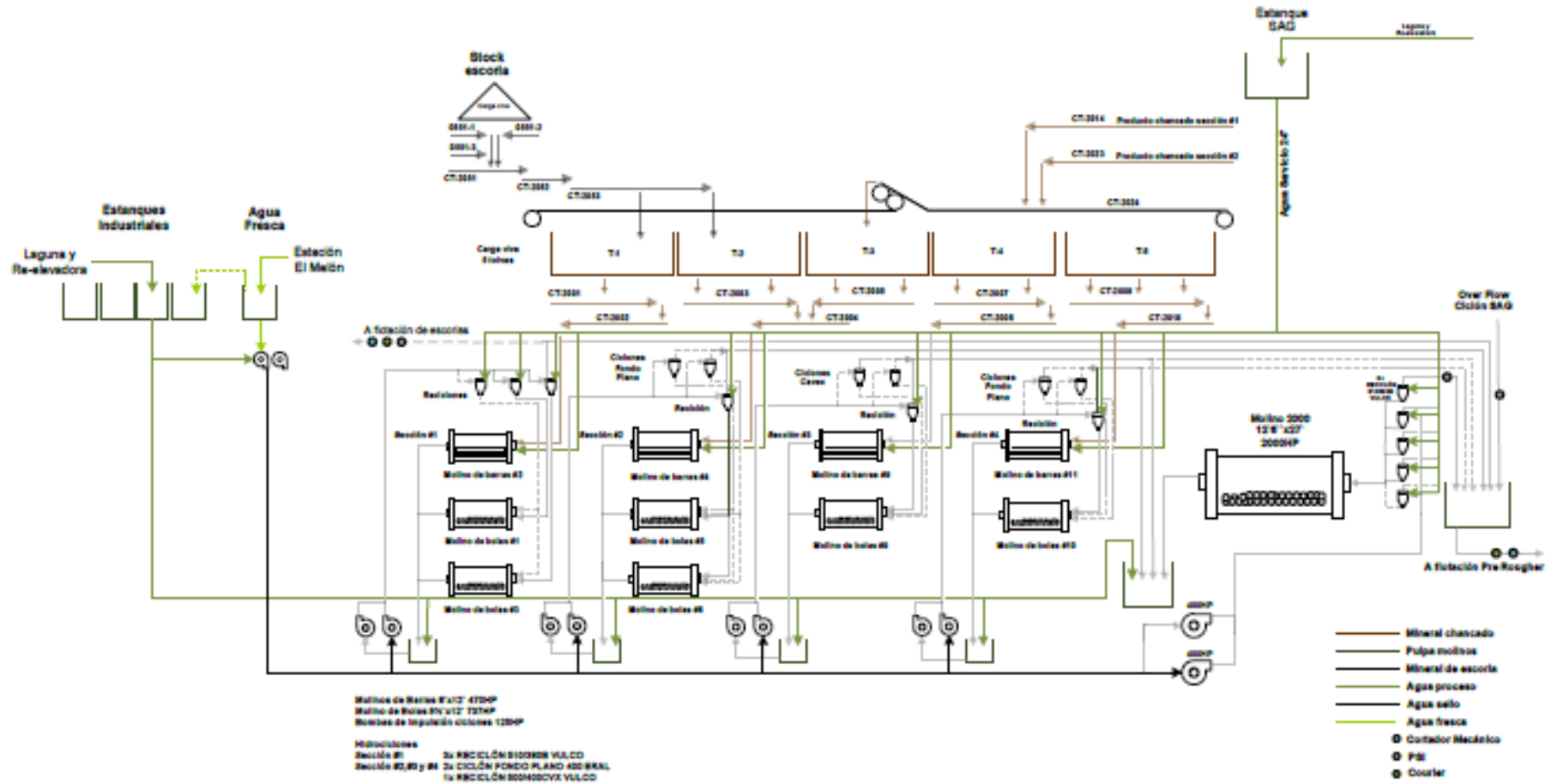


Figura 3.5: Flowsheet Molienda Convencional

3.1.2. Molienda Convencional

El mineral proveniente de la mina es enviado al proceso de chancado primario, el producto del chancador, es dividido en 2 Stock Pile, un stock que alimenta a la molienda SAG y el otro a la molienda convencional.

En la Figura 3.5 de la página 36, se presenta el flowsheet de la molienda convencional (esta figura se presenta con mayor nitidez y resolución en el Anexo 4). El mineral que va a esta molienda, previamente pasa por etapas de chancado secundario y terciario, el producto del chancado es cargado en un tripper, el cual distribuye la alimentación al circuito de molienda convencional.

La función operacional de este proceso es entregar un producto óptimo en cantidad, densidad y granulometría para la flotación. El proceso de molienda convencional de la Planta de Sulfuros, se realiza en 4 Secciones.

- Sección #1

Compuesta por una batería de tres hidrociclones, un molino de barras (#2) operando en circuito cerrado con 2 molinos de bolas (#1 y #3). Las descargas de los tres molinos alimentan la cuba, desde donde se bombea la pulpa hacia los hidrociclones para su clasificación. El overflow es alimentado a la flotación pre-rougher y el underflow es recirculado a los molinos de bolas.

Con respecto al recurso hídrico, para ajustar el porcentaje de sólidos, se agrega agua al molino de barras y a la cuba de descarga de los molinos, también se añade al underflow del primer hidrociclón para su lavado. El agua de sello se usa para la bomba que alimenta los hidrociclones.

- Sección #2

Compuesta por tres hidrociclones, de los cuales dos son de fondo plano. El molino de barras (#4) opera en circuito cerrado con 2 molinos de bolas (#5 y #6). Las descargas de los tres molinos, alimentan la cuba de esta sección, desde donde se bombea la pulpa hacia dos hidrociclones del molino de bolas,. El overflow del primer hidrociclón es enviado a la flotación pre-rougher y el underflow se utiliza para alimentar al segundo hidrociclón. El overflow del segundo hidrociclón es alimentado a la flotación pre-rougher, y el underflow es recirculado a la molienda de bolas.

Con respecto al recurso hídrico, para ajustar el porcentaje de sólidos se agrega agua al molino de barras, también se adiciona agua a la cuba de descarga de los molinos para ajustar el porcentaje de sólidos de alimentación al hidrociclón y se añade agua al underflow de los hidrociclones para su lavado. El agua de sello se usa para sellar de pulpa la bomba que alimenta a los hidrociclones.

- Sección #3

Compuesta por tres hidrociclones, de los cuales dos son de fondo plano. El molino de barras (#9) opera en circuito cerrado con un molino de bolas (#8) trabajando en conjunto en circuito abierto con un molino unitario de bolas denominado molino 2000.

La descarga de los dos molinos alimentan la cuba, desde donde se bombea la pulpa hacia dos hidrociclones para su clasificación. El overflow del primer hidrociclón es enviado a la cuba del molino 2000 y el underflow alimenta al segundo hidrociclón. El overflow del segundo hidrociclón, es enviado a la cuba del molino 2000 y el underflow es recirculado a la molienda de bolas.

Para ajustar el porcentaje de sólidos se agrega agua de proceso al molino de barras, también se adiciona agua a la cuba de descarga de los molinos para ajustar el porcentaje de

sólidos de alimentación al hidrociclón y se añade agua al underflow del hidrociclón para su lavado. El agua de sello se usa para sellar de pulpa la bomba que alimenta a los hidrociclones.

- Sección #4

Compuesta por tres hidrociclones, de los cuales dos son de fondo plano. El molino primario de barras (#11), opera en circuito cerrado con un molino de bolas (#10) trabajando en conjunto en circuito abierto con un molino unitario de bolas denominado molino 2000.

La descarga de los dos molinos alimentan la cuba, desde donde se bombea la pulpa hacia dos hidrociclones para su clasificación. El overflow del primer hidrociclón es enviado a la cuba del molino 2000 y el underflow alimenta al segundo hidrociclón. El overflow del segundo hidrociclón, es enviado a la cuba del molino 2000 y el underflow es recirculado a la molienda de bolas.

Para ajustar el porcentaje de sólidos se agrega agua de proceso al molino primario (#11), también se adiciona agua a la cuba de descarga de los molinos para ajustar el porcentaje de sólidos de alimentación al hidrociclón y se añade agua al underflow del hidrociclón para su lavado. El agua de sello se usa para sellar de pulpa la bomba que alimenta a los hidrociclones.

- Molino 2000

Compuesto por cinco hidrociclones y un molino de bolas de 2000 [Hp]. Su alimentación proviene de los overflow de las secciones #3 y #4. La descarga de este molino va a una cuba, a la cual llegan simultáneamente los overflow de la molienda convencional de las secciones anteriormente mencionadas. El overflow del primer hidrociclón es alimentado a flotación pre-rougher, y el underflow alimenta al segundo hidrociclón. Asimismo, el overflow

del segundo hidrociclón es alimentado a flotación pre-rougher, y el underflow es recirculado al molino 2000.

Para ajustar el porcentaje de sólidos de alimentación al hidrociclón, se agrega agua a la cuba de descarga, además se añade agua al underflow del primer hidrociclón, y para diluir la pulpa proveniente de la molienda convencional transportada por las canaletas también se adiciona agua de proceso. El agua de sello se usa para sellar la bomba que alimenta a los hidrociclones.

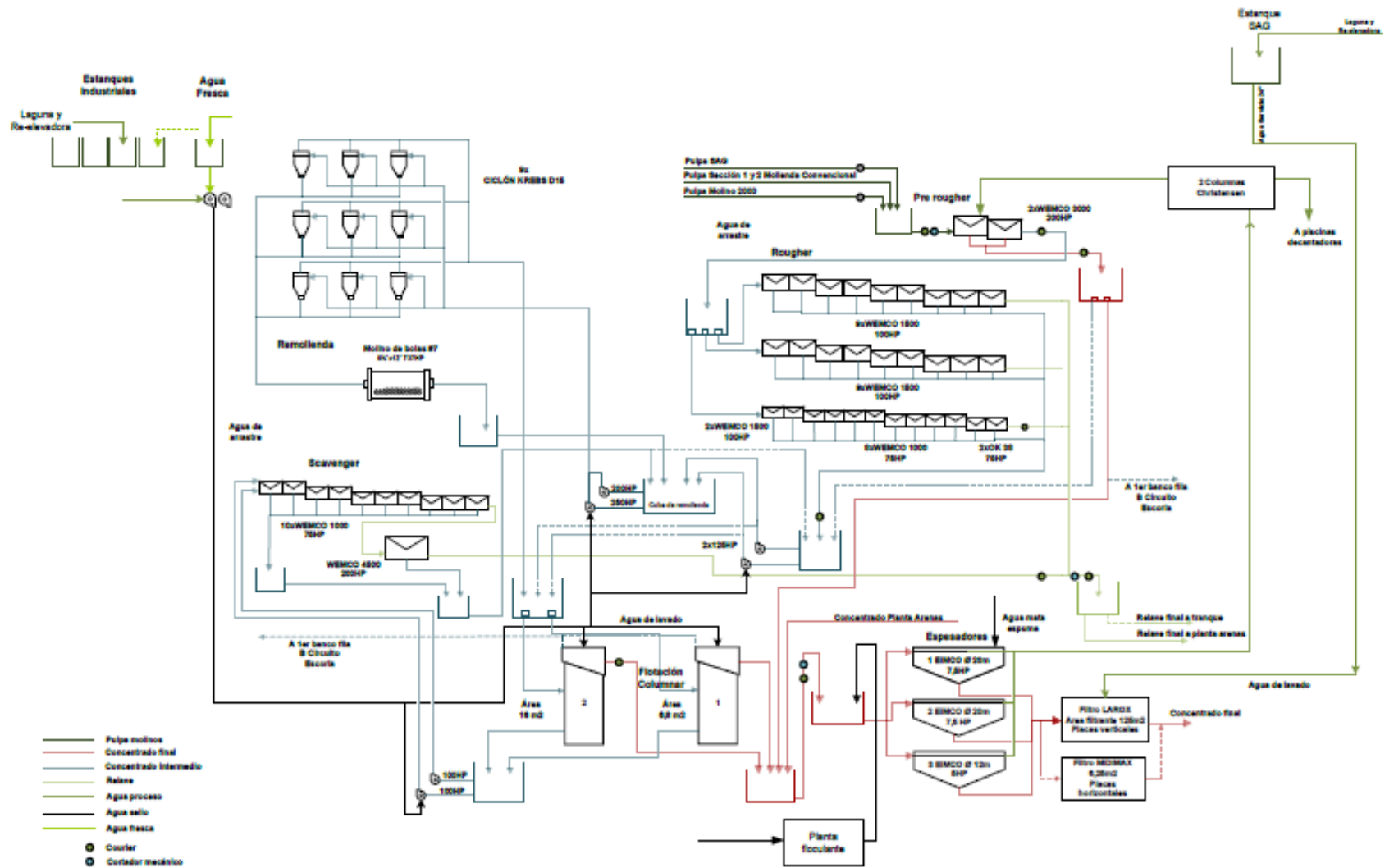


Figura 3.6: Flowsheet Flotación de Sulfuros

3.1.3. Flotación de Sulfuros

La flotación de minerales sulfurados de la División El Soldado, se compone principalmente de las etapas : pre-rougher, rougher, remolienda, limpieza (cleaner) y scavenger. La función operacional de este proceso, es la concentración económica de las partículas útiles. En la Figura 3.6 de la página 41, se presenta el flowsheet de la flotación de sulfuros, esta figura se presenta con mayor nitidez y resolución en el Anexo 5.

Los overflow de la molienda SAG, convencional y molino 2000, son enviados a un estanque acondicionador donde se agregan los reactivos de flotación . Desde este estanque, se alimenta a la primera de 2 celdas WEMCO 3000 que componen el banco pre-rougher. El concentrado pre-rougher se envía al espesador como producto final. El relave pre-rougher se utiliza como alimentación de la flotación rougher, ingresando esta pulpa a tres bancos de celdas rougher (A, B y C). El relave rougher se toma como relave final de flotación. El concentrado Rougher se envía a una cuba de remolienda, donde se junta con el concentrado scavenger, la pulpa de la cuba alimenta a una batería de hidrociclones, el underflow se recircula a la cuba de remolienda y el overflow se descarga en la columnar N°1 y 2. El concentrado cleaner total se envía a la etapa de espesamiento como producto final . El relave cleaner total, se envía al circuito scavenger. De este circuito se obtiene un concentrado que como se mencionó anteriormente, se junta con el concentrado rougher y van a remolienda. El relave scavenger se junta con el relave rougher, los cuales componen el relave final. Estos constituyen la alimentación de la Planta de Arenas.

Con respecto al agua utilizada en el circuito de:

Flotación pre-rougher, el agua de rebose de los espesadores con porcentaje de sólidos menor a 0,01% se alimenta como agua de proceso a la alimentación pre-rougher, previo paso por las columnas Christeansen para recuperación de concentrado.

Flotación rougher, el agua de rebose de los espesadores con porcentaje de sólidos menor a 0,01%, también se alimenta como agua de proceso a la alimentación rougher. El agua de sello se ocupa para sellar de pulpa la bomba que transporta el relave rougher. El agua presurizada se ocupa como agua de sello para sellar de pulpa la bomba que transporta el concentrado rougher más derrames recuperados, denominado concentrado primario, a la remolienda y flotación cleaner.

Remolienda, el agua de sello se suministra al proceso como agua de dilución a la alimentación a flotación cleaner, como dilución a la alimentación al hidrociclón y para sellar de pulpa la bomba que transporta la alimentación al hidrociclón. El agua presurizada se suministra como dilución de la alimentación a la remolienda.

Flotación cleaner, el agua de sello se suministra al proceso como agua de dilución previo a la alimentación a ambas celdas columnares de flotación cleaner, como agua de lavado de la espuma de la columna N°1 y 2. El agua presurizada se usa como agua de arrastre de la canaleta de la columna N°1 y 2.

Flotación scavenger, el agua de sello se suministra como agua de lavado de las canaletas. El agua presurizada se usa como agua de arrastre de la canaleta de la celda Wemco scavenger.

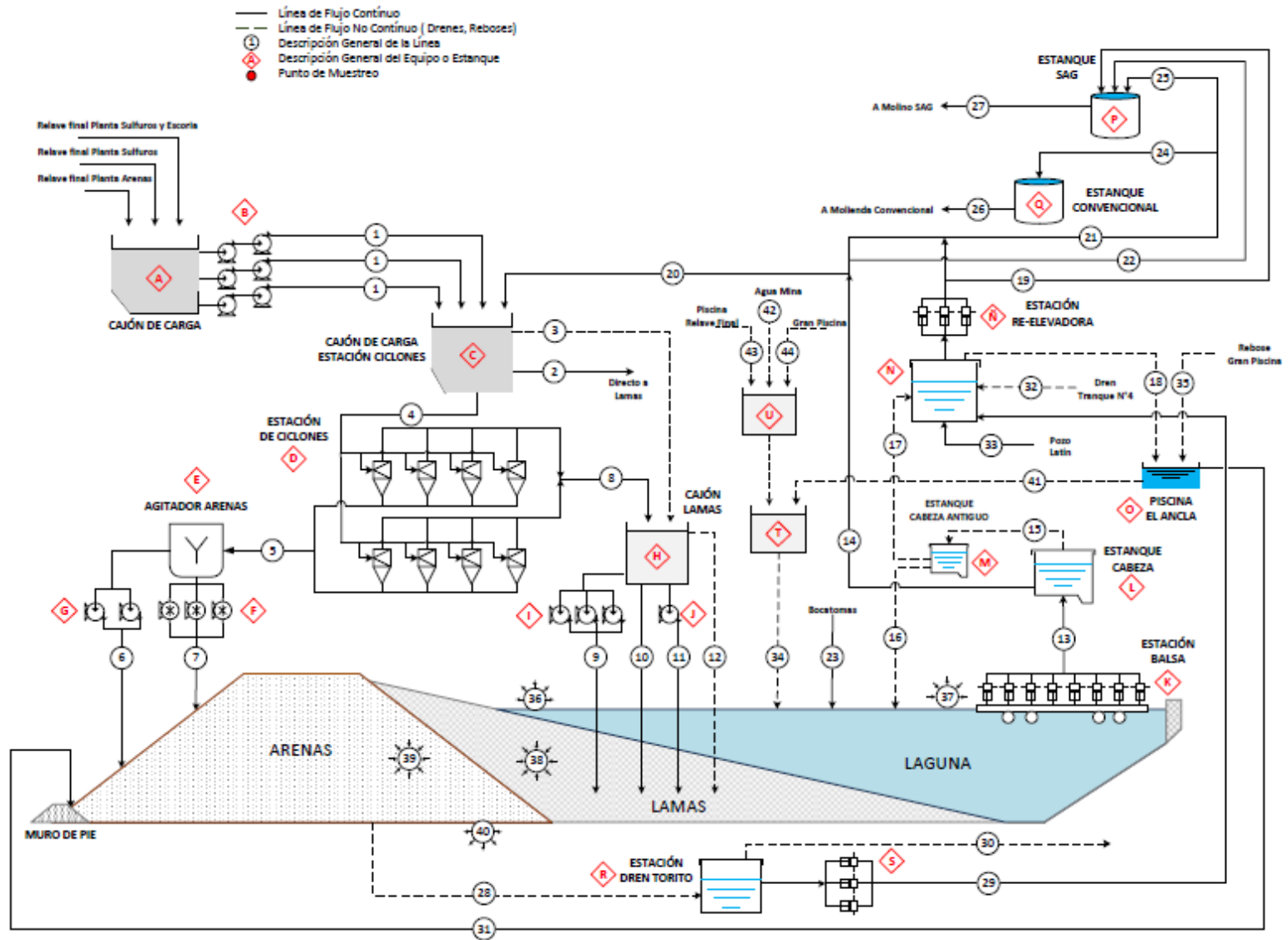


Figura 3.7: Flowsheet Tranque El Torito

3.1.4. Tranque El Torito

En la Figura 3.7 de la página 44, se presenta un flowsheet del Tranque El Torito, en donde se aprecia que el relave proveniente desde la Planta de Sulfuros y la Planta de Arenas es vertido en el cajón de carga de relaves. Posteriormente, un conjunto de 6 bombas centrífugas, impulsan el material de relave por medio de 3 tuberías de HDPE hasta el cajón de carga de la estación de hidrociclones.

Una vez en el cajón, el material tiene tres opciones de descarga; puede ser vertido directamente a las lamas, puede ser procesado en la estación de hidrociclones o su rebose puede ser enviado al cajón de lamas.

La estación de hidrociclones cuenta con 8 hidrociclones tipo ERAL, que descargan por el overflow el fino (lamas) y por el underflow el grueso (arenas). Las arenas son enviadas por una tubería de acero de 14" hacia un agitador, que descarga el material por medio de 3 bombas de desplazamiento positivo Wirth, utilizando una tubería de acero de 6". Además el agitador posee una descarga alternativa que involucra el uso de 2 bombas centrífugas y una tubería de 6".

Las lamas son enviadas, por medio de una tubería de acero de 24", al cajón de lamas donde son distribuidas a lo largo de todo el tranque: Para el sellado de la laguna, se utilizan 3 bombas centrífugas y una tubería HDPE de 450 [mm], la descarga corta se realiza por medio de una tubería HDPE de 500 [mm] y la descarga larga es impulsada por una bomba centrífuga a través de una tubería de HDPE de 450 [mm], finalmente el rebose es descargado por una tubería HDPE de 630 [mm] de diámetro.

La recirculación de agua industrial hacia la Planta de Sulfuros comienza en la estación de balsas, donde 8 bombas verticales, impulsan agua hacia el Estanque de Cabeza por una tubería de 24". En el estanque, una parte del agua es descargada por gravedad, a través de una tubería de acero de 30" hacia una conexión con el agua bombeada desde la estación re-

elevadora y la otra parte es recirculada hacia la estación de hidrociclones. El rebose, es enviado al Estanque de Cabeza Antiguo, donde existen dos opciones: el estanque puede descargar hacia la sentina de la estación re-elevadora a través de una tubería de acero de 28'' o descargar hacia la laguna por medio de una tubería de acero de 10''.

Parte del agua infiltrada en el tranque, es enviada a la sentina del dren Torito, donde 3 bombas verticales, envían el agua en una tubería HDPE 400 [mm] hacia la estación Re-elevadora.

En la estación re-elevadora converge fluido proveniente desde el dren del Tranque N°4, el pozo Latín, la estación de dren Torito y el Estanque de Cabeza Antiguo (mencionado anteriormente). El agua es impulsada por 3 bombas verticales de 200 [Hp] y se une al fluido proveniente desde el Estanque de Cabeza y se dirigen hacia la Planta de Sulfuros a través de dos tuberías de HDPE 500 [mm], y acero 24'', esta última se divide en dos líneas de 24'' y que alimentan al Estanque Convencional y al Estanque SAG respectivamente. A este último estanque, también llega una tubería de HDPE 250 [mm], la cual proviene desde la estación re-elevadora.

El rebose del estanque de la estación re-elevadora es enviado a la piscina El Ancla por medio de una línea HDPE 250 [mm], a esta piscina también llega el rebose de la Gran Piscina. La descarga de El Ancla, se envía hacia la Cuba de Cabeza Relave Antiguo, en donde se mezcla con las aguas de la Cuba de la línea 3 de Relave Antiguo a la cual ingresa agua proveniente de la Gran Piscina, Agua Mina y agua de la Piscina Relave Final. Esta combinación se envía al tranque por la Línea 3 de Relave Antiguo. El rebose de la Piscina el Ancla es descargado al muro de pie a través de una tubería de HDPE 450 [mm].

CAPÍTULO IV

4. CONSUMOS DE AGUA

Los procesos que utilizan mayor cantidad de agua son las moliendas, por este motivo se presentan los consumos de los procesos Molienda SAG y Molienda Convencional. Abarcando desde los meses de enero del 2011 hasta abril del 2012, cuyos datos fueron obtenidos desde el programa PI DataLink.

Se debe señalar que los datos obtenidos, análisis y conclusiones se realizan a partir de la información obtenida de los flujos que poseen instrumento de medición y son contabilizados en línea mediante el programa PI DataLink, excluyendo los flujos “fortuitos” que no cuentan con flujómetros en línea.

4.1. Molienda SAG

En la molienda SAG, se observan los consumos de agua que se agregan a la Alimentación y Cuba. Cabe señalar que durante el año 2011, se contaba con un aporte de Agua Mina de aproximadamente 70 [m³/h], que se ingresaban a la Cuba, pero a partir de enero del 2012, ese aporte es casi nulo. Por lo tanto, actualmente el abastecimiento de agua sólo proviene desde el Tranque El Torito. Estos datos se aprecian en la Tabla 4.1.

Mes	Alimentación [m³/h]	Cuba [m³/h]	Agua Mina [m³/h]	Total [m³/h]
Enero	185,31	251,47	70,00	506,78
Febrero	171,23	278,81	70,00	520,04
Marzo	155,22	253,58	70,00	478,80
Abril	162,96	336,78	70,00	569,74
Mayo	156,96	323,32	70,00	550,28
Junio	155,35	328,96	70,00	554,31
Julio	161,83	324,87	70,00	556,70
Agosto	191,86	254,19	70,00	516,05
Septiembre	222,86	281,51	70,00	574,37
Octubre	213,59	264,99	70,00	548,58
Noviembre	235,17	340,09	70,00	645,26
Diciembre	230,39	407,64	70,00	708,03
Enero 2012	237,94	454,71	0,00	692,65
Febrero 2012	266,76	317,37	0,00	584,13
Marzo 2012	237,26	405,11	0,00	642,37
Abril 2012	178,08	285,77	0,00	463,85
Promedio	197,67	319,32	52,50	569,50

Tabla 4.1: Consumo de agua molienda SAG

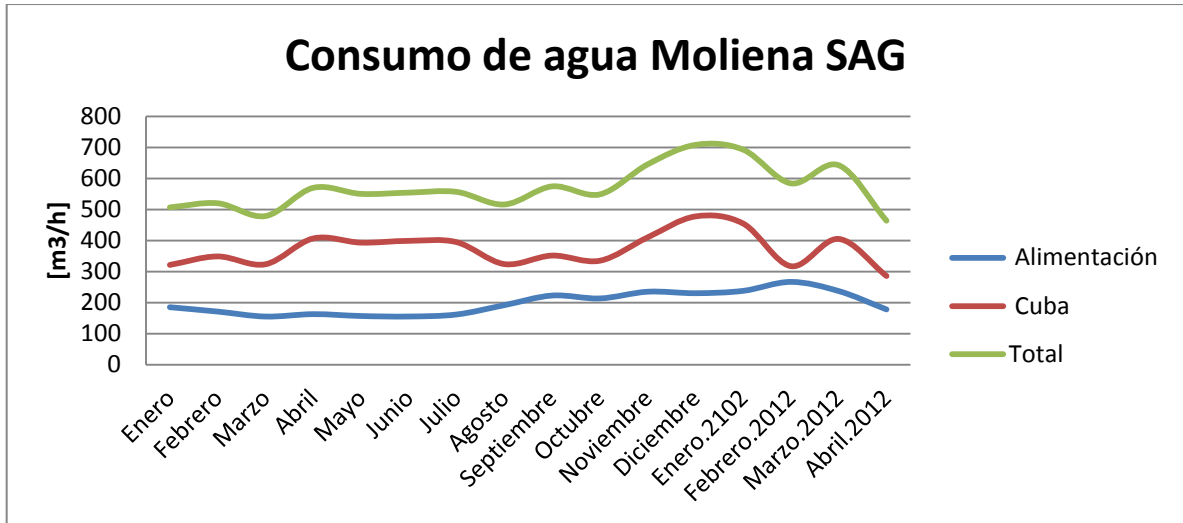


Gráfico 4.1: Consumo de agua molienda SAG

En el Gráfico 4.1 se aprecia que el agua ingresada directamente a la alimentación, no sufre mayores cambios en los primeros meses del 2011, ya que se mantiene prácticamente constante con un consumo aproximado de 160 [m³/h], desde agosto del 2011 hasta marzo del 2012 el consumo aumenta notoriamente, ya que se estima un alza de alrededor de 70 [m³/h]. Sin embargo en el mes de abril ocurre una baja, ya que comparando marzo y abril del 2012 se observa un descenso del consumo de agua de alrededor de 60 [m³/h].

Con respecto a la comparación entre los meses enero a abril de los años 2011 y 2012, se observa un aumento promedio en el consumo de agua cercano a 60 [m³/h].

En el agua adicionada a la cuba, no se observan aumentos notorios durante los primeros meses del año 2011, sin embargo, al pasar desde el mes de octubre a noviembre, ocurre una fuerte alza en el consumo de agua, que alcanza a 75 [m³/h], desde ahí hasta la fecha se mantiene en aumento.

Al comparar entre los meses enero a abril de los años 2011 y 2012, se observa un aumento promedio en el consumo de agua de 85 [m³/h].

Al realizar una comparación global del consumo de agua al SAG desde enero - abril del 2011 a enero - abril del 2012, éste ha aumentado aproximadamente en 77 [m³/h].

Estos aumentos, pueden tener diferentes motivos, tal vez provocados por cambios operacionales, por lo que se determinó mensualmente la alimentación de mineral al molino y el porcentaje de sólidos. Al dividir el agua total en [m³/h] que se presentó en la tabla 4.1, por las toneladas mensuales de alimentación se calcula el consumo específico mensual en [m³/h].

En la tabla 4.2 se presentan los indicadores operacionales de la molienda SAG.

Mes	Alimentación [tph]	C. Específico [m³/h]	Porcentaje de sólidos %
Enero	781,91	0,65	79,27
Febrero	686,76	0,76	79,23
Marzo	661,76	0,72	80,70
Abril	781,94	0,73	81,13
Mayo	744,00	0,74	82,29
Junio	718,42	0,77	82,30
Julio	765,18	0,73	80,93
Agosto	745,67	0,69	78,50
Septiembre	764,70	0,75	76,33
Octubre	747,05	0,73	77,34
Noviembre	830,16	0,78	76,64
Diciembre	768,87	0,92	75,86
Enero 2012	760,98	0,91	75,32
Febrero 2012	698,33	0,84	71,19
Marzo 2012	704,03	0,91	73,66
Abril 2012	564,39	0,82	79,87
Promedio	732,76	0,78	78,16

Tabla 4.2: Indicadores operacionales molienda SAG

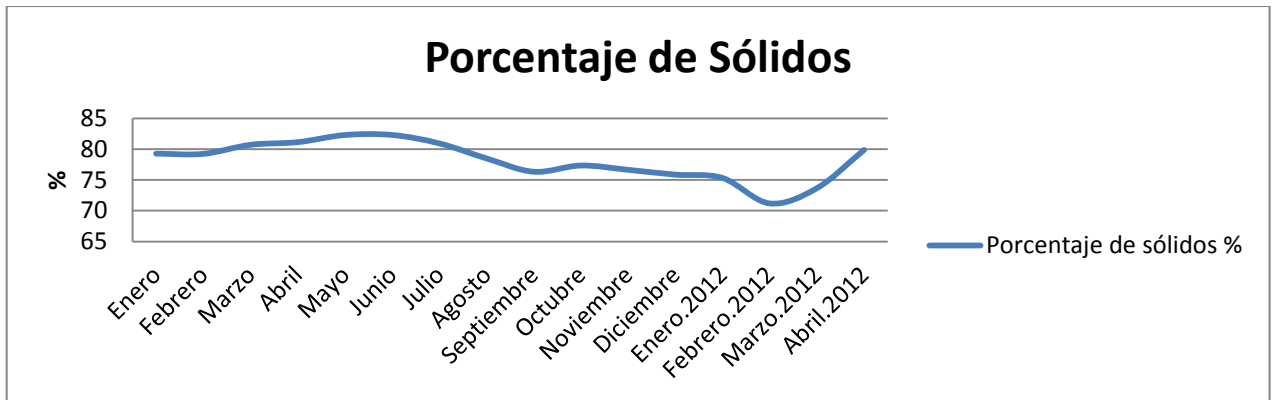


Gráfico 4.2: Porcentaje de sólidos molienda SAG

En el Gráfico 4.2 se puede observar que el porcentaje de sólidos al SAG, es relativamente constante promediando un 78%, pero entre los meses de enero y febrero del 2012 sufre una disminución que alcanza 71 y 74 % respectivamente, lo cual explica el aumento en el consumo de agua asociada al porcentaje de sólido en la alimentación, ya que si disminuye el porcentaje de sólidos significa que existe una mayor cantidad de agua, o bien se está tratando menos tonelaje utilizando la misma cantidad de agua.

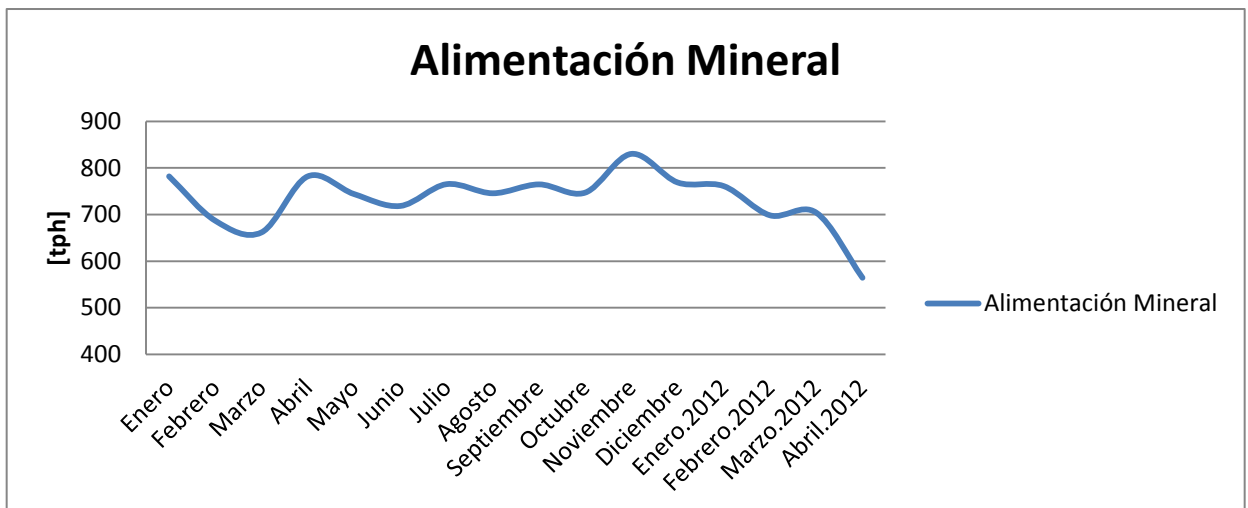


Gráfico 4.3: Alimentación de mineral molienda SAG

Al observar el Gráfico 4.3 de alimentación de mineral al SAG, se aprecia que el tratamiento se mantiene relativamente constante procesando alrededor de 740 [t/h], sin embargo en abril 2012 tiende a la baja con 565 [t/h].

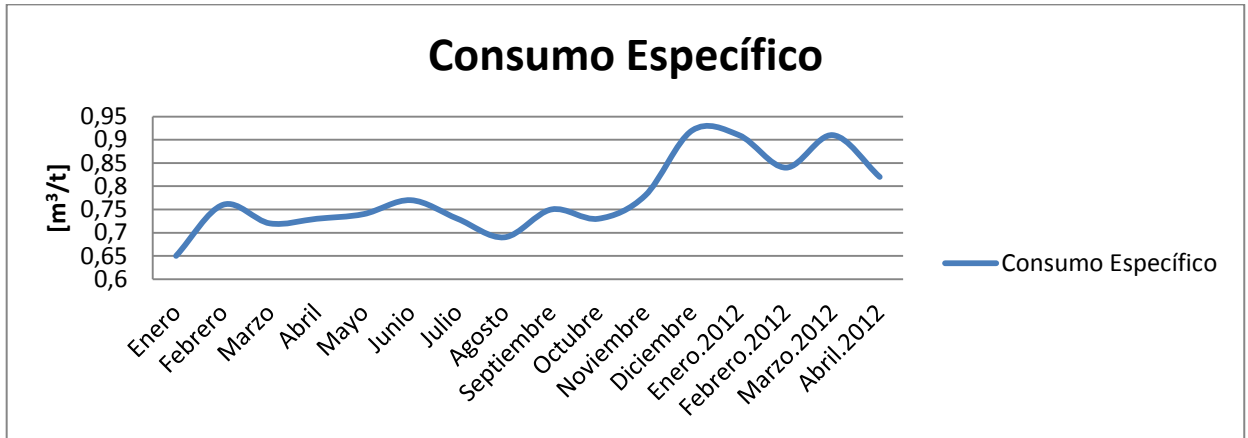


Gráfico 4.4: Consumo Específico molienda SAG

En el Gráfico 4.4 se muestra un gran aumento desde el mes de noviembre del 2011 hasta marzo del 2012, es decir, que la razón agua/mineral ha aumentado, lo que significa que se está gastando más agua para tratar una tonelada de mineral, lo cual coincide con la tendencia del agua total utilizada en el molino SAG.

4.2. Molienda Convencional

Esta molienda consta de cuatro secciones, de las cuales se determinaron los consumos de agua de alimentación, cubas e hidrociclones. Cabe señalar que sólo la sección 1 cuenta con datos de agua en hidrociclones, ya que para las secciones 2, 3 y 4 no se pudo extraer información.

En la Tabla 4.3 se presentan los consumos de agua de la sección 1.

	Alimentación [m ³ /h]	Cuba [m ³ /h]	Hidrociclón A [m ³ /h]	Hidrociclón B [m ³ /h]	Hidrociclón C [m ³ /h]	Total [m ³ /h]
Enero	21,03	6,70	25,65	6,18	13,45	73,01
Febrero	26,01	17,82	25,80	5,59	12,55	87,77
Marzo	26,55	17,07	25,70	9,73	22,11	101,16
Abril	25,24	24,92	25,44	6,09	15,61	97,30
Mayo	25,15	18,77	25,85	6,43	14,48	90,68
Junio	30,49	19,42	25,92	6,66	19,57	102,06
Julio	32,41	36,91	25,66	6,22	23,44	124,64
Agosto	33,46	34,89	25,73	6,05	21,11	121,24
Septiembre	27,82	34,24	25,58	6,83	25,86	120,33
Octubre	29,91	39,21	25,54	4,87	8,34	81,87
Noviembre	22,75	35,99	25,68	4,46	4,71	93,59
Diciembre	34,04	38,87	25,41	4,83	12,28	115,43
Enero 2012	30,15	47,70	25,68	4,15	7,77	115,45
Febrero 2012	26,25	23,22	25,97	4,93	8,41	88,78
Marzo 2012	33,42	28,44	25,63	5,94	11,02	104,45
Abril 2012	32,23	58,49	25,52	5,83	20,68	142,75
Promedio	28,56	30,17	25,67	5,92	15,09	105,41

Tabla 4.3: Consumo de agua Sección 1

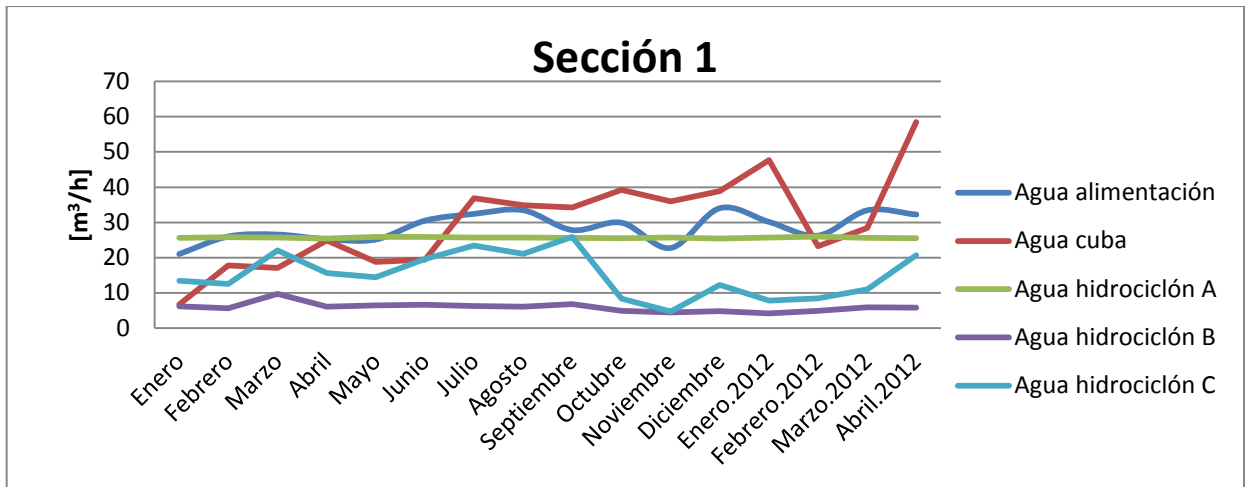


Gráfico 4.5: Consumo de agua Sección 1

En el Gráfico 4.5 se aprecia que en la sección 1 el agua de alimentación tiende a aumentar, y su máximo valor se alcanza en el mes de diciembre del 2011. En comparación con los meses enero a abril 2011 y enero a abril 2012, se visualiza un aumento, apreciando notoriamente un alza cercana a los 6 [m³/h].

El agua de la cuba, ha aumentado considerablemente, llegando a un valor máximo de 58,49 [m³/h] en abril del 2012, que en comparación con el año anterior aumentó en 34 [m³/h].

Con respecto al agua de los hidrociclones, el primero (A) no tiende a variar, ya que se mantiene en 25 [m³/h], el segundo (B), varía entre 4 y 6 [m³/h], el tercero (C), es más variable, pero al realizar la comparación entre los meses de enero a abril del 2011 y enero a abril 2012, queda claro que la tendencia de los hidrociclones B y C es a la baja, ya que en el hidrociclón B en promedio se disminuyen 1,7 [m³/h], en cuanto al hidrociclón C, su disminución promedio en el consumo de agua es de 4 [m³/h].

En la Tabla 4.4 se presentan los consumos de agua de la sección 2.

	Alimentación [m ³ /h]	Cuba [m ³ /h]	Total [m ³ /h]
Enero	24,26	0,08	24,34
Febrero	19,21	0,02	19,23
Marzo	19,05	0,03	19,08
Abril	20,49	0,04	20,53
Mayo	19,04	0,09	19,13
Junio	25,07	0,45	25,52
Julio	24,61	1,67	26,28
Agosto	25,75	0,77	26,52
Septiembre	21,19	3,43	24,62
Octubre	27,01	6,11	33,12
Noviembre	31,28	6,45	37,73
Diciembre	27,94	5,83	33,77
Enero 2012	25,52	5,30	30,82
Febrero 2012	30,41	6,43	36,84
Marzo 2012	28,06	6,62	34,68
Abril 2012	23,98	6,01	29,99
Promedio	24,55	3,08	27,63

Tabla 4.4: Consumo de agua Sección 2

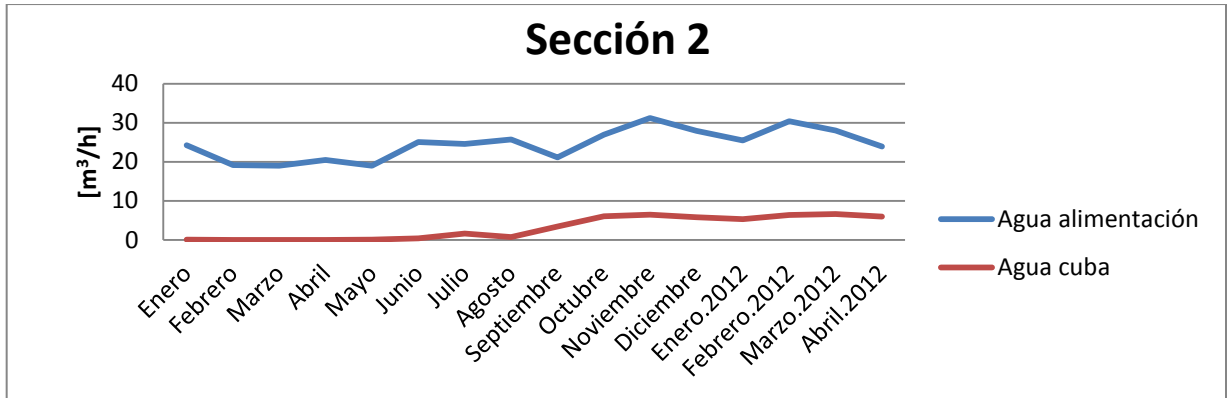


Gráfico 4.6: Consumo de agua Sección 2

En el Gráfico 4.6 se aprecia que en la sección 2 el agua de alimentación tiende a aumentar, y su máximo valor se alcanza en el mes de noviembre del 2011. En comparación con los meses enero a abril 2011 y enero a abril 2012, se visualiza un aumento, que en promedio alcanza los 6 [m³/h].

El agua de la cuba, ha aumentado considerablemente llegando a un valor máximo de 6,62 [m³/h] en marzo del 2012, que en comparación con el año anterior aumentó en 6 [m³/h], cabe señalar que hasta el mes de agosto, su consumo era casi nulo, pero desde septiembre a la fecha, se han notado grandes alzas del orden de los 6 [m³/h].

En la Tabla 4.5 se presentan los consumos de agua de la sección 3.

	Alimentación [m ³ /h]	Cuba [m ³ /h]	Total [m ³ /h]
Enero	29,88	13,81	43,69
Febrero	29,55	10,11	39,66
Marzo	26,59	9,77	36,36
Abril	30,01	6,75	36,76
Mayo	27,21	9,60	36,81
Junio	34,10	17,04	51,14
Julio	33,69	19,87	53,56
Agosto	35,72	14,66	50,38
Septiembre	34,10	19,11	53,21
Octubre	34,66	17,88	52,54
Noviembre	36,33	14,83	51,16
Diciembre	37,09	15,72	52,81
Enero 2012	35,32	21,50	56,82
Febrero 2012	36,04	15,65	51,69
Marzo 2012	37,20	17,05	54,25
Abril 2012	34,92	16,65	51,57
Promedio	33,28	15,00	48,28

Tabla 4.5: Consumo de agua Sección 3

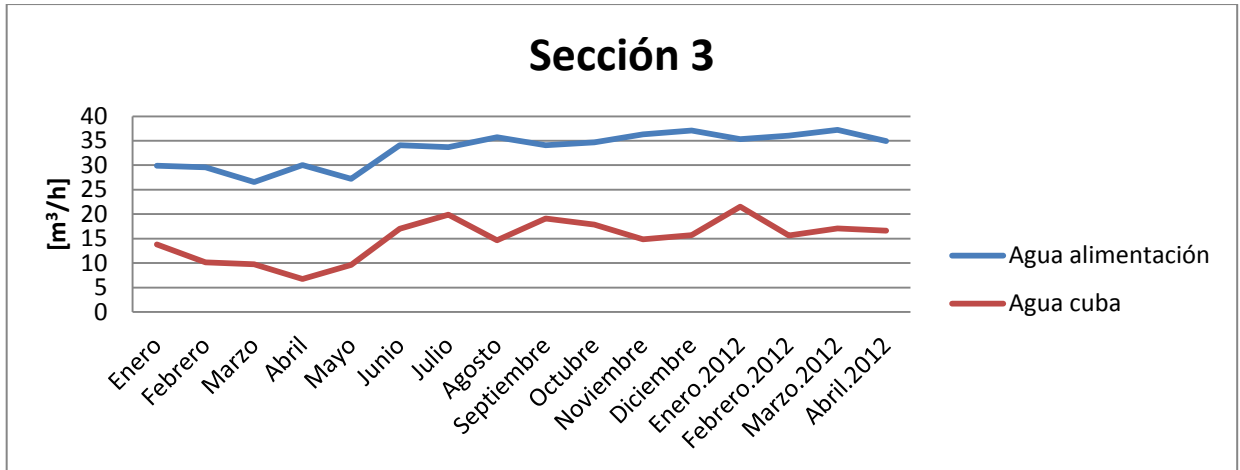


Gráfico 4.7: Consumo de agua Sección 3

En el Gráfico 4.7 se observa que en la sección 3 el agua de alimentación tiende a aumentar, y su máximo valor se alcanza en el mes de marzo del 2012. En comparación con los meses enero a abril 2011 y enero a abril 2012, se visualiza un aumento, que en promedio alcanza los 7 [m³/h].

El agua de la Cuba, tiende a aumentar llegando a un valor máximo de 21,50 [m³/h] en enero del 2012. Comparando los meses enero a abril 2011 y enero a abril 2012, se obtiene un aumento de 7 [m³/h].

En la Tabla 4.6 se presentan los consumos de agua de la sección 4

	Alimentación [m ³ /h]	Cuba [m ³ /h]	Total [m ³ /h]
Enero	22,78	11,04	33,82
Febrero	20,95	11,68	32,63
Marzo	20,30	14,56	34,86
Abril	20,81	9,81	30,62
Mayo	21,78	14,62	36,40
Junio	18,02	25,97	43,99
Julio	17,00	32,57	49,57
Agosto	22,92	26,06	48,98
Septiembre	25,10	21,61	46,71
Octubre	25,46	24,47	49,93
Noviembre	26,34	22,84	49,18
Diciembre	28,65	35,17	63,82
Enero 2012	26,85	30,18	57,03
Febrero 2012	23,84	31,37	55,21
Marzo 2012	24,25	22,53	46,78
Abril 2012	25,17	32,31	57,48
Promedio	23,14	22,92	46,06

Tabla 4.6: Consumo de agua Sección 4

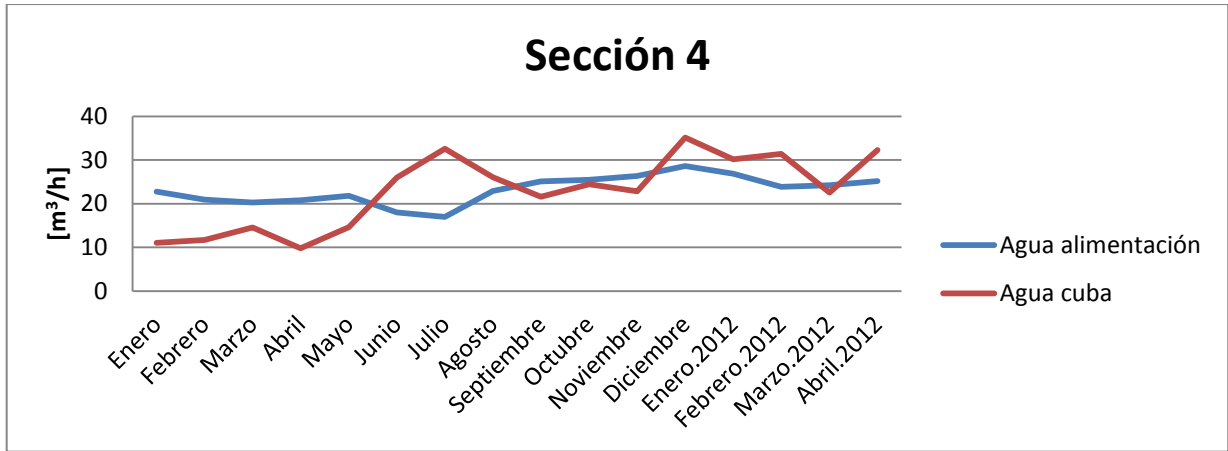


Gráfico 4.8: Consumo de agua Sección 4

En el Gráfico 4.8 se observa que en la sección 4 el agua de alimentación tiende a un leve aumento, su máximo valor se alcanza en el mes de diciembre del 2011. En comparación con los meses enero a abril 2011 y enero a abril 2012, se visualiza un aumento cercano a los 4 [m³/h].

El agua de la cuba, tiende a aumentar llegando a un valor máximo de 35,17 [m³/h] en diciembre del 2012. Comparando los meses enero a abril 2011 y enero a abril 2012, se obtiene un aumento de 17 [m³/h].

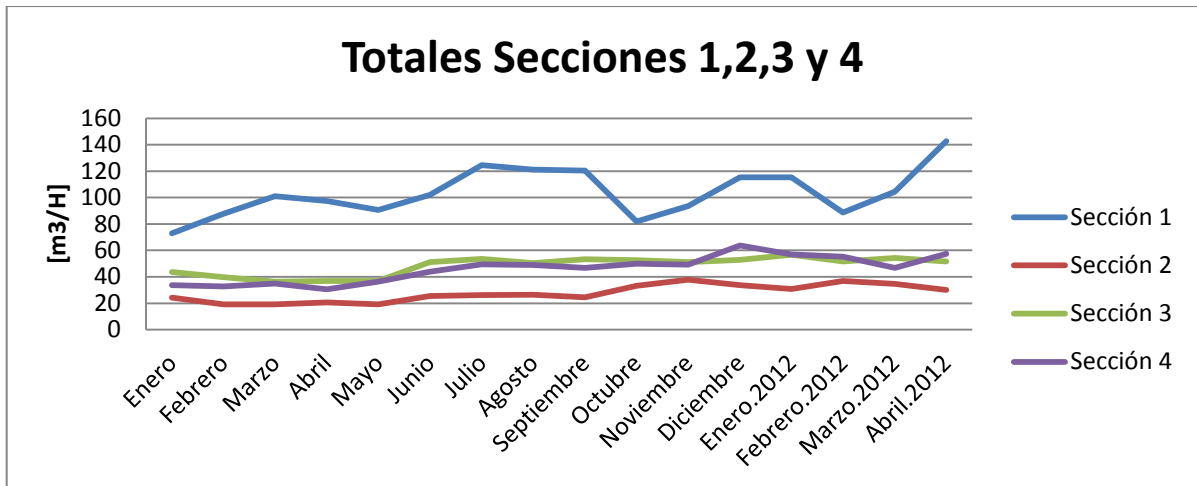


Gráfico 4.9: Consumo Total Secciones 1,2,3 y 4

En el Gráfico 4.9 se aprecian los consumos de agua de las 4 secciones de la molienda convencional. De acuerdo a los datos obtenidos, se infiere que la sección 1 es la que tiene un mayor consumo sostenido de agua, alcanzando 142 [m³/h] en abril 2012.

Las secciones 2, 3 y 4 también experimentan aumentos en sus consumos, obteniendo sus mayores valores correspondientes a 38 [m³/h] (noviembre 2011), 57 [m³/h] (enero 2012) y 64 [m³/h] (diciembre 2011), respectivamente.

Finalmente, se concluye que a partir de los datos obtenidos, se puede apreciar que efectivamente existe un aumento en el consumo de agua, tanto en la Molienda SAG, como en la Convencional.

En la molienda Convencional, su principal aumento se ve reflejado en la sección 1, y en la molienda SAG, el consumo específico se vuelve cada vez mayor, por lo que es necesario tomar medidas de ahorro del recurso hídrico en la empresa.

CAPÍTULO V

5. LEVANTAMIENTO DE FLUJÓMETROS AGUA FRESCA, PLANTA DE SULFUROS Y TRANQUE

Para realizar el balance de agua de la planta, primeramente fue necesario determinar los puntos en donde se necesita instrumento de medición. A continuación se realiza una descripción de la distribución de agua con sus respectivos diagramas, indicando los flujómetros actuales y los nuevos que son recomendados.

Posteriormente, en las Tablas 5.1 y 5.2 se aprecia el resumen de los flujómetros, se asocia un nombre referencial junto con detallar su ubicación. En el Anexo 6 y 7 se adjuntan unas fotografías en donde se presenta una fotografía actual en el caso de instrumentos existentes y una fotografía del lugar tentativo de instalación en el caso de los flujómetros propuestos.

SUMINISTRO DE AGUA FRESCA

AngloAmerican Chile - División El Soldado

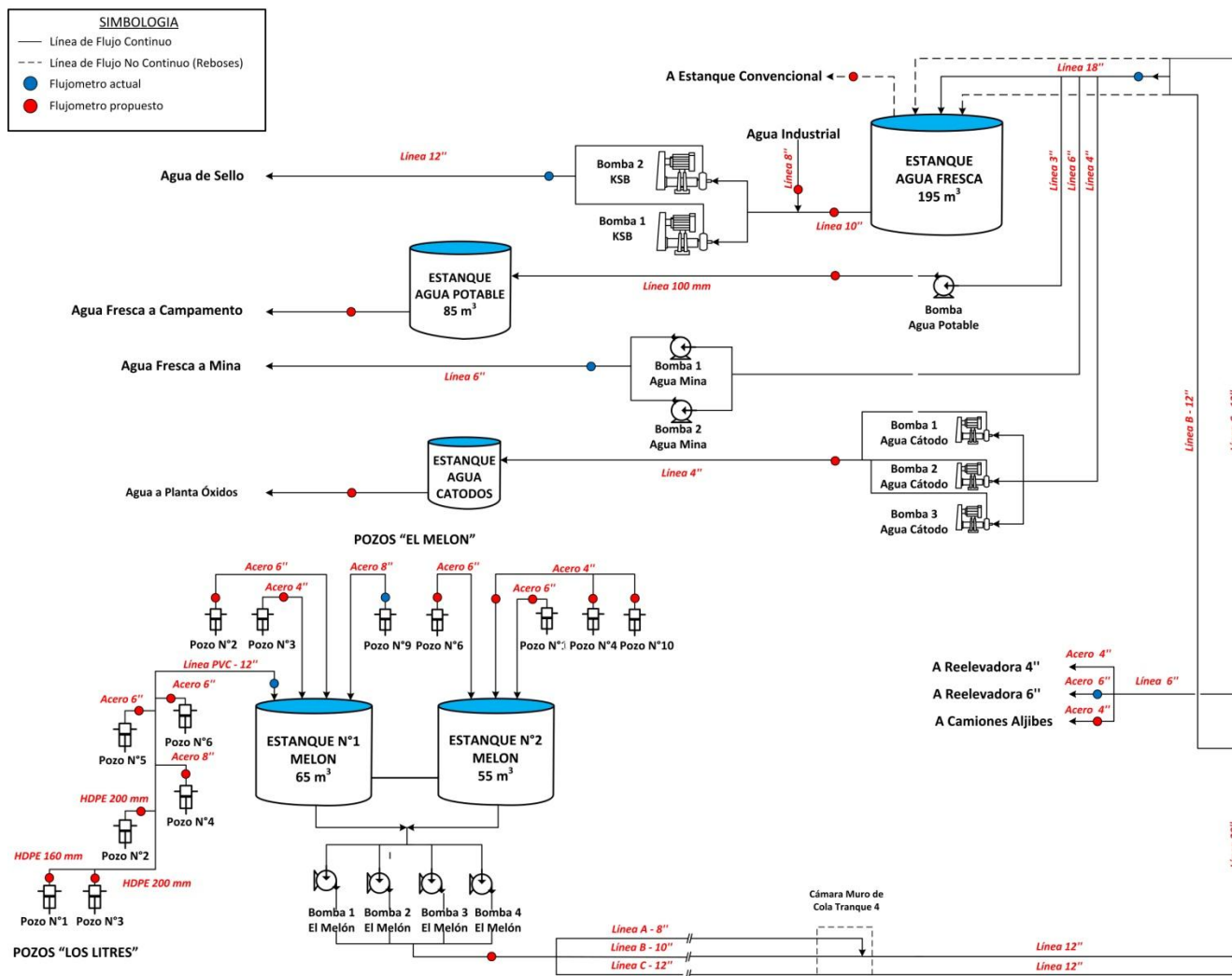


Figura 5.1: Flowsheet Distribución de agua Fresca

5.1. Descripción de la Línea de Distribución de Agua Fresca

En la Figura 5.1 se aprecia la distribución de agua fresca, tal como se mencionó en el capítulo 1, ésta es suministrada por 13 pozos distribuidos en el sector de Los Litres y El Melón. Los Litres cuenta con seis pozos que envían agua a través de una línea de PVC de 12'' hacia el Estanque N°1 de la Estación El Melón. A su vez, el sector El Melón cuenta con siete pozos, de los cuales tres descargan en el Estanque N°1 y cuatro lo hacen en el Estanque N°2.

La Estación El Melón cuenta con dos estanques, uno de 65 [m³] y otro de 55 [m³] unidos mediante un vaso comunicante. Para la impulsión hacia la Planta, se utilizan cuatro bombas centrífugas (tres en operación y una stand-by) que descargan en tres líneas de acero de 8'' (Línea A), 10'' (Línea B) y 12'' (Línea C) respectivamente. Al llegar a la Cámara de Muro de Cola del Tranque N°4 estas tuberías se reducen a dos líneas de 12'' que posteriormente convergen en una única línea de 20''.

Al llegar a la zona de la Estación de Servicio la línea de 20'' se convierte en dos líneas de 12'' (Líneas B y C). De la Línea C (el comienzo de la Línea C es una sección de 20'') existe un arranque que distribuye agua a un manifold que a su vez descarga Agua Fresca a los camiones aljibes y a la Estación Re-elevadora. El flujo hacia la estación está inactivo pero siguen existiendo dos líneas antiguas de 4'' y 6''.

Al llegar al sector de Carga de Reactivos (en la Planta de Sulfuros), por medio de una reducción en "Y" las líneas de 12'' convergen en una línea de 18'' que alimenta al Estanque de Agua Fresca. Antes de llegar al estanque existen 3 arranques a la línea de 18'' que envían fluido a otros puntos de la división.

Por medio de una bomba de 15 [Hp] se envía Agua Fresca al estanque de Agua Potable que provee de agua al Campamento. Utilizando dos bombas se envía agua hacia la Mina y finalmente por medio de tres bombas centrífugas se envía fluido al Estanque de Agua Cátodos que suministra agua a la Planta de Óxidos.

En el Estanque de Agua Fresca existe una descarga hacia dos Bombas KSB que suministran Agua de Sello a la Planta. Finalmente, el rebose del estanque alimenta con Agua Fresca al Estanque Convencional donde se combina con el Agua Industrial.

5.1.1 Análisis de Medidores de Flujo por Etapas.

A continuación se realiza un análisis de las tres principales etapas del suministro de Agua Fresca. Primero, se expone un diagrama simplificado de la etapa (círculo celeste para Flujómetro a reutilizar, círculos azules para Flujómetros actuales y círculos rojos para Flujómetros recomendados), posteriormente se describe la situación actual de los medidores de flujo y finalmente se entregan las recomendaciones correspondientes que permitan cuantificar de manera precisa el consumo de Agua Fresca en la división.

En la Figura 5.2 se presenta el flowsheet de la distribución de agua fresca de la Estación El Melón.

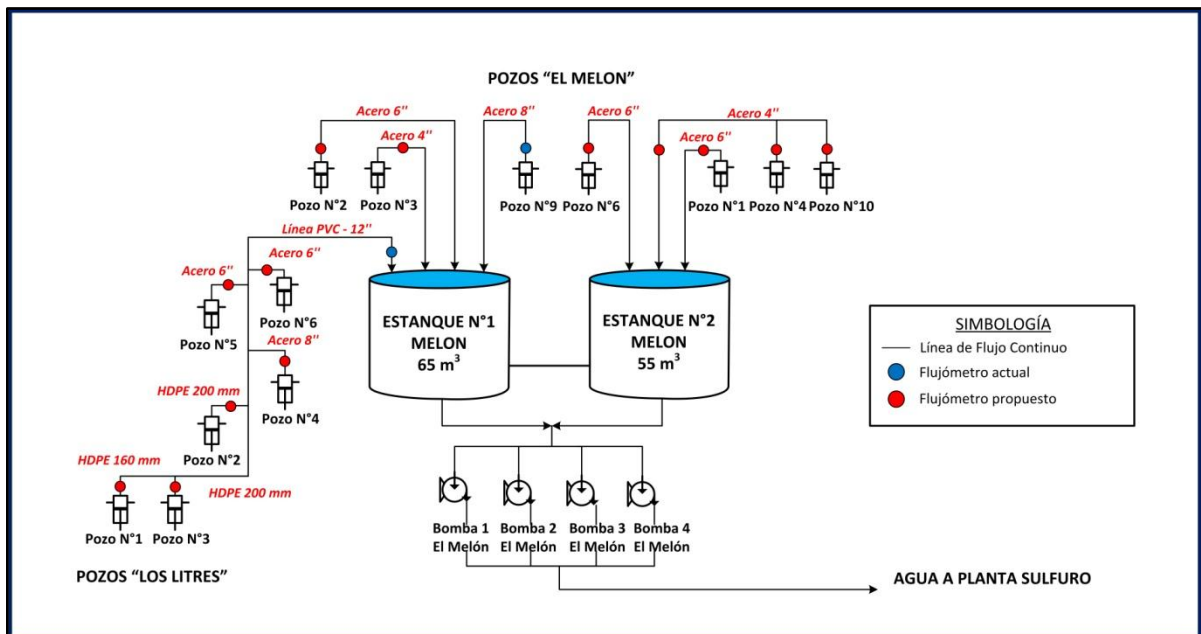


Figura 5.2: Flowsheet Distribución de agua Fresca Estación El Melón

- **Situación actual:** Los pozos Los Litres descargan Agua Fresca en el Estanque N°1 de la Estación El Melón, a través de una línea de PVC de 12". Actualmente esta tubería cuenta con un flujómetro instalado y operativo. Sin embargo, el flujo retirado de cada pozo no es cuantificable, ya que las líneas de descarga individual, de cada uno de ellos, no cuentan con instrumento de medición.

En relación a los pozos El Melón, la descarga del pozo 9 es la única que cuenta con un flujómetro instalado y operativo, los pozos 2 y 3 no cuentan con medidores de flujo. De la misma forma, los pozos 1, 4, 6 y 10 que alimentan el Estanque N°2 no cuenta con Flujómetros.

- **Situación recomendada:** Instalar Flujómetros en la descarga de los pozos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 de Los Litres e instalar Flujómetros en la descarga de los pozos 1, 2, 3, 4, 6 y 10 de El Melón.

En la Figura 5.3 se presenta la distribución de agua fresca en los estanque de la planta.

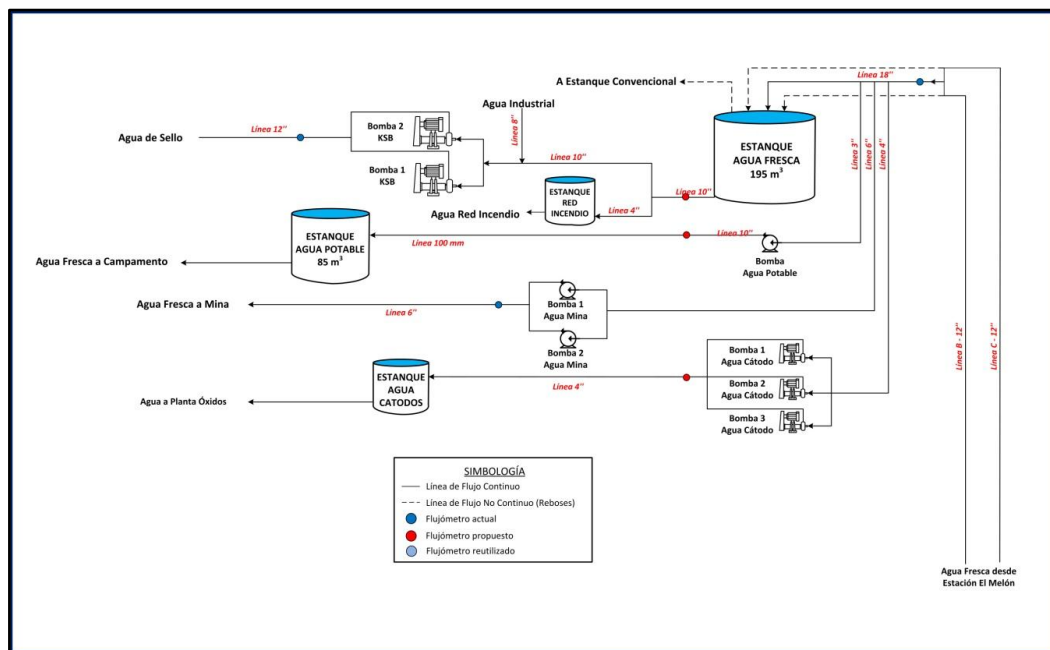


Figura 5.3: Flowsheet Distribución de agua Fresca en los Estanques

- Situación actual:** Las líneas B y C de 12” provenientes desde la Estación El Melón, alimentan de Agua Fresca a la Planta. Al llegar al sector de carga de reactivos, ambas líneas se juntan en una tubería de 18” que cuenta con un flujómetro operativo. Posterior al instrumento, existen tres arranques que proveen de Agua Fresca al Campamento, a la Mina y a la Planta de Óxidos (la descarga hacia la Mina cuenta con flujómetro operativo, para el agua a óxidos existe un flujómetro que no se encuentra en línea). Por otra parte, desde el Estanque de Agua Fresca se alimentan dos bombas KSB que envían el Agua de Sello hacia la Planta. Existe un medidor de flujo a la descarga de dichas bombas, sin embargo no es posible cuantificar el aporte de cada tipo de agua.

A su vez, el Estanque de Agua Fresca, abastece a la Red de Incendio, ésta no cuenta con flujómetro, por lo cual se sugiere instalar uno a la entrada del estanque en la cañería de 4”, para así conocer con certeza el flujo que es enviado a ese destino.

- Situación recomendada:** Instalar flujómetro en la línea que va hacia el Campamento. En relación al Agua de Sello, instalar flujómetro en la tubería de Agua Fresca y determinar el consumo de Agua Industrial por medio de un balance.

En la Figura 5.4 se presenta la distribución de agua de las líneas de agua fresca.

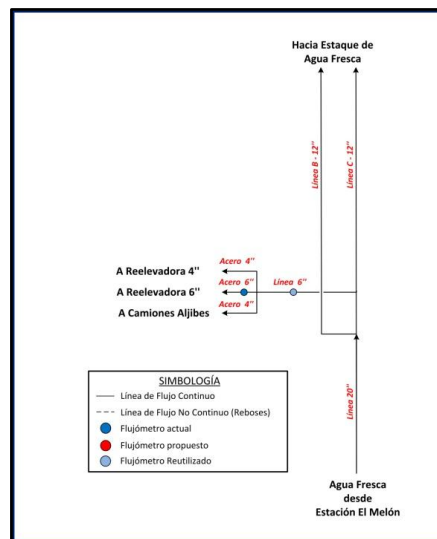


Figura 5.4: Flowsheet Distribución líneas de agua Fresca

- **Situación actual:** A la altura de las instalaciones de la empresa Pullman Bus, existe un arranque de 12'' desde la sección de 20'' de la Línea C (proveniente desde la Estación El Melón), este arranque a su vez descarga en tres líneas más pequeñas. Dos de éstas tuberías (de 4'' y 6'') descargan en la sentina de la Estación Re-elevadora (se encuentran inoperativas) mientras que la tercera alimenta a los camiones aljibes (4'').

Situación recomendada: Cambiar de ubicación el flujómetro instalando en la línea de 6'' a la línea matriz de 6'' y así se podrá reutilizar el medidor de flujo existente que no se encuentra en operación. Debido a la inactividad de las tuberías que descargan en la Estación Re-elevadora y a la frecuencia relativa de la carga de camiones aljibes, en ésta ubicación se le dará un mayor uso.

En la Tabla 5.1 se presenta un resumen de los flujómetros (existentes y propuestos). Se asocia un nombre referencial junto con detallar su ubicación, además se especifica el material y diámetro de cañería donde se instalarán los instrumentos.

N°	Medidor	Ubicación	Diámetro	Situación
1	Pozo01.LosLitres	Descarga bomba de Pozo N°1 Los Litres	Acero 6 ''	A Instalar
2	Pozo02.LosLitres	Descarga bomba de Pozo N°2 Los Litres	Acero 6 ''	A Instalar
3	Pozo03.LosLitres	Descarga bomba de Pozo N°3 Los Litres	Acero 6 ''	A Instalar
4	Pozo04.LosLitres	Descarga bomba de Pozo N°4 Los Litres	Acero 6 ''	A Instalar
5	Pozo05.LosLitres	Descarga bomba de Pozo N°5 Los Litres	Acero 6 ''	A Instalar
6	Pozo06.LosLitres	Descarga bomba de Pozo N°6 Los Litres	Acero 6 ''	A Instalar
7	Pozos.LosLitres	Alimentación EstanqueN°1 desde Los Litres	PVC 12''	Instalado
8	Pozo01.Melon	Descarga bomba de Pozo N°1 Melón	Acero 4 ''	A Instalar
9	Pozo02.Melon	Descarga bomba de Pozo N°2 Melón	Acero 4 ''	A Instalar
10	Pozo03.Melon	Descarga bomba de Pozo N°3 Melón	Acero 3 ''	A Instalar
11	Pozo04.Melon	Descarga bomba de Pozo N°4 Melón	Acero 4 ''	A Instalar
12	Pozo06.Melon	Descarga bomba de Pozo N°6 Melón	Acero 4 ''	A Instalar
13	Pozo09.Melon	Descarga Pozo N°9 Melón en EstanqueN°1	Acero 6 ''	Instalado
14	Pozo10.Melon	Descarga bomba de Pozo N°10 Melón	Acero 4 ''	A Instalar
15	Agua.Consumo	Línea alimentación Estanque Agua Potable	Acero 4 ''	A Instalar
16	Agua.Mina	Línea alimentación bombas Agua Mina	Acero 6 ''	Instalado
17	Agua.Sello	Agua Sello desde descarga bombas KSB	Acero 12 ''	Instalado
18	Agua fresca.Sello	Línea Agua Fresca a bombas KSB	Acero 10 ''	A Instalar
19	Agua fresca.matriz6	Línea Agua Fresca Matriz 6'' (reutilización)	Acero 6 ''	A Instalar
20	Agua.Reelevadora6	Línea hacia sentina Estación Reelevadora	Acero 6 ''	Instalado

Tabla 5.1: Resumen de flujómetros de agua Fresca

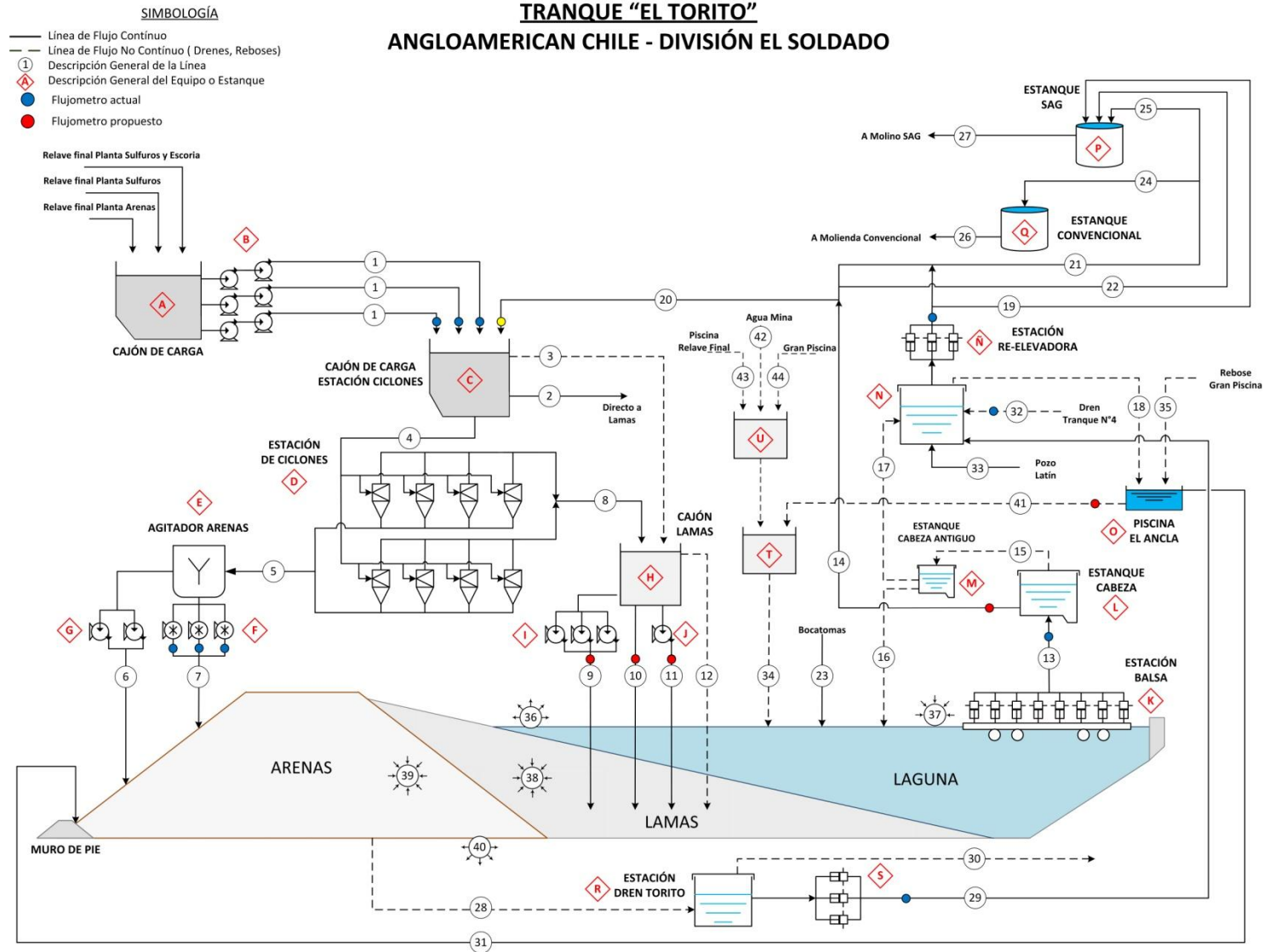


Figura 5.5: Flowsheet Distribución líneas de agua Tranque El Torito

5.2 Análisis de medidores de flujo por etapa Tranque el Torito

La descripción de las líneas del Tranque El Torito, se detallan en el Capítulo III, específicamente en el punto 3.1.4. En la Figura 5.5 de la página 70, se presentan los flujómetros del tranque. A continuación se realiza un análisis por proceso, donde se muestra un diagrama que incorpora la instrumentación (azul para los medidores instalados y operativos, rojo para los medidores recomendados y amarillo para los flujómetros instalados pero no operativos).

En la Figura 5.6 se presenta la etapa del Agitador de Arenas

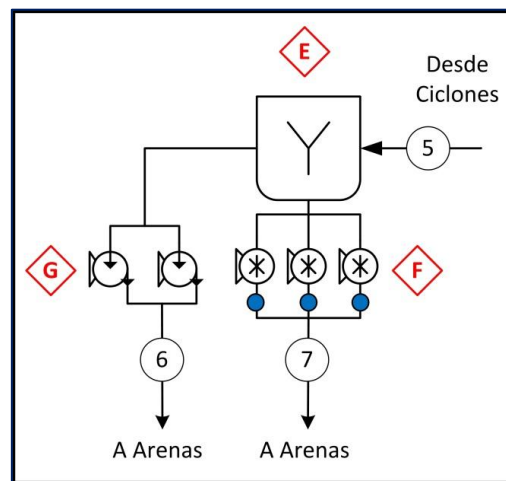


Figura 5.6: Flowsheet Distribución de agua y relave en Agitador de Arenas

- **Situación actual:** La línea de descarga de cada bomba Wirth cuenta con un flujómetro instalado y operativo (7), sin embargo el sistema alternativo compuesto por bombas Ash (6) no cuenta con instrumentos de medición.
- **Situación recomendada:** No instalar flujómetros. Al ser un sistema alternativo, la instalación de flujómetros en la descarga de las bombas Ash no es indispensable.

En la Figura 5.7 se presenta la etapa en el Cajón Lamas

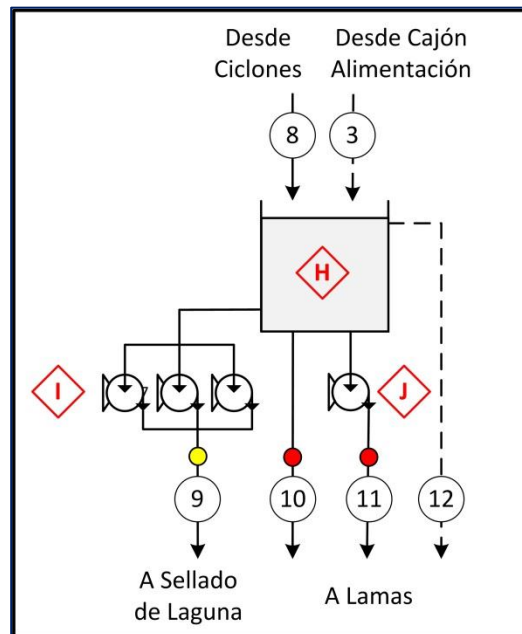


Figura 5.7: Flowsheet Distribución de agua y relave en Cajón Lamas

- **Situación actual:** La línea de Sellado de Laguna (9) se encuentra con flujómetro instalado pero actualmente no está operativo. Las líneas de overflow de Alimentación al Cajón Lamas (8), Lamas Corta (10), Lamas Larga (11), Rebose del Cajón de Lamas (12) y Rebose Cajón de Carga (3) no cuentan con flujómetro.
- **Situación recomendada:** Instalar flujómetro de línea de Sellado de Laguna, ya que el existente se encuentra obsoleto, además instalar flujómetro en Lamas Corta y Lamas Larga. Los flujos de los reboses no son indispensables, pueden medirse usando medidor de flujo portátil.

En la Figura 5.8 se presenta la etapa de la Estación de Hidrociclones.

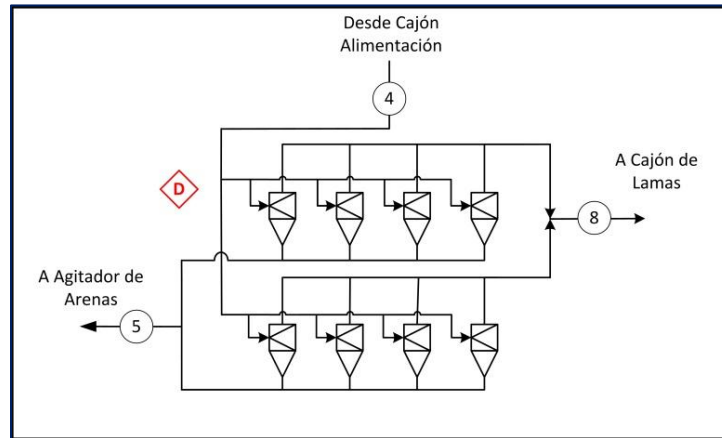


Figura 5.8: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estación de Hidrociclones

- **Situación actual:** La línea de Alimentación a Hidrociclones (4), el overflow (8) y el underflow (5) no cuentan con medidor de flujo.
- **Situación recomendada:** No debe instalarse ningún flujómetro. Tanto el overflow como el underflow pueden ser calculados.

En la Figura 5.9 se presenta la etapa en el Cajón de Carga.

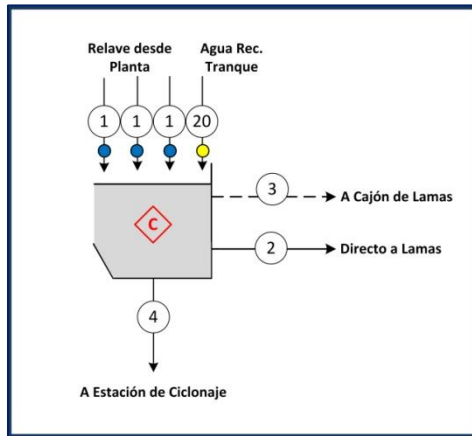


Figura 5.9: Flowsheet Distribución de agua y relave en Cajón de Carga

- **Situación actual:** Las líneas de Relave (1.A, 1.B y 1.C) están implementadas con flujómetro operativo. La línea de Recirculación al Tranque cuenta con medidor de flujo instalado pero no está operativo. Las líneas de Alimentación a Hidrociclones (4), Descarga Directa a Lamas (2) y Rebose del Cajón de Carga (3) no cuentan con flujómetro.
- **Situación recomendada:** Reparar flujómetro de línea de Recirculación al Tranque. El flujo del rebose no es indispensable, puede medirse usando medidor de flujo portátil.

En la Figura 5.10 se presenta la etapa del Estanque Cabeza.

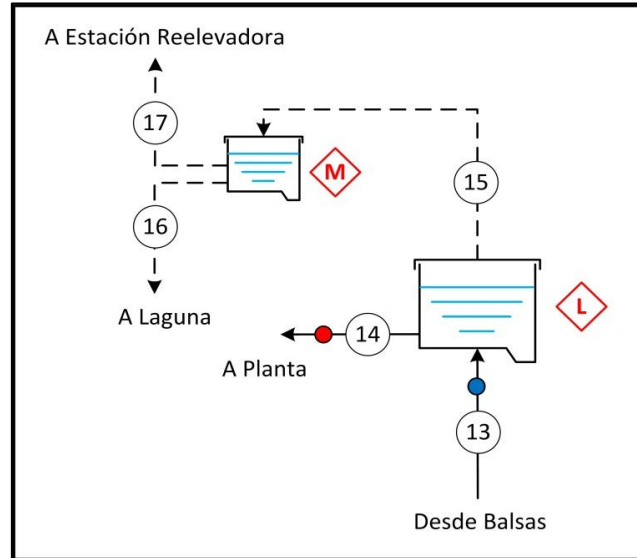


Figura 5.10: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estanque Cabeza

- **Situación actual:** La línea de Alimentación al Estanque de Traspaso (13) se encuentra con flujómetro instalado y operativo. Las líneas de Descarga (14) y Rebose del Estanque de Cabeza (15) no tiene flujómetro. El Estanque de Cabeza Antiguo no se encuentra instrumentado.
- **Situación recomendada:** El flujo del rebose no es indispensable, puede medirse usando medidor de flujo portátil. Sin embargo, por motivos de operación es útil saber cuánto se está descargando hacia la Planta (que no necesariamente corresponde a lo que se está impulsando desde las Balsas) por lo que se recomienda instalar un flujómetro a la descarga del Estanque de Cabeza.

En la Figura 5.11 se presenta la etapa de la Estación Re-elevadora.

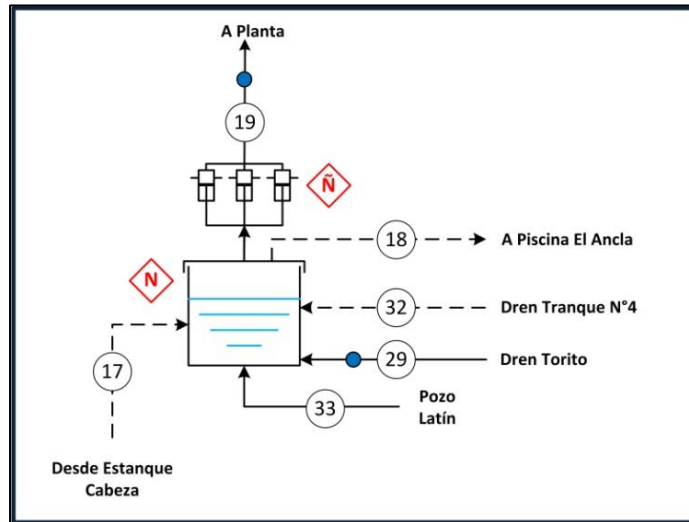


Figura 5.11: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estación Re-elevadora

- **Situación actual:** La línea desde Dren Torito (29) y Descarga hacia la Planta de Sulfuros (19) se encuentra con flujómetro operativo. Las líneas provenientes desde el Dren Tranque 4 (32) y Pozo Latín (33) junto con los Reboses de Estanque de Traspaso (17) y Sentina de la E. Re-elevadora (18) sin flujómetro.
- **Situación recomendada:** No instalar medidor de flujo en la línea del Dren Tranque 4, el aporte del Pozo Latín es relativamente constante y bajo por lo que es posible medirlo mediante baldimetría. El flujo del rebose no es indispensable, puede medirse usando medidor de flujo portátil.

En la Figura 5.12 se presenta la etapa de la Piscina El Ancla.

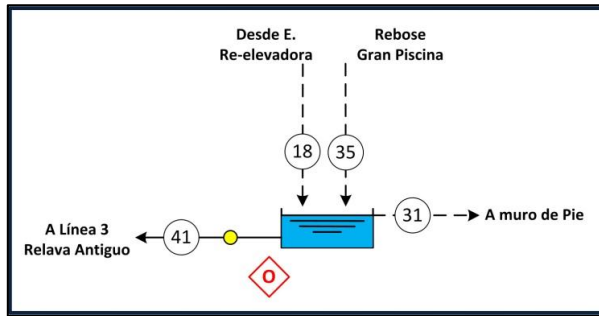


Figura 5.12: Flowsheet Distribución de agua y relave en Piscina El Ancla

- **Situación actual:** Las líneas de rebose provenientes desde la Estación Re-elevadora (18) y la Gran Piscina (35), al igual que el rebose de la Piscina El Ancla (31) no cuentan con flujómetro sin embargo la descarga de El Ancla (41) posee flujómetro pero no está operativo.
- **Situación recomendada:** Implementar el flujómetro a la descarga de la Piscina el Ancla. Los flujos del rebose no son indispensables, pueden medirse usando medidor de flujo portátil.

En la Figura 5.13 se presenta la etapa de la Estación Dren Torito

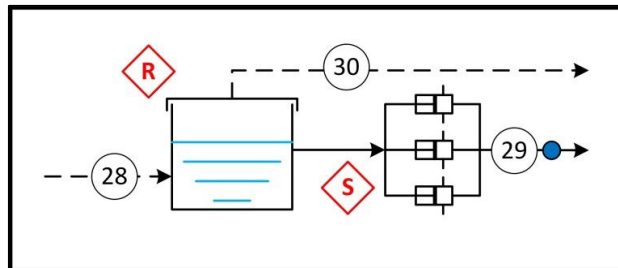


Figura 5.13: Flowsheet Distribución de agua y relave en Estación Dren Torito

- **Situación actual:** Sólo la descarga de la Sentina del Dren Torito hacia la Estación Re-elevadora (29) posee flujómetro instalado. El agua infiltrada y capturada (28), el rebose de la Sentina (30) no cuentan con flujómetro operativo.
- **Situación recomendada:** Sólo la descarga hacia la Estación Re-elevadora es relevante en esta etapa por lo que no se recomienda realizar ningún cambio.

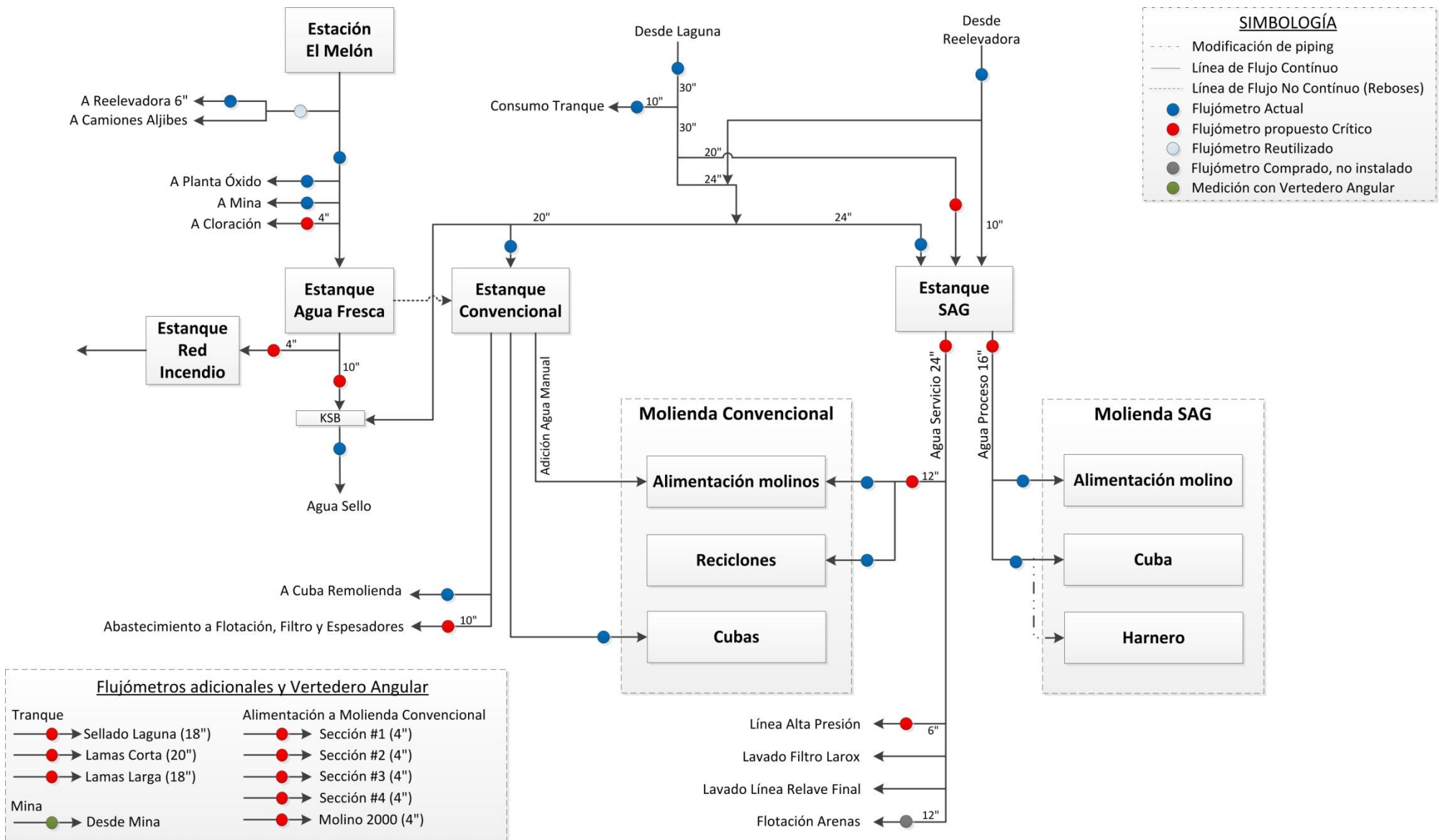


Figura 5.14: Flowsheet Distribución líneas de agua Planta de Sulfuros y Tranque El Torito

5.3. Descripción de la Línea de Distribución de Agua Fresca e Industrial y Análisis de medidores de Flujo

A continuación se realiza una descripción de las líneas involucradas en la distribución de Agua Fresca e Industrial, su diagrama se aprecia en la Figura 5.14, indicando los flujómetros actuales, reutilizado, comprado y propuestos críticos. Además se describe la situación actual de los medidores de flujo y se entregan recomendaciones sobre su instalación. Al mismo tiempo se realiza un análisis de los flujómetros, se describe su situación actual y se entregan las recomendaciones correspondientes que permitan cuantificar de manera precisa el consumo de agua en la División El Soldado.

Luego se presenta la Tabla 5.2 con los Medidores de Flujo Propuestos. En ésta se especifican el diámetro de cañería y el tipo de fluido que lleva la línea en donde se instalarán los flujómetros. Conjuntamente, en el Anexo 7 se observan las imágenes donde se presenta el lugar propuesto para la instalación de dichos flujómetros.

La Estación El Melón cuenta con una capacidad total de 120 [m³], ésta se abastece de Agua Fresca proveniente de 13 pozos distribuidos en dos sectores, Los Litres (seis pozos) y El Melón (siete pozos). Esta agua es enviada a la Planta de Sulfuros por medio de bombas centrífugas.

A la altura de las instalaciones de la empresa Pullman Bus, existe un arranque de 6" el que a su vez descarga en dos líneas, una de 6" y otra de 4". La primera línea descarga en la sentina de la Estación Re-elevadora, pero se encuentra inoperativa. Esta tubería cuenta con flujómetro. En cuanto a la línea de 4", esta alimenta a los camiones aljibes y no cuenta con medidor de flujo, por lo que se recomienda cambiar de ubicación el flujómetro instalado en la línea de 6" que va hacia la relevadora para así poder reutilizar ese flujómetro y colocarlo en el arranque de 6". Con este cambio se podrá obtener el flujo que va a los camiones aljibes y así en ésta ubicación se le dará un mejor uso.

Al llegar al sector de Carga de Reactivos (en la Planta de Sulfuros), se encuentra una reducción en “Y”, que por medio de una tubería de 18” ingresa el agua al estanque de Agua Fresca, el cual tiene una capacidad de 170 [m³]. Esta línea cuenta con un flujómetro instalado y operativo. Antes de llegar al estanque y posterior al instrumento, existen 3 arranques a la línea de 18”, primero el flujo que va hacia el Estanque de Agua de Cátodos que suministra agua a la Planta de Óxidos, luego el agua que se envía a cloración para proveer de agua potable al campamento y por último el agua que va hacia la mina. De estos arranques, la descarga hacia la mina cuenta con flujómetro instalado y operativo. También existe un flujómetro para el agua que va hacia el Estanque de Cátodo, el cual no se encuentra en línea, sólo se puede ver el flujo en terreno, por lo que se recomienda dejarlo en línea. El agua que va a potabilización no cuenta con medidor de flujo, por lo tanto, se sugiere instalar uno de carácter crítico en la tubería que va hacia cloración.

Para proveer de Agua de Sello (mezcla entre Agua Industrial y Agua Fresca) a la Planta de Sulfuros, existe una línea que envía Agua Fresca hacia dos Bombas KSB. En la descarga de las bombas hay un medidor de flujo instalado y operativo, sin embargo, no es posible cuantificar el aporte de cada tipo de agua. Por este motivo es que se propone instalar un “Flujómetro Importante” en la línea de 10” de Agua Fresca y así por un balance se obtener el aporte de Agua Industrial para la mezcla de Agua de Sello.

En cuanto a la Red de Incendio, ésta no cuenta con medidor de flujo, por lo cual se sugiere instalar un flujómetro a la entrada del estanque en la cañería de 4”, para así conocer con certeza el flujo que es enviado a ese destino.

Por otra parte, el rebose del estanque de Agua Fresca se envía al Estanque Convencional. Este estanque tiene una capacidad de 130 [m³] y consta de 3 salidas. La primera es una línea que posee un arranque que lleva agua a la Cuba de Remolienda, la cual cuenta con flujómetro operativo. De la misma salida se tiene otro arranque de 10” que va hacia el Abastecimiento a Flotación, Filtro y Espesadores. En esta línea se propone instalar un flujómetro crítico, ya que en estos momentos no se tiene claridad del agua que se consume en

este destino. Las otras dos salidas faltantes son las que van hacia la Molienda Convencional. Una línea es la que abastece a todas las cubas, la cual cuenta con flujómetro instalado y operativo, y la otra, es una tubería de 8” que se utiliza para la adición de agua manual a la alimentación de los molinos. Esta línea no posee instrumento de medición, por lo que se sugiere eliminar la línea de 8”, ya que es muy antigua, por otra parte se abastecerá de agua de alimentación a los molinos desde la línea de 12” que viene desde el Estanque SAG, es decir desde la línea de 12”, se sacarán arranques de 4” para abastecer de agua a las secciones #1,2,3,4 y Molino 2000, por lo cual se recomienda instalar flujómetros críticos en cada arranque de 4”.

Siguiendo con el recorrido de las aguas se llega al Estanque SAG, que tiene una capacidad de 1.100 [m³]. A él llegan las aguas de recirculación del Tranque El Torito y de la estación Re-elevadora. La trayectoria del agua recirculada del Tranque El Torito comienza desde la laguna en una línea de 30”, la cual posee un arranque de 10” que va hacia el consumo del tranque y cuenta con medidor de flujo operativo. A la altura del puente, la tubería de 30” se convierte en una de 24” que a su vez se divide en dos, una de ellas va en dirección al Estanque Convencional y la otra va hacia el estanque SAG, ambas líneas cuentan con flujómetros instalados y operativos. A su vez, la línea de 24” tiene un arranque de 20” que va hacia el Estanque SAG y no cuenta con flujómetro, por lo que se recomienda instalar uno.

Desde la Estación Re-elevadora (existe flujómetro operativo), se envía Agua Industrial hacia la Planta por medio de una línea que se acopla a la de 24” que viene desde la laguna, y otra de 10” que alimenta directamente al Estanque SAG.

Del Estanque SAG salen 2 líneas, una de 24” llamada “Agua de Servicio”, y otra de 16” denominada “Agua de Proceso”. Por la línea de Agua de Servicio se tiene un arranque de 12”, que abastece de Agua Industrial a la alimentación de molinos y los hidrociclones. Al no contar con medidores de flujo se recomienda instalar dos flujómetros críticos, uno a la salida del estanque en la línea de 24” y otro en el arranque de 12” que alimenta a molino e hidrociclones.

Continuando con la línea de 24", esta posee 4 arranques más. El primero es una línea de 4" denominada línea de Alta Presión, en donde se recomienda instalar un flujómetro Crítico, ya que esta línea abastece de agua presurizada a toda la Planta de Sulfuros. El segundo arranque se utiliza para el Lavado de Filtro Larox. El tercer arranque se usa para lavado de línea de Relave Final. Ambos arranques son flujos puntuales, por lo que no se considera necesario la instalación de flujómetros en estas líneas. El cuarto arranque de esta línea de Servicio es uno de 12" que va hacia la Flotación de Arenas, la cual actualmente no está utilizando agua, pero, a pesar de eso es recomendable instalar, dejar operativo y en línea un medidor de flujo. Este aparato fue comprado hace algún tiempo por la unidad de "Proyectos" y se encuentra en las dependencias de "El Soldado".

Como se mencionaba anteriormente, del Estanque SAG sale una línea de 16" denominada "Agua de Proceso", la cual no cuenta con medidor de flujo, por lo que es necesario instalar un flujómetro Crítico en esta cañería y así conocer con exactitud cuánta agua es la que se envía a la molinera SAG. La línea de 16" abastece Agua Industrial a la alimentación del molino, cuba y harnero. La alimentación y cuba cuentan con flujómetro operativo, sólo no se contabiliza el agua ocupada en el lavado en harnero, pero, debido a que esta agua cae a la cuba, se propone cambiar el arranque del harnero a un punto ubicado después del flujómetro que mide el agua hacia la cuba.

En relación al agua que viene desde la Mina hacia la Planta de Sulfuros, se decide no instalar flujómetro, y efectuar la medición como se está realizando hasta ahora, es decir en un vertedero angular que se encuentra cerca de la salida de esta mina.

Adicionalmente, se proponen flujómetros Críticos que conciernen al Tranque El Torito. Éstos son: Sellado de Laguna que se instalaría en una línea de 18", Lamas Corta (18") y Lamas Larga (18").

En la Tabla 5.2 se presenta un resumen de los medidores de flujo de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito.

N°	Flujómetros	Tipo de Fluido	Material	Diámetro Externo [pulg]
1	A Cloración	Agua Fresca	HDPE	4
2	Entrada Red Incendio	Agua Fresca	Hierro Fundido	4
3	Abastecimiento a Flotación	Agua Industrial	Hierro Fundido	10
4	Arranque para alimentación Molinos e Hidrociclones	Agua Industrial	Hierro Fundido	12
5	Agua Servicio desde Estanque SAG	Agua Industrial	Hierro Fundido	24
6	Línea Alta presión	Agua Industrial	Hierro Fundido	6
7	Agua Proceso desde Estaque SAG	Agua Industrial	Hierro Fundido	16
8	Desde Laguna a SAG	Agua Industrial	HDPE	20
9	Sellado Laguna	Pulpa	HDPE	18
10	Lamas Corta	Pulpa	Hierro Fundido	18
11	Lamas Larga	Pulpa	Hierro Fundido	18
12	Entrada Agua Fresca a KSB	Agua Fresca	Hierro Fundido	10
13	Entrada Agua alimentación a Sección #1	Agua Industrial	Hierro Fundido	4
14	Entrada Agua alimentación a Sección #2	Agua Industrial	Hierro Fundido	4
15	Entrada Agua alimentación a Sección #3	Agua Industrial	Hierro Fundido	4
16	Entrada Agua alimentación a Sección #4	Agua Industrial	Hierro Fundido	4
17	Agua a Molino 2000	Agua Industrial	Hierro Fundido	4

Tabla 5.2: Resumen de flujómetros Planta de Sulfuros y Tranque El Torito

CAPÍTULO VI

6. BALANCE DE AGUA PLANTA DE SULFUROS Y TRANQUE EL TORITO

En la División El Soldado, el manejo del recurso hídrico constituye una parte vital e integral en las operaciones, por este motivo, siempre se busca la forma de optimizar el recurso. Con este fin, se realizará un balance de aguas tanto a la Planta de Sulfuros como al Tranque El Torito.

Como se mencionó en el capítulo anterior, para obtener un balance certero es necesario instalar flujómetros en las cañerías que necesitan ser medidas, con el fin de tener en línea la información y crear una base de datos precisa.

Primeramente se realizará un balance de agua del tranque, indicando sus flujos, parámetros y nomenclatura. En la Figura 6.1 se presenta el flowsheet del Tranque El Torito.

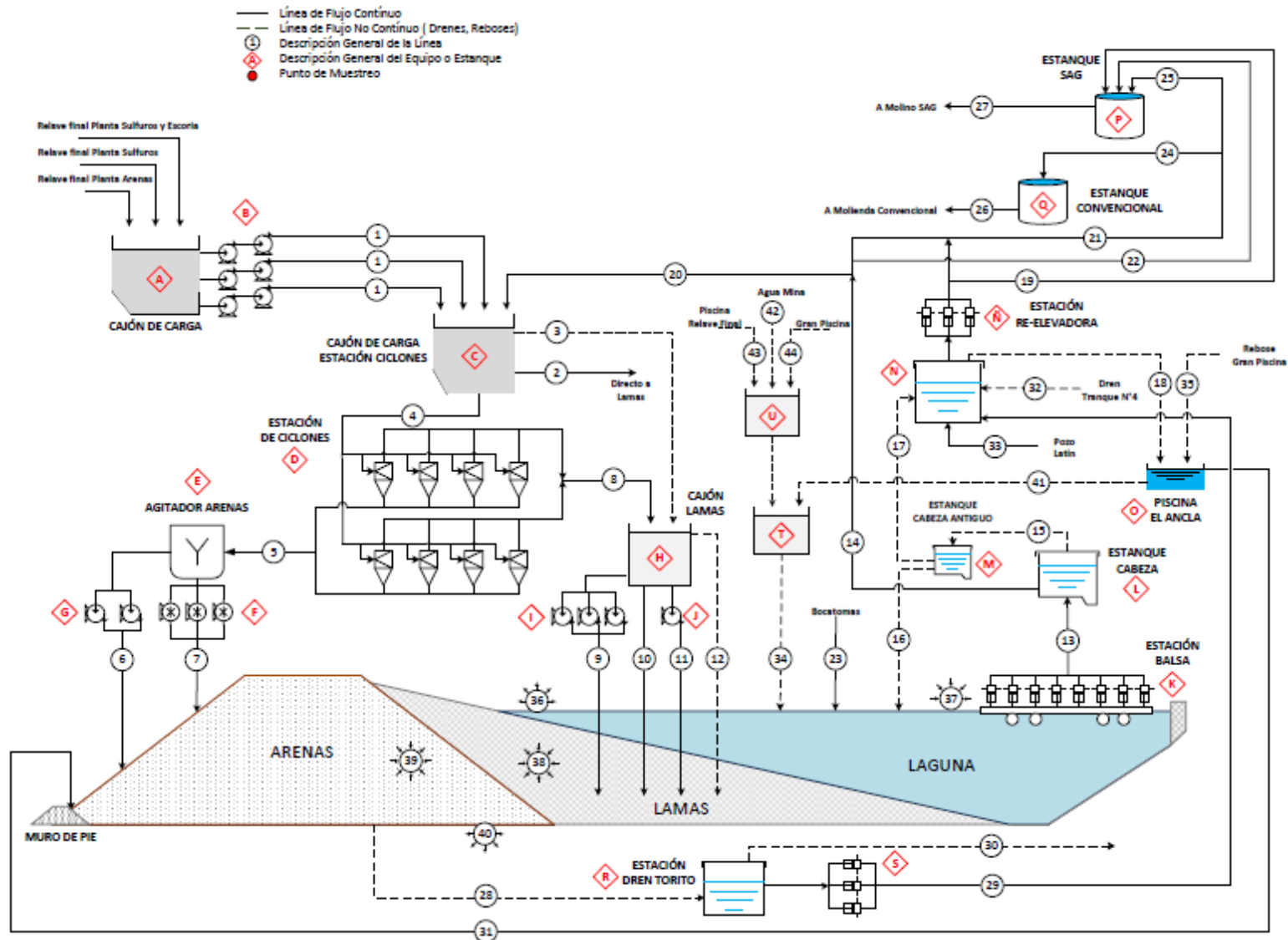
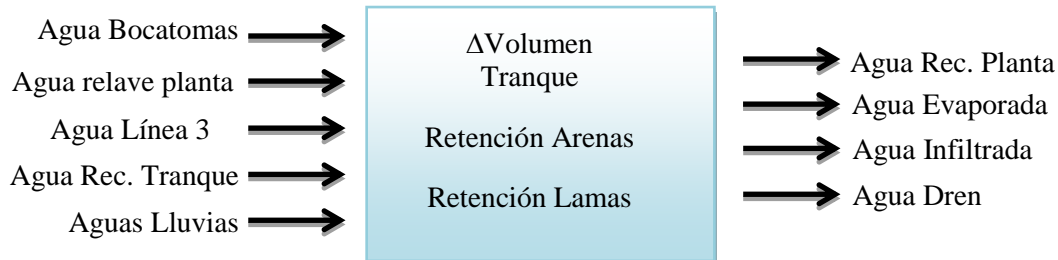


Figura 6.1: Flowsheet Tranque El Torito

6.1. Descripción de los parámetros para balance en Tranque El Torito

A continuación se describen los parámetros y variables consideradas en el balance de agua del Tranque.



6.1.1. Corrientes de Entrada

- **Agua Relave Planta (1):** Corresponde al agua proveniente de la Planta de Sulfuros e involucra los procesos de Flotación, Filtrado y aquellos relacionados con la Planta de Arenas. Es un flujo continuo con magnitud relativamente constante. Se mide en línea, mediante el uso de un medidor de flujo.
- **Agua Línea 3 (34):** Corresponde al agua proveniente del rebose de la Gran Piscina y la descarga de la Piscina El Ancla, esta corriente ingresa directamente al Tranque. Es un flujo discontinuo con magnitud variable. No se mide y se realizan estimaciones para las descargas de las piscinas.
- **Agua Recirculada al Tranque (20):** Corresponde al agua recirculada hacia el Tranque. Esta línea es una parte del agua enviada desde la Laguna hacia la Planta de Sulfuros. Es un flujo continuo con magnitud relativamente constante. Se mide en línea, mediante el uso de un medidor de flujo.
- **Aguas Lluvias (37):** Corresponde al agua caída como resultado de fenómenos meteorológicos como lluvia y neblina. Es un flujo discontinuo con magnitud

extremadamente variable. Se mide mediante el uso de un pluviómetro extrapolado a la superficie total del Tranque.

- **Agua Bocatomas (23):** Corresponde al agua proveniente desde las laderas, existen seis bocatomas. Es un flujo discontinuo con magnitud extremadamente variable. No es posible medirla por lo que se utiliza una estimación.

6.1.2. Corrientes de Salida

- **Agua Recirculada hacia la Planta (13):** Corresponde al agua recirculada hacia La Planta proveniente del Estanque Cabeza ubicado en la parte superior de la Estación de Balsas. Es un flujo continuo con magnitud relativamente constante. Se mide en línea, mediante el uso de un medidor de flujo.
- **Agua Evaporada (36):** Corresponde a las pérdidas de agua por concepto de Evaporación. Es un flujo discontinuo con magnitud variable. Se mide mediante un sistema que involucra un estanque pequeño protegido (sólo la evaporación es una variable que afecta al nivel).
- **Agua Infiltrada (40):** Corresponde a las pérdidas de agua por concepto de infiltración fuera del Tranque (no es captada por los canales de drenaje). Es un flujo continuo con magnitud variable. No es posible medirla por lo que se utiliza un factor [m³/h].
- **Agua Dren (29):** Corresponde al agua infiltrada que es captada por los canales de drenaje y posteriormente enviada hacia la Planta de Sulfuros. Es un flujo continuo con magnitud variable. Se mide en línea, mediante el uso de un medidor de flujo.

6.1.3. Acumulación

- **Retención Arenas (39):** Corresponde al agua retenida y no filtrada en las Arenas del Tranque. Es una magnitud variable. No es posible medirla por lo que se utiliza un factor [m^3/ton de arenas procesada].
- **Retención Lamas (38):** Corresponde al agua retenida y no filtrada en las Lamas del Tranque. Es una magnitud variable. No es posible medirla por lo que se utiliza un factor [m^3/ton de lamas procesadas].
- **Diferencia de Volumen del Tranque (M_3):** Corresponde a la diferencia de agua de la laguna entre dos mediciones consecutivas (generalmente una medición mensual). Se mide mediante un sistema de baldimetría.

6.2. Desarrollo del balance de agua

Como se mencionó anteriormente, el sistema seleccionado corresponde al Tranque en su totalidad. Además, se considera un período de tiempo mensual para efectuar cada balance. Por lo tanto se tiene:

$$\{Acumulación\} = \{Entrada\} - \{Salida\}$$

A continuación se describen las variables, su forma de cálculo y su aporte al balance de agua, el cual se presenta en la Tabla 6.1.

Agua Relave Planta (1): Las toneladas de relave (T_1) ingresadas mensualmente son medidas por un medidor de flujo e informadas por un totalizador de flujo, por otra parte el porcentaje en peso de sólidos en el relave (C_p) es medido e informado experimentalmente. Para obtener el volumen de agua es necesario calcular la dilución y la densidad del relave.

Para la densidad del relave, se considera un peso específico de sólidos de 2,7 y se utiliza la siguiente relación (obtenida por funcionalidad en el Anexo 8).

$$\rho_{relave} = (8 \cdot 10^{-6} \cdot C_p^4) - (0,0004 \cdot C_p^3) + (0,0606 \cdot C_p^2) + (6,046 \cdot C_p) + 1000,6 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Para la dilución se considera la siguiente relación:

$$Rd = \frac{100 - C_p}{C_p} \left[\frac{ton\ agua}{ton\ sólido} \right]$$

Finalmente la cantidad de agua ingresada por concepto de Relave Planta corresponde

$$(1) = T_1 \cdot Rd \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Agua Línea 3 (34): El ingreso de agua proveniente de la mina se mide mediante el uso de un vertedero angular (La conversión de altura a caudal se adjunta en el Anexo 9). El agua rebosada por la Gran piscina y descarga por la piscina El Ancla no es posible medirla, por lo que se estima de acuerdo a las descargas mensuales y capacidades de las líneas.

Agua Recirculación al Tranque (20): Los metros cúbicos mensuales de agua recirculada al Tranque son medidos por un medidor de flujo e informados por un totalizador de flujo en unidades de $[m^3/mes]$.

Aguas Lluvias (37): Los milímetros de agua caída mensualmente (mmc) son medidos por un pluviómetro y extrapolados al área total del tranque.

Es necesario conocer el Área de la Laguna (A_1), el Área de Lamas (A_2), el Área de Arenas (A_3) y el Área de los Drenes (A_4). Por lo tanto se tiene

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 [m^2]$$

Finalmente

$$(37) = \frac{mmc}{1000} \cdot A_T \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Agua Recirculada hacia la Planta (13): Los metros cúbicos mensuales de agua recirculada hacia la Planta son medidos por un medidor de flujo e informados por un totalizador de flujo en unidades de $[m^3/mes]$.

Agua Evaporada (36): Los milímetros de agua evaporada mensualmente (mme) son medidos por un sistema de medición de evaporación y son extrapolados al área total de la laguna.

$$(36) = \frac{mme}{1000} \cdot A_1 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Agua Infiltrada (40): Los metros cúbicos mensuales de agua infiltrada no son medibles, por lo que utiliza el Factor Torito de Infiltración (FTI) que corresponde a 108 [m³/h].

$$(40) = FTI \cdot \frac{h}{mes} \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Agua Dren (29): Los metros cúbicos mensuales de agua drenada son medidos por un medidor de flujo e informados por un totalizador de flujo en unidades de [m³/mes].

Retención Arenas (39): Los metros cúbicos mensuales de agua retenidos en las arenas no son medibles, sin embargo se estima que el agua retenida es equivalente al 30% de las toneladas de arena procesadas (T₂).

$$(39) = T_2 \cdot 0,3 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Retención Lamas (38): Los metros cúbicos mensuales de agua retenidos en las lamas no son medibles, sin embargo se estima que el agua retenida es equivalente al 10% de las toneladas de lamas procesadas (T₃).

$$(38) = T_3 \cdot 0,1 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

Diferencia de Volumen del Tranque (M₃): Los metros cúbicos mensuales entregados/acumulados, se miden por diferencia en las baldimetrías mensuales i.

$$M_3 = V_{i+1} - V_i \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

6.2.1. Balance Tranque El Torito

A modo de ejemplo, se considerará el balance de agua involucrada en el proceso del tranque desde el día 20 de Diciembre hasta el día 17 de Enero. El detalle para los años 2011 y meses de estudio del 2012 se puede observar en el Anexo 10. Los datos conocidos (en negro) y los resultados obtenidos (en rojo), se presentan en la Tabla 6.1.

20 de Diciembre - 17 de Enero	N° Corriente	Nombre corriente	Flujo	Unidad
ENTRADA	1	Agua Relave	1.169.996	m ³ /mes
	37	Aguas Lluvias	0	m ³ /mes
	34	Agua Línea 3	110.824	m ³ /mes
	23	Agua Bocatomas	0	m ³ /mes
	20	Agua Rec. Tranque	139.200	m ³ /mes
ACUMULACIÓN	39	Retención Arenas	26.648	m ³ /mes
	38	Retención Lamas	52.352	m ³ /mes
		Agua Inicial Tranque	400.258	m ³
		Agua Final Tranque	289.620	m ³
	M3	Diferencia Volumen	-110.638	m ³
SALIDA	13	Agua Recirculación Balsas	1.270.905	m ³ /mes
	29	Agua Recirculación Dren	236.020	m ³ /mes
	40	Agua Infiltrada	75.168	m ³ /mes
	36	Agua Evaporada	42.652	m ³ /mes
BALANCE GENERAL		Total Entrada	1.420.020	m ³ /mes
		Total Acumulación	-31.638	m ³ /mes
		Total Salida	1.624.745	m ³ /mes
DIFERENCIA BALANCE			-173.087	m³/mes

Tabla 6.1: Ejemplo del balance de agua Tanque El Torito

Esta diferencia se puede deber a flujos fortuitos (carencia de medidores de flujo), falta de mantención y limpieza en los equipos.

6.3. Balance Planta de Sulfuros

Como se mencionó anteriormente, para realizar el balance de agua de la planta, previamente se debió realizar un levantamiento de flujómetros en los puntos que necesitan medición, por este motivo, en conjunto con la empresa externa LAMS se realizó una medición en terreno de flujos puntuales utilizando flujómetro portátil. Las mediciones fueron realizadas en agosto del 2012.

En el Capítulo V, específicamente en la Figura 5.14 se presenta el flowsheet de las líneas de agua de la planta y tranque. A continuación, se realiza un balance de agua por etapas, donde los valores logrados a partir del balance se indican en color rojo y en color negro los obtenidos por medición o en línea.

En el Anexo 11 se detallan los valores obtenidos en línea, terreno y por balance.

En la Figura 6.2 se presenta la etapa de la Estación El Melón

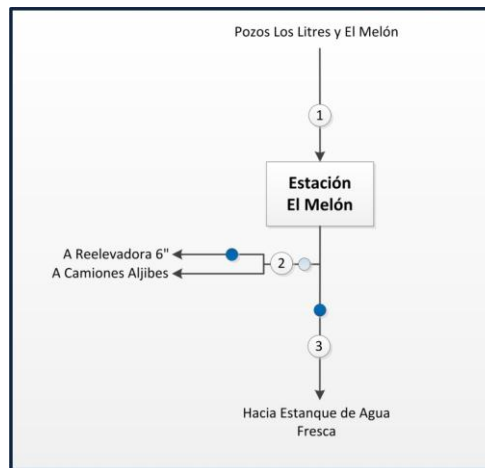


Figura 6.2: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estación El Melón

Como se menciona en el Capítulo V, la Estación El Melón se abastece de los pozos provenientes de Los Litres y El Melón, al realizar el levantamiento de flujómetros de Agua Fresca se observa que no todos los pozos cuentan con medidor de flujo, sino que sólo los principales, por lo que el valor de entrada (1) se obtendrá por balance.

A la salida de la Estación El Melón, existe un arranque a la relevadora, pero en este momento no se encuentra operativo, por lo que, para determinar la corriente (2), se realizó el cálculo de los camiones aljibes, ya que son 16 camiones al día los cuales consumen 10,5 [m³], por lo tanto tienen un consumo de 7 [m³/h]. En cuanto a la corriente (3) denominada reducción en “Y”, cuenta con un flujómetro que indica 413 [m³/h]. Los valores se presentan en la Tabla 6.2.

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
1	Pozos Los Litres y El Melón	420	-
2	Hacia re-elevadora, camiones aljibes	-	7
3	Hacia estanque de agua fresca (flujómetro en Y)	-	413
Total		420	420

Tabla 6.2: Balance de agua en etapa de Estación El Melón

En la Figura 6.3 se presenta la etapa en el Estanque Agua Fresca

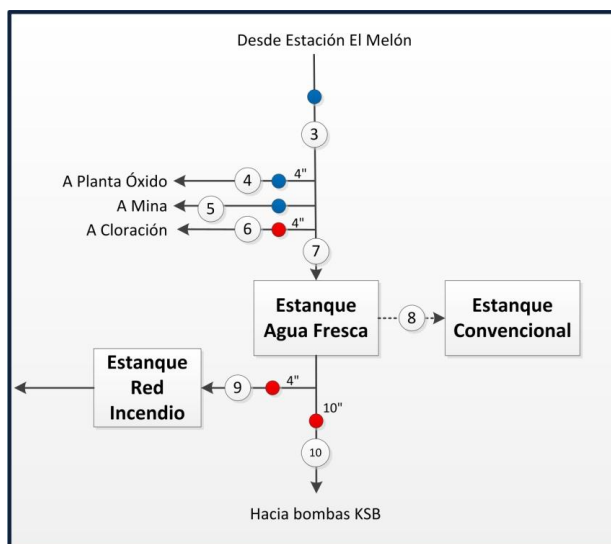


Figura 6.3: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estanque de Agua Fresca

Antes de llegar al estanque de Agua Fresca y posterior al flujómetro de la corriente (3), existen 3 arranques, primero el flujo que va hacia la Planta de Óxidos (4) que son 8 [m³/h], luego el agua que va hacia la mina (5) siendo 70 [m³/h] y por último el agua que se envía a cloración (6) que por medición, se obtuvo 17 [m³/h]. Los valores se presentan en la Tabla 6.3.

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
3	Hacia estanque de agua fresca (flujómetro en Y)	413	-
4	A planta de óxido	-	8
5	A mina	-	70
6	A cloración	-	17
7	Entrada a estanque de agua fresca	-	318
Total		413	413

Tabla 6.3: Balance de agua en etapa del Estanque de Agua Fresca I

El flujo que entra al estanque de Agua Fresca se obtiene por balance, es decir la corriente (7). De este estanque salen tres flujos, la corriente (8) que es el rebose enviado al Estanque Convencional, la corriente (9) que abastece de agua al Estanque de Red de Incendio, flujo que fue medido y su dato es 26 [m³/h], y la corriente (10) que su valor medido fue de 250 [m³/h]. Los valores se presentan en la Tabla 6.4.

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
7	Entrada a estanque de agua fresca	318	-
8	Rebose de agua fresca a estanque convencional	-	42
9	Entrada Red Incendio	-	26
10	Entrada Agua Fresca a KSB	-	250
Total		318	318

Tabla 6.4: Balance de agua Balance de agua en etapa del Estanque de Agua Fresca II

En la Figura 6.4 se presenta la etapa de Bombas KSB



Figura 6.4: Flowsheet Distribución líneas de agua, Bombas KSB

El agua de sello, es una mezcla entre Agua Industrial y Fresca, ambas ingresan a las bombas KSB, las que reparten el agua de sello a toda la planta. El agua fresca ingresa por la corriente (10) con un valor de 250 [m³/h], en la descarga de las bombas (12) existe un medidor de flujo cuyo valor es 382 [m³/h] y por medio del balance se puede obtener el aporte de Agua Industrial desde laguna (11) que dio un resultado de 132 [m³/h]. Los valores se presentan en la Tabla 6.5.

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
10	Entrada Agua Fresca a KSB	250	-
11	Desde laguna a KSB	132	-
12	Agua sello	-	382
Total		382	382

Tabla 6.5: Balance de agua en etapa de Bombas KSB

En la Figura 6.5 se presenta la etapa en el Estanque Convencional

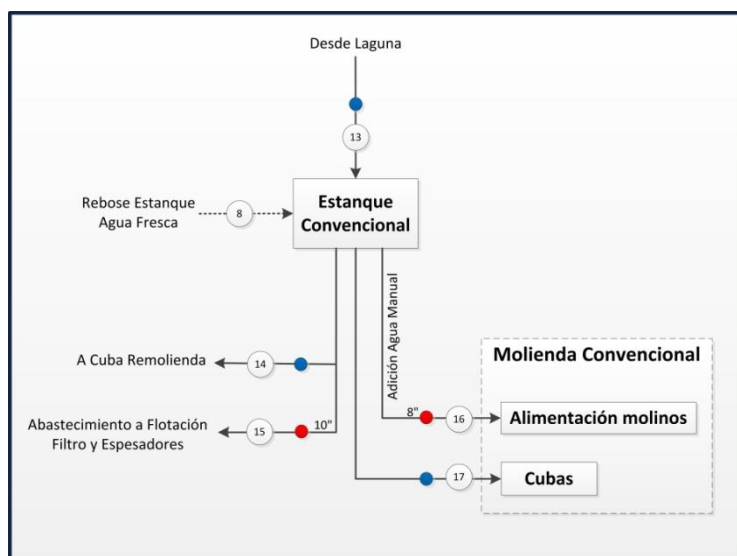


Figura 6.5: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estanque Convencional

Las entradas de agua que tiene el estanque convencional son, el rebose de agua fresca (8) que tiene un valor de 42 [m³/h], y el agua que viene desde la laguna (13) cuyo valor es 255 [m³/h]. Este estanque consta de 3 salidas. La primera es una línea que posee un arranque que lleva agua a la Cuba de Remolienda (14) cuyo valor es 20 [m³/h]. De la misma

salida se tiene otro arranque de 10” que va hacia el Abastecimiento a Flotación, Filtro y Espesadores, esta línea se midió, arrojando un valor de 60 [m³/h]. Las otras dos salidas faltantes son las que van hacia la Molienda Convencional. Una línea es la que abastece a todas las cubas (17) cuyo valor es 140 [m³/h], y la otra, es una tubería de 8” que se utiliza para la adición de agua manual a la alimentación de los molinos, ésta se midió y arrojó un valor de 77 [m³/h]. Por lo tanto, al realizar el balance en el estanque convencional, concuerda con los valores antes mencionados. Los valores se presentan en la Tabla 6.6.

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
8	Rebose de agua fresca a estanque convencional	42	-
13	Desde laguna a estanque convencional	255	
14	A cuba remolienda	-	20
15	Abastecimiento a flotación	-	60
16	Adición agua manual a molinos convencional	-	77
17	A cubas molienda convencional	-	140
Total		297	297

Tabla 6.6: Balance de agua en etapa del Estanque Convencional

En la Figura 6.6 se presenta la etapa de Estanque SAG

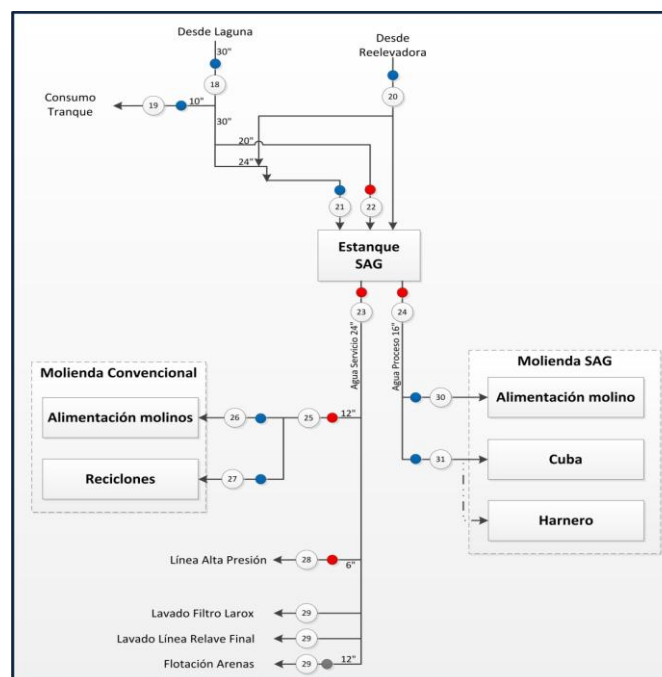


Figura 6.6: Flowsheet Distribución líneas de agua, Estanque SAG

Al Estanque SAG ingresan las aguas de recirculación del Tranque El Torito y de la estación Re-elevadora. La corriente (18) de 30" que viene desde la laguna cuenta con medidor de flujo que indica 1.460 [m³/h], esta línea posee un arranque de 10" que va hacia el consumo del tranque, el cual cuenta con medidor de flujo indicando 160 [m³/h]. La tubería de 30" antes mencionada en un lugar se convierte en una de 24" que a su vez se divide en dos, una de ellas va en dirección al Estanque Convencional y la otra va hacia el Estanque SAG, ambas líneas cuentan con flujómetros, la que va hacia el SAG indica un valor de 747 [m³/h], la corriente (22) de la línea de 20" no cuenta con flujómetro, por tal motivo se midió su flujo, arrojando un valor de 166 [m³/h]. La última entrada de agua viene desde la Estación Re-elevadora (20), esta línea cuenta con flujómetro, indicando 216 [m³/h], hay que señalar que abastece de agua industrial a la planta por medio de una línea que se acopla a la de 24" antes mencionada que viene desde la laguna, esta generalmente no se encuentra con la válvula abierta, por lo que alimenta directamente al Estanque SAG por la línea (20) de 10".

Del Estanque SAG salen dos líneas, una de 24" llamada "Agua de Servicio" (23) y otra de 16" denominada "Agua de Proceso"(24). La línea de Agua de Servicio se midió indicando un valor de 557 [m³/h], de esta tubería se tiene un arranque de 12" que también se midió, indicando un valor de 260 [m³/h], donde 200 [m³/h] ingresan a la alimentación de los molinos convencionales (26) y 60 [m³/h] entran a los hidrociclones (27), ambas líneas cuentan con medidores de flujo.

Continuando con la línea de 24", esta posee 4 arranques más. El primero es una línea de 6" denominada línea de Alta Presión (28), la cual fue medida y arrojó un valor de 30 [m³/h], el segundo arranque se utiliza para el Lavado de Filtro Larox, el tercero se usa para lavado de línea de Relave Final y el cuarto arranque es la línea que abastece a la flotación de arenas, al realizar el balance, los tres últimos flujos mencionados se consideraron como uno sólo (29) obteniendo un valor de 267 [m³/h]. Los valores se presentan en la Tabla 6.7, 6.8 y 6.9

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
20	Desde re-elevadora	216	-
21	Entra a Estanque SAG 24''	747	-
22	Desde Laguna a SAG	166	-
23	Agua Servicio desde Estanque SAG	-	557
24	Agua Proceso desde Estaque SAG	-	572
Total		1.129	1.129

Tabla 6.7: Balance de agua en etapa del Estanque SAG I

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
23	Agua Servicio desde Estanque SAG	557	-
25	Arranque para alimentación Molinos e Hidrociclones convencional	-	260
28	Línea Alta presión	-	30
29	Lavado filtro, línea relave final y flotación arenas	-	267
Total		557	557

Tabla 6.8: Balance de agua en etapa del Estanque SAG II

N° Corriente	Nombre corriente	Entradas [m ³ /h]	Salidas [m ³ /h]
24	Agua Proceso desde Estaque SAG	572	-
30	Alimentación a SAG	-	191
31	Cuba SAG	-	381
Total		572	572

Tabla 6.9: Balance de agua en etapa del Estanque SAG III

CAPÍTULO VII

7. RESULTADOS

Por medio del balance de aguas, se evalúa el consumo de agua dentro de la división. Para este fin, se presentan sus principales indicadores de eficiencia, los cuales son: make up y porcentaje de recuperación.

7.1. Make Up

El make up de una planta corresponde a la cantidad de agua fresca suministrada (en m³), por cada tonelada de mineral tratado. En el Gráfico 7.1 se presenta la evolución histórica del make up de la División El Soldado, abarcando desde los años 2007 hasta 2011 e indicando las toneladas de mineral tratadas durante ese período.

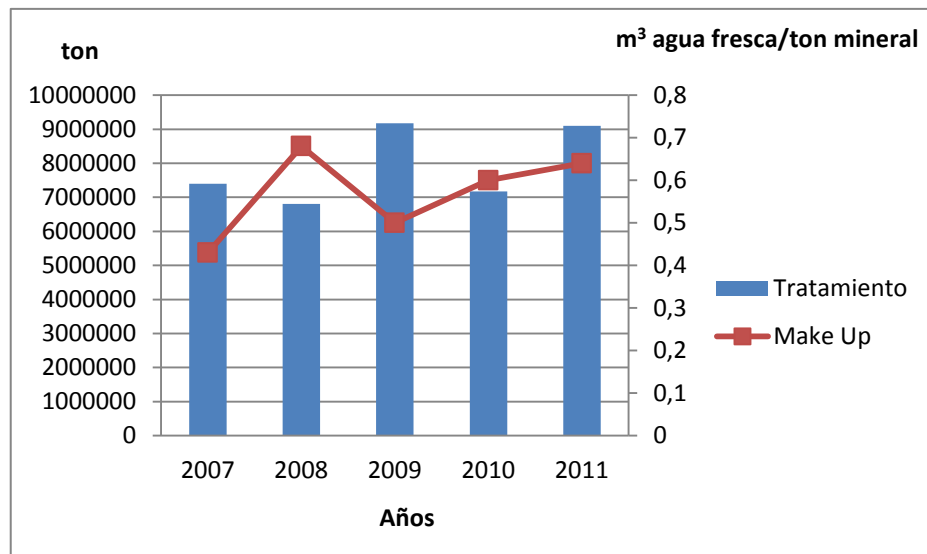


Gráfico 7.1: Make Up División El Soldado

Desde el gráfico 7.1 se desprende que el make up de la empresa oscila entre 0,43 y 0,68 [m³ agua fresca/ton mineral], con un valor promedio de 0,57 [m³ agua fresca/ton mineral]. Valores que al ser comparados con las demás empresas mineras, se sitúan dentro de los más bajos. A pesar de estos resultados, la empresa tiene un gran compromiso con la comunidad por lo que constantemente trata de disminuir el consumo de agua fresca.

En el Gráfico 7.2 se presentan los make up mensual de la División El Soldado del año 2011, de la misma manera, en el Gráfico 7.3 se presentan los make up mensuales, abarcando desde enero del 2012 hasta julio del 2012 correspondiente a los meses de estudio.

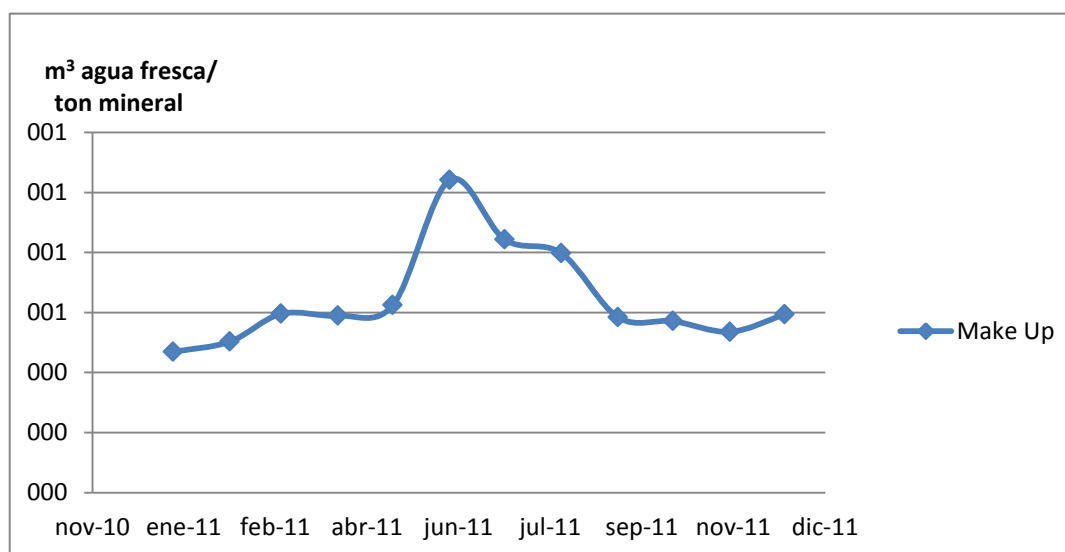


Gráfico 7.2: Make Up mensual de la División El Soldado, año 2011

El make up de la División El Soldado del año 2011, fluctúa entre 0,47 y 1,04 [m³ agua fresca/ton mineral tratado]. En el Gráfico 7.2 se aprecia que los valores se mantienen relativamente constantes entre los meses de enero a mayo, alcanzando un make up promedio de 0,57, pero en junio se tiene un alza que alcanza a 1,04 [m³ agua fresca/ton mineral tratado], este valor se relaciona a que ese mes se realizó una parada de planta programada, generando una disminución del mineral tratado pero manteniendo el flujo de agua fresca. Con respecto a los meses de julio a diciembre los valores de make up tienden a bajar alcanzando un promedio de 0,65 [m³ agua fresca/ton mineral tratado].

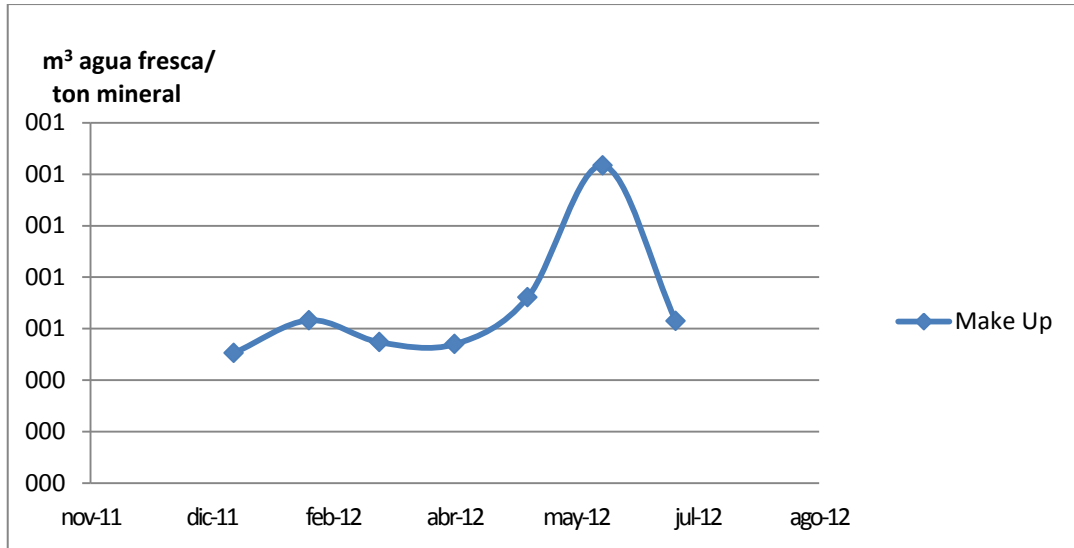


Gráfico 7.3: Make Up mensual de la División El Soldado, año 2012

En los meses de estudio del año 2012 que abarcan desde enero a julio, el make up de la División El Soldado, oscila entre 0,51 y 1,23 [m³ agua fresca/ton mineral tratado]. Presentando un promedio de 0,7. En el Gráfico 7.3 se aprecia que en junio se tiene un alza un tanto mayor que el año pasado con un valor de 1,23[m³ agua fresca/ton mineral tratado], este valor se relaciona a que ese mes se realizó una parada de planta programada, generando una disminución del mineral tratado pero manteniendo el flujo de agua fresca.

En el Anexo 12 se observan los resultados utilizados en los gráficos 7.1 , 7.2 y 7.3

7.2. Recuperación

El porcentaje de recuperación es uno de los indicadores de eficiencia más importantes dentro de las operaciones mineras, ya que permite evaluar el funcionamiento de la planta de relaves, en cuanto a la cantidad de agua recuperada sobre la cantidad total de agua fresca suministrada.

En el Gráfico 7.4 se presentan los porcentajes de recuperación mensual de la División El Soldado del año 2011, de la misma manera, en el Gráfico 7.5 se presentan los porcentajes de recuperación mensuales, abarcando desde enero del 2012 hasta julio del 2012 correspondiente a los meses de estudio. Los resultados para ambos gráficos se presentan en el Anexo 13.

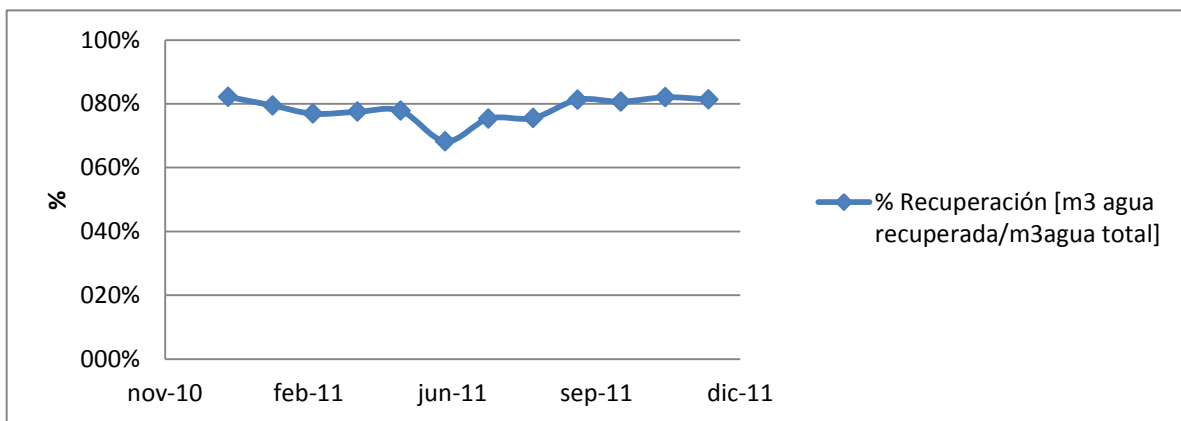


Gráfico 7.4: Porcentaje de Recuperación, año 2011.

El porcentaje de recuperación de la División El Soldado del año 2011, fluctúa entre 68 y 82 %. En el Gráfico 7.4 se aprecia que los valores se mantienen relativamente constantes con un promedio de 78%, que en comparación con las otras mineras es un valor alto, lo que significa que existe una buena operación en la planta de relaves. Sin embargo en junio se tiene una baja que alcanza un 68%, al igual que el make up, este valor se relaciona a que ese mes se realizó una parada de planta programada.

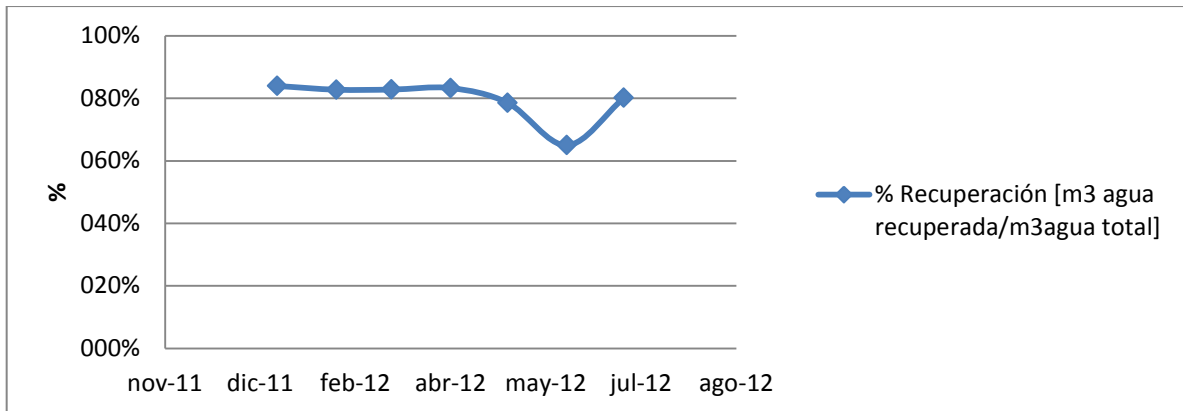


Gráfico 7.5: Porcentaje de Recuperación, año 2012.

En los meses de estudio del año 2012 que abarcan desde enero a julio, el porcentaje de recuperación de la División El Soldado, oscila entre 65 y 84 %. En el Gráfico 7.5 se aprecia que los valores se mantienen relativamente constantes con un promedio de 79%, que en comparación con las otras mineras es un valor alto, lo que significa que existe una buena operación en la planta de relaves . Sin embargo en junio se tiene una baja que alcanza un 65%, al igual que el make up, este valor se relaciona a que ese mes se realizó una parada de planta programada.

A pesar que los valores obtenidos son buenos, la empresa siempre necesita optimizar al máximo sus recursos, en especial el hídrico que cada vez se vuelve más escaso.

CAPÍTULO VIII

8. PROPUESTAS DE MEJORAS

Para una gestión ambiental eficiente del agua en minería sería recomendable incluir aspectos como la disminución de su consumo, el uso eficiente del recurso hídrico y el manejo sustentable de los acuíferos o ecosistemas a partir de los cuales se abastecen.

Para gestionar el uso del recurso en la faena es clave contar con sistemas de medición de los consumos de agua en cada etapa del proceso productivo minero. Es aconsejable que la División El Soldado cuente con un completo balance hídrico, que le permita evaluar la situación actual, proponer acciones correctivas para reducir consumos, evaluar el impacto de estas acciones y considerar estas prácticas en las planificaciones futuras.

Algunos aspectos claves para garantizar el éxito en la gestión y que permitirán manejar en forma integrada el recurso hídrico son:

- Manejo y control adecuado de los derechos de agua disponibles, llevando un catastro actualizado de los derechos empleados, sus compensaciones y/o restituciones.
- Disponer del instrumental adecuado que permita medir en línea los volúmenes de agua en las entradas y salidas de los procesos unitarios a fin de determinar el balance hídrico de la faena.
- Construcción de indicadores: en aquellas actividades identificadas como claves se requiere de controles específicos para supervisar los caudales y la calidad establecida para el agua.

A medida que se van implementando las acciones necesarias para alcanzar los objetivos y las metas, es preciso monitorear los indicadores, haciendo un seguimiento de su evolución. El monitoreo debería incluir, además, las variables correspondientes a la calidad

del recurso empleado en las diversas etapas y de los efluentes que son descargados. Es recomendable que estas mediciones sean contrastadas con la normativa aplicable o con estándares de referencia, cuando dicha reglamentación no exista.

La información así obtenida y evaluada, servirá para revisar y corregir el sistema implementado.

8.1. Acciones para gestionar en forma eficiente el recurso hídrico

- **Monitoreos**

El monitoreo es una de las actividades más importantes a la hora de gestionar el recurso hídrico, porque en cualquier faena minera es indispensable controlar continuamente, todo esto con el fin de evaluar la eficiencia de los procesos, planificar las actividades necesarias para su optimización y mantener informado al personal sobre el comportamiento del sistema de gestión del recurso hídrico y el uso eficiente del mismo.

Algunas actividades que deben ser consideradas dentro de los planes de monitoreo del recurso hídrico son:

- Monitoreo de las fuentes de abastecimiento, pozos, cuencas, etc. registros fotográficos o fílmicos del estado de ellas durante toda su vida útil, medición y registro de los caudales y calidades extraídos, monitoreo de los ecosistemas asociados, etc.
- Monitoreo constante de cuencas y subcuencas, pozos, norias y vertientes para controlar disponibilidades.
- Monitoreo del acuífero desde el cual se extrae el recurso, mediante el control de niveles de agua subterránea en pozos de observación, muestreo de aguas subterráneas y modelación del funcionamiento del acuífero.

- Monitoreo de la estabilidad sísmica de tranques de relaves, rípios, etc.
- Monitoreo de napas subterráneas para controlar la filtración de soluciones provenientes de diferentes acumulaciones de materiales que pueden contaminar el afluente.

Instalación de medidores de flujo

Las propuestas de mejoras básicamente son la instalación de flujómetros para las líneas que no cuentan con ellos, ya que al contabilizar de manera certera el flujo de agua, se pueden tomar medidas con respecto a la eficiencia del consumo del recurso hídrico.

En el capítulo V se realizó el levantamiento de flujómetros para agua fresca, tranque y planta. Con respecto a los de agua fresca, se toma la decisión de no implementar las sugerencias de medidores de flujo, ya que existe un proyecto para el año 2015 que consiste en aumentar el diámetro de las cañerías que envían agua fresca a la planta, pasando de un diámetro de 22” a uno de 30”, entre otros cambios, por lo que es innecesaria la instalación de medidores de flujo actualmente.

En cuanto al tranque, se realiza un balance global de la operación, por lo que se justificarían solamente la instalación de 3 medidores de flujo en lamas larga, corta y sellado de laguna, los que son considerados en el resumen que se realizó en el levantamiento de flujómetros de la planta y tranque, por lo que se contabilizaron un total de 17 flujómetros necesarios para realizar un balance de agua preciso y certero. La Información técnica de los medidores de flujo Proline Promag 53W, 50W y 55S se encuentran en el Anexo 14 y en el Anexo 15 se presenta el presupuesto entregado por la empresa Endress Hauser para los 17 medidores de flujo. A continuación, en la tabla 8.1 se muestra un listado de los flujómetros propuestos.

N°	Flujómetros
1	A Cloración
2	Entrada Red Incendio
3	Abastecimiento a Flotación
4	Arranque para alimentación Molinos e Hidrociclones
5	Agua Servicio desde Estanque SAG
6	Línea Alta presión
7	Agua Proceso desde Estaque SAG
8	Desde Laguna a SAG
9	Sellado Laguna
10	Lamas Corta
11	Lamas Larga
12	Entrada Agua Fresca a KSB
13	Entrada Agua alimentación a Sección #1
14	Entrada Agua alimentación a Sección #2
15	Entrada Agua alimentación a Sección #3
16	Entrada Agua alimentación a Sección #4
17	Agua a Molino 2000

Tabla 8.1: medidores de flujo propuesto para la planta y tranque

Condiciones de instalación de Flujómetros.

Se debe tener en consideración que para la instalación de los flujómetros electromagnéticos la tubería debe estar completamente llena, por lo que la instalación puede realizarse de las siguientes maneras:

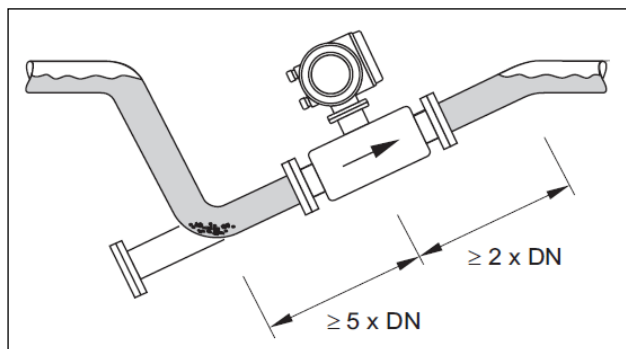


Figura 8.1: Instalación con flujo en pendiente ascendente.

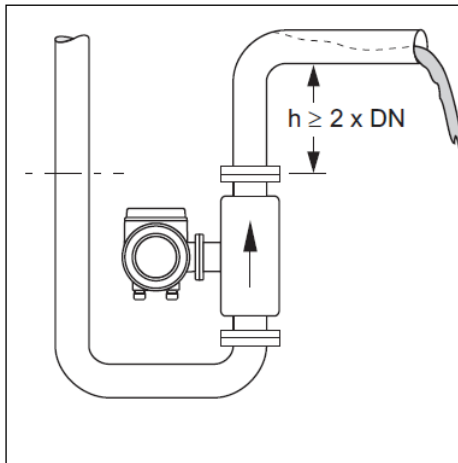


Figura 8.2: Instalación con flujo vertical ascendente.

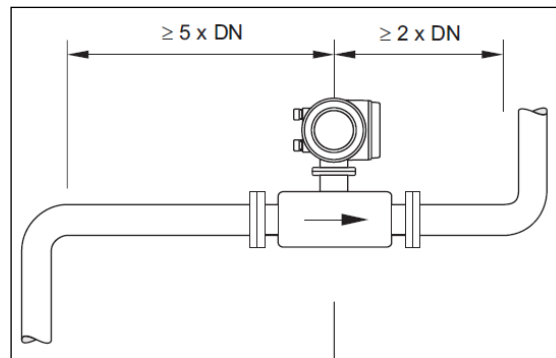


Figura 8.3: Instalación horizontal antes de flujo ascendente.

Por lo que se recomienda que en algunas instalaciones se tomen en cuenta estas medidas como los son el caso de:

Agua cloración: instalar el flujómetro en una plataforma de tal manera que el flujo sea medido con una pendiente ascendente.

Sellado Laguna: instalar el flujómetro sobre una plataforma de tal manera que la medición se realice por medio de la medición de flujo ascendente.

Lamas larga: instalar el flujómetro en la parte recta de la tubería

Entrada agua fresca a KSB: realizar una extensión de la tubería de tal manera que el flujómetro se instale de forma horizontal y cumpliendo con las distancias requeridas antes del flujómetro y después de este.

Manejo de Fuentes

En la zona donde se concentra la mayor parte de las faenas mineras en Chile, la escasez del recurso hídrico constituye una limitante para el desarrollo regional, por lo tanto, un manejo adecuado de las fuentes de abastecimiento del recurso, sean éstas superficiales o subterráneas, resulta tan significativo como una reducción en el consumo.

En relación con el uso de diversas fuentes de recursos hídricos, es posible indicar que la estabilidad del recurso proveniente de napas subterráneas es mucho mayor que la de escorrentías superficiales, ya que estas últimas dependen de las características de los años hidrológicos y pueden presentarse conflictos con otros consumidores en caso de sequías prolongadas.

Dentro de las mejores prácticas relacionadas con el manejo de fuentes del recurso hídrico se encuentran las siguientes:

- Dado que el recurso hídrico de la escorrentía superficial es vulnerable, se debe contar con respaldos tales como pozos y/o embalses interanuales.
- Tener en consideración que el recurso hídrico subterráneo tiene una capacidad de recarga limitada y debe ser monitoreado permanentemente para asegurar que se mantienen las tasas de extracción establecidas, los niveles adecuados para el acuífero y la calidad propia del mismo.
- Controlar permanentemente el estado de los ecosistemas que se abastecen de las mismas fuentes. Un manejo responsable de ellas permitirá la conservación de los hábitats y de las especies que los habitan.

- Determinar marcadores naturales que evidencien los grados de afectación a los ecosistemas
- Administrar y mantener adecuadamente los sistemas de extracción de agua desde pozos subterráneos, implementando sensores para monitorear los caudales succionados y controlar la cantidad de agua de pozos solicitada, dependiendo de las necesidades reales de abastecimiento.
- Trabajar en forma conjunta con las autoridades y la comunidad en el control y fiscalización del uso de los derechos constituidos de las aguas.

Extracción, Transporte, Almacenamiento y Distribución

El objetivo principal es administrar eficazmente el recurso hídrico que posee la División El Soldado para satisfacer las necesidades de todos los consumidores internos, en la cantidad y calidad requerida, en el momento oportuno.

El agua se distribuye a través de bombas, válvulas y cañerías que van desde los pozos hasta los distintos puntos de la División El Soldado. Las pérdidas más significativas de esta etapa están dadas por la evaporación en superficies descubiertas y las fugas asociadas a roturas o mantenciones inadecuadas de estos mecanismos.

Para evitar problema en el transporte, almacenamiento y distribución del agua desde la fuente hasta donde se requiera, se sugieren las siguientes actividades:

- Evaluar y planificar correctamente las instalaciones asociadas, considerando la capacidad y el potencial de ruptura de las mismas, la probabilidad y frecuencia con que se presentan flujos diferentes a los de diseño y el impacto de una emergencia sobre el recurso hídrico, dentro y fuera de la faena.
- Realizar mantenciones preventivas a las instalaciones, además de monitorear y registrar permanentemente el nivel, calidad y caudal de los flujos distribuidos.

Reemplazo de cañerías antiguas

Para tener una mejor gestión del recurso hídrico, es imperioso realizar mantención tanto a equipos como a cañerías, ya que se pudo apreciar que en la División El Soldado existen tuberías muy antiguas de más de 30 años, las cuales se encuentran con incrustaciones y no permiten el paso fluido de agua. En la molienda convencional existe una tubería de 8” que se usa para adición de agua manual a la alimentación de los molinos. Esta línea no posee flujómetro y tiene problemas técnicos, por lo que se sugiere eliminarla. Para este fin se propone que el abastecimiento de agua de alimentación a los molinos sea desde la línea de 12” que viene desde el Estanque SAG, es decir desde la tubería de 12”, se sacarán arranques de 4” para abastecer de agua a las secciones #1,2,3,4 y Molino 2000, por lo cual se recomienda instalar flujómetros en cada arranque de 4”. El esquema se presenta en la Figura 8.1, en donde se aprecia que existen cañerías que son de uso intermitente o que simplemente ya no se utilizan, todas ellas serían eliminadas.

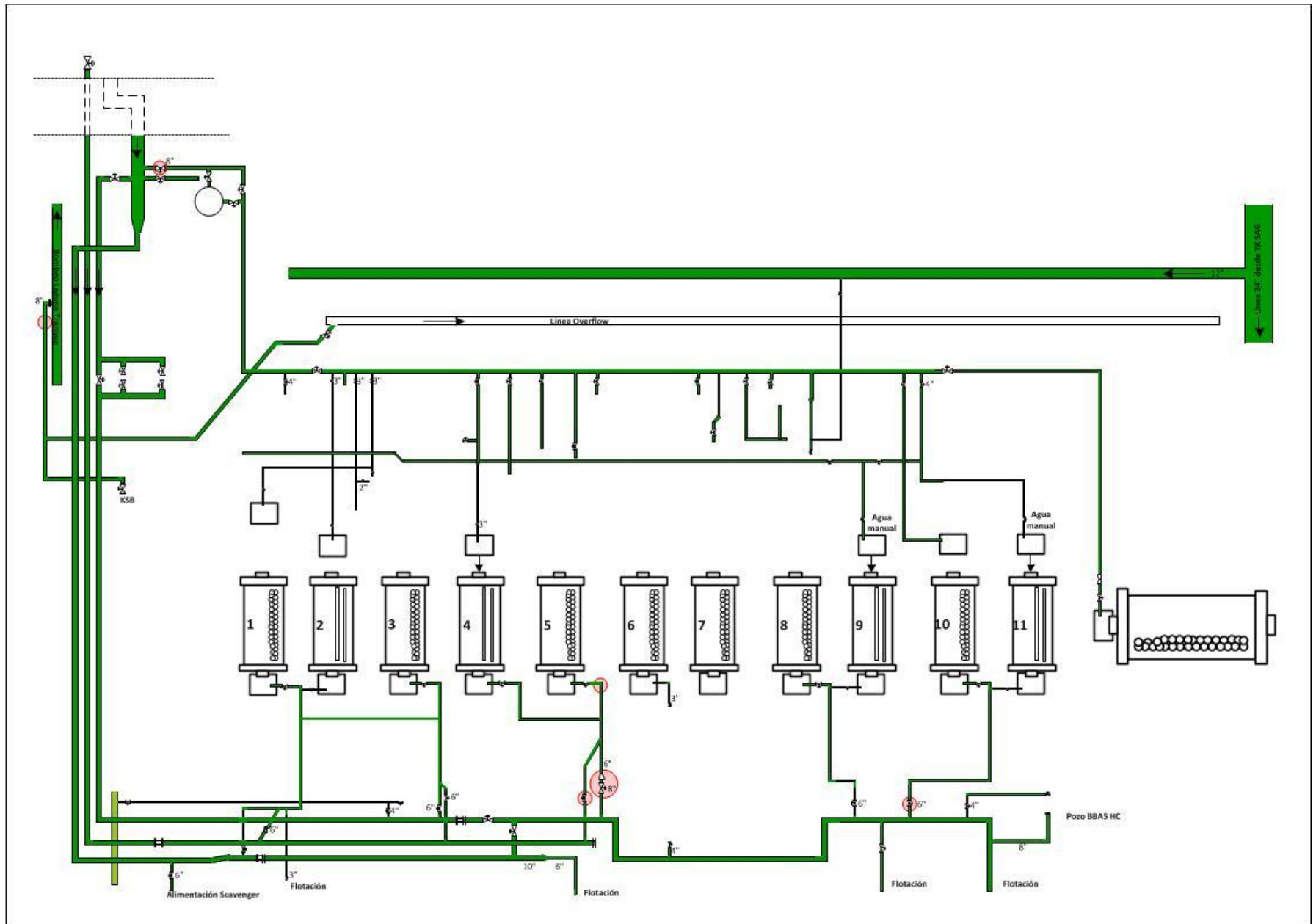


Figura 8.4: Líneas de agua molienda convencional

8.2. Reducción del consumo de agua en las operaciones

Uno de los primeros aspectos que se consideran en cualquier faena minera es la reducción del consumo de agua fresca, lo que implica una disminución en los caudales de aguas residuales y de los costos de tratamientos respectivos.

Para reducir el consumo de agua fresca se ha determinado que, en general, se deben considerar los siguientes pasos o etapas:

- Análisis de los registros históricos de los consumos y su relación con los niveles de producción, a fin de determinar los requerimientos de agua reales de la planta.
- Análisis de las descargas de aguas residuales para determinar la cantidad y calidad del agua que se pierde en el proceso y que no pasa a ser parte del producto final.
- Análisis y evaluación de las instalaciones y de las actuales metodologías de trabajo para estudiar posibles mejoras, cambios de procedimientos, de equipos, etc.
- Verificación de las pérdidas de agua en las diferentes líneas. Corrección de los problemas detectados y estudio de factibilidad para la implementación de las posibles mejoras.
- Análisis de los posibles circuitos de recirculación de agua, considerando los flujos que provienen de diferentes operaciones y procesos unitarios que podrían ser utilizados en la misma etapa o en otra, de acuerdo a las condiciones requeridas por cada una de ellas.

En general, las faenas mineras pueden optar por uno o más mecanismos para el uso eficiente del recurso a nivel operacional en los distintos procesos productivos, tales como:

En la Planta de Sulfuros

- Instalar filtros a presión en planta concentradora.

- Privilegiar el transporte hidráulico del concentrado.

En los tranques de relave

- Mejorar el diseño para obtener un mayor nivel de recuperación de aguas, ya que las mayores pérdidas en el tranque son por evaporación, infiltración y retención.
- Cubrir el fondo y muro del tranque con material impermeable como grava, arcilla o ripios de lixiviación.
- Acumular los finos en el fondo del tranque para impermeabilizarlo y evitar infiltración.
- Instalar un dren basal en los tranques para disminuir las pérdidas por filtración.
- Instalar espesadores de relaves para aumentar la concentración en peso de la pulpa de relave a transportar.
- Realizar filtrado de relaves.

Otras prácticas de carácter general para aumentar la eficiencia en el uso del recurso hídrico son las siguientes:

- Cubrir las piscinas de soluciones de proceso con cubiertas flotantes para evitar la evaporación.
- Automatizar las salas de bombas y los molinos.
- Instalar sistemas de detección de fugas.
- Realizar la carga a estanques, camiones aljibes e instalaciones, con procedimientos adecuados para evitar derrames.

- Utilizar válvulas para interrupción de suministro, con el objeto de evitar pérdidas de agua en caso de emergencias.
- Optimizar el riego de caminos. El regadío debe cubrir como mínimo la mitad del ancho del camino, se debe efectuar en horas de baja evaporación y de alto tráfico vehicular.

A continuación se entregan algunas prácticas de diferentes formas de utilización de las aguas recuperadas:

- El agua recuperada de los relaves es reutilizada como agua de procesos, se destina a piscinas de reserva y a estanques de almacenamiento, en la División El Soldado se usa principalmente en la planta concentradora.
- El agua recuperada desde drenes del tranque de relaves también puede ser enviada a clasificación de relaves en el muro para dilución.
- El agua recuperada desde espesamiento y filtrado de concentrados se destina a piscinas de aguas recuperadas y procesos, riego de áreas verdes y planta concentradora.
- Tanto las aguas servidas como los riles tratados pueden ser recirculados al proceso para ser utilizados en forma industrial en la planta concentradora y en el riego de caminos y áreas verdes.

8.3. Nuevas formas de gestión del recurso hídrico

En el último tiempo se han ido creando una serie de tecnologías que ayudarían a los procesos mineros a gestionar de mejor forma el recurso hídrico, tanto en un nivel técnico, como inculcando un compromiso en todos los que participan en el proceso de la importancia del cuidado del agua, especialmente cuando se cuenta con muy pocos recursos a causa de una sequía que ha afectado la zona central del país, lugar en donde se encuentra la División El

Soldado. Cabe recordar que el recurso hídrico no sólo debe ser usado eficientemente, sino que también se deben procurar nuevas instancias para aumentar su disponibilidad.

Debido a que los costos de implementación y operación varían dependiendo de la tecnología requerida y de las características de la faena, la aplicabilidad de cada una de las opciones señaladas debe ser motivo de estudio por parte de la Anglo American, de tal modo que la adopción de nuevas prácticas resulte en una contribución real a la disminución del consumo de agua fresca para la División El Soldado y no en la implementación de medidas cuyo aporte al sistema es despreciable en comparación con los costos involucrados.

A continuación se describen algunas de las mejoras propuestas, divididas en 2 grupos:

- 1) Tecnologías para optimizar el consumo del recurso hídrico, y
- 2) Tecnologías para aumentar los recursos hídricos disponibles.

8.3.1 Tecnologías para optimizar el consumo del recurso hídrico

Control automático del espesamiento

El espesamiento de pulpas (mineral molido, relaves, concentrado) puede ser totalmente automatizado mediante una adecuada instrumentación de todos los flujos, monitoreo de altura de interfase (pulpa-agua), del torque, de las rastras, así como de la adición de floculante, todos ellos conectados a un controlador inteligente que optimice permanentemente la recuperación de agua mediante comandos de los sistemas de descarga, dosificación de floculantes y la posición o velocidad de giro de las rastras.

Este control automático, que sería similar a otros procesos mineros (por ejemplo, molienda semiautógena), permite aumentar en 2% a 3% la concentración de la descarga respecto al control manual actual. El esquema de espesaje automatizado puede incorporarse tanto a sistemas convencionales como a sistemas ya mejorados, utilizando los mismos espesadores existentes.

Las principales ventajas del sistema son sus bajos costos de inversión y operación, y que la tecnología a utilizar es ampliamente conocida en el país. Sin embargo, requiere de una mantención instrumental permanente y compleja, además de un cambio de cultura laboral.

Monitoreo permanente de consumos

Como se mencionaba anteriormente, el monitoreo de los flujos de agua promueve un uso racional del recurso y colabora en la creación de un cambio en la cultura operacional, permitiendo ahorros de agua considerables, de hasta un 2%, en las faenas mineras complejas.

Esta alternativa utiliza tecnología ampliamente conocida, como la instalación de flujómetros en las diferentes secciones de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito, presenta un bajo costo operacional y entrega la percepción de un manejo óptimo de los recursos, mejorando la imagen de la empresa en la comunidad. No obstante, requiere de inversiones relevantes en instrumentación y control, y de un cambio real en la cultura operacional.

Según el consumo de agua fresca que presente y la posibilidad de optimizarlo, esta alternativa puede resultar más o menos conveniente.

Espesaje extremo (depósito de relaves en pasta)

Esta tecnología de optimización de consumos, corresponde a la construcción de espesadores de mayor altura que lo habitual, 15 a 20 [m], que permiten descargar pulpas de alta densidad (65 a 75% en relaves), logrando incrementar en un 8% la concentración en peso del relave con respecto a espesadores convencionales de alta eficiencia (15% de ahorro de agua). Las descargas de los relaves en pasta (hiperconcentrados) deben ser impulsadas por bombas de desplazamiento positivo y el manejo de relaves en el tranque debe utilizar un método de depósito inclinado. En la División El Soldado la técnica de depósito de relaves en pasta puede ser utilizada para rellenar la mina subterránea que fue cerrada en noviembre del año 2010.

8.3.2 Tecnologías para aumentar los recursos hídricos disponibles

Cuando las faenas ya no pueden optimizar aún más el consumo del recurso hídrico, los nuevos requerimientos surgidos de una expansión, una disminución de la cantidad de agua disponible en la fuente de abastecimiento o la necesidad de compartir el recurso existente con otros consumidores, obligan a la empresa a pensar en nuevas alternativas para disponer de recursos adicionales, entre las cuales es posible mencionar la utilización de embalses artificiales y reservorios subterráneos para el almacenamiento de los nuevos recursos generados a partir de crecidas naturales de los ríos, o bien, a través de técnicas como la precipitación artificial.

Precipitación artificial

Esta alternativa corresponde al bombardeo químico de nubes para incentivar la lluvia y/o aumentar el volumen de las precipitaciones. En la zona central del país, ello sería factible durante la época de otoño. Sin embargo, es necesario realizar una investigación climática para determinar el grado de confiabilidad del método en el valle del Aconcagua. Además, se requiere de la autorización de la DGA para que las empresas mineras que utilicen esta técnica puedan aprovechar los nuevos recursos hídricos generados.

Embalses superficiales para crecidas

En la zona central del país, las aguas provenientes de crecidas de los principales ríos no son utilizadas y las aguas de dichas crecidas se pierden en el mar. Asimismo, los derechos consuntivos eventuales (para un 15% de excedencia) están disponibles o son de muy bajo costo de transacción.

La División El Soldado podría adquirir dichos recursos para construir embalses interanuales en el Río Aconcagua, ya sea en forma independiente o en asociación con regantes.

La construcción de embalses de mediana a gran magnitud (50-100 Mm³), posibilitarían la realización de grandes proyectos mineros o proyectos mixtos, donde el aumento de la disponibilidad de recurso hídrico no es sólo para la minería, sino que también para la agricultura, el turismo o simplemente en forma de agua potable.

La gran desventaja que presenta esta alternativa son los altos costos de inversión requeridos para la construcción de un embalse interanual, así como las conducciones asociadas que llevarían el recurso hasta los centros de consumo. Sin embargo, el costo operativo de dichos embalses, una vez construidos, es muy reducido. La variabilidad hidrológica también representa un factor de incertidumbre que debe ser considerado, pues no hay seguridad de contar con el recurso en forma permanente.

CONCLUSIONES

Para todos los procesos productivos, el agua es de gran importancia, especialmente en la minería, en donde el recurso hídrico es fundamental, por lo que se busca realizar una gestión adecuada, ya que es la clave para la sustentabilidad a largo plazo. Por este motivo, el objetivo de esta memoria fue realizar un balance de agua de la Planta de Sulfuros y Tranque El Torito para identificar los mayores consumos del recurso, tener una base de datos, dar propuestas de mejoras para así tomar medidas que permitan el ahorro del recurso hídrico.

Para lograr este objetivo, se realizó un reconocimiento y familiarización de las líneas de aguas de la planta y tranque con el fin de incluirlas en el flowsheet del proceso. Con respecto al suministro, se concluye que el mayor abastecimiento del recurso hídrico se debe al agua recirculada del tranque con un 74,40%, seguida por un 20,74% de agua fresca proveniente de la Estación El Melón, que de acuerdo con los derechos de aguas con que cuenta la empresa, ésta ocupa solamente el 43% de ellos, lo cual es positivo y ventajoso ya que siempre se desea disminuir el agua fresca incentivando el uso eficiente del recurso hídrico.

Debido a que no todos los flujos cuentan con la instrumentación necesaria para contabilizar el agua, fue necesario determinar los puntos en que se necesitan flujómetros, obteniendo un total de 17 medidores de flujos propuestos para comprar e instalar en la planta y el tranque. Al identificar esos lugares, se hizo una medición puntual, y a partir de los valores obtenidos se pudo realizar el balance de agua de la planta y luego el del tranque.

Con respecto a la determinación de los mayores consumos de agua, se consideraron sólo los datos obtenidos desde el programa PI DataLink (flujos que cuentan con medidor en línea) no considerando los flujos “fortuitos” que existen y no son contabilizados. Se concluye que efectivamente existe un aumento del consumo de agua, siendo la Molienda SAG la que

presenta una mayor alza, la cual es seguida de la Molienda Convencional, específicamente la sección 1.

Si bien, en la molienda SAG el aumento de agua no es tan elevado, si se hace notable cuando se calcula el consumo específico que cada vez es mayor. La razón agua/mineral aumentó notablemente el año 2012, porque comparativamente el tratamiento de mineral por hora resultó ser inferior a los meses del 2011, ya que para procesar una tonelada de mineral actualmente se está gastando más agua que en los meses pasados. Al comparar los meses desde enero a abril del 2011 y 2012, se produce un aumento desde 0,71 [m³/t] a 0,87 [m³/t]. Por lo tanto se está utilizando más agua para tratar la misma cantidad de mineral.

En cuanto a la Molienda Convencional, se puede observar un aumento en los consumos de las cuatro secciones, pero la que sin duda consume más es la sección 1, ya que el agua de la cuba, ha aumentado considerablemente llegando a un valor máximo de 58,49 [m³/h] en abril del 2012, que en comparación con el año anterior aumentó en 34 [m³/h].

El aumento sostenido del consumo de agua, puede deberse a diversos factores tales como, introducir una mayor cantidad de agua en el control Experto, existencia de fugas, derrames o bien se está agregando más agua por los flujos no controlados.

Al realizar el balance de agua de la planta y tranque, se concluye que la División El Soldado cuenta con indicadores de eficiencia positivos, porque posee un make up bajo en comparación con otras mineras, ya que en los meses de estudio del año 2011 y 2012 se obtuvo un promedio de 0,64 [m³ agua fresca/ton mineral tratado], siendo que las otras mineras poseen un make up promedio mayor a 1. En relación al porcentaje de recuperación, la empresa cuenta con un 79% en promedio entre los años 2011 y 2012. A pesar de que ambos indicadores son óptimos en comparación con las otras mineras, la División El Soldado, siempre pretende implementar nuevas técnicas y/o tecnologías para obtener un proceso eficiente, incentivando un uso racional del recurso hídrico.

Por este motivo se generan una serie de propuestas de mejoras para optimizar el consumo del recurso hídrico, las cuales van orientadas por una parte a optimizar el uso del recursos, a través de mejoras en los procesos y localizando los puntos en donde se desperdicia el vital elemento, como también tratar de conseguir mayor cantidad de agua disponible utilizando medios tecnológicos.

Para el optimizar el consumo de agua se propuso la automatización de espesamiento, monitoreo permanente de consumos y depósito de relaves en pasta. Para un mejor monitoreo, se propone la compra e instalación de 17 flujómetros magnéticos que tienen un costo cercano a los US\$ 140.000, con esta propuesta se logrará obtener un balance de agua preciso y correcto, contar con una base de datos con información certera, tener un control del proceso continuo, logrando un beneficio económico para Anglo American, debido a las medidas de control que se podrán tomar para la optimización del recurso hídrico. A su vez, se propone el cambio de una cañería que se encuentra en mal estado y que tiene arranques de agua manuales, es decir no controlados. Al reemplazar esta tubería y eliminar los flujos de agua innecesarios, se logrará utilizar menos agua para realizar las mismas tareas.

En tanto para aumentar la cantidad de agua disponible se propuso, la precipitación artificial en la zona del valle del Aconcagua o construir en esta misma área un embalse superficial para crecidas.

GLOSARIO

Calidad del Agua: Propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua.

Concentración: Es la etapa del proceso productivo del cobre que sigue a la extracción del mineral sulfurado. En esta etapa se realiza el proceso de chancado, molienda y flotación, a partir del cual se obtiene el concentrado de cobre.

Depósito de Relaves: Toda obra, estructurada en forma segura, para contener los relaves provenientes de la planta concentradora. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente definitivo, de los materiales sólidos provenientes del relave transportado desde la planta, permitiendo así la recuperación de parte del agua contenida.

Ecosistema: Medio ecológico dentro del cual todas las poblaciones de una comunidad están en interacción entre ellas y con el medio ambiente.

Efluente: Agua o aguas residuales que fluyen fuera de un embalse o de una planta de tratamiento. También se refiere a la descarga de residuos líquidos, generalmente contaminantes, provenientes desde una industria u otro recinto.

Embalse: Emplazamiento, natural o artificial, usado para el almacenamiento, regulación y control de los recursos hídricos.

Escorrentía: Parte de la precipitación que se presenta en forma natural como flujo en un curso de agua.

Lluvia artificial: Precipitación de partículas de agua en forma líquida o sólida, atribuible a la acción del hombre sobre las nubes como en el caso de la siembra de nubes.

Mineral: Se refiere a la masa rocosa mineralizada o recurso que es susceptible de extraerse y procesarse con beneficio económico. De esta manera, se diferencia entre mineral y estéril, ganga o lastre, que no tiene valor económico.

Muro: Zona estructurada artificialmente para complementar perímetro natural que presenta la geografía.

Muro de pie: El que se construye, generalmente de material de empréstito, en el extremo de aguas abajo del muro de contención. Tiene por objeto dar un límite físico al depósito de relaves y evitar el derrame de material fuera de la traza del prisma resistente.

Pérdidas por infiltración: Pérdida de agua por infiltración en el suelo desde un canal u otra masa de agua.

Recursos hídricos: Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable.

Relave: Suspensión de sólidos en líquidos, formando una pulpa, que se generan y desechan en las plantas de concentración húmeda de especies minerales que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina.

Requerimiento de agua: Cantidad de agua necesaria para que se realice una actividad o proceso, o para que pueda funcionar una faena.

Siembra de nubes: Introducción de partículas de un material apropiado (por ejemplo dióxido de carbono, yoduro de plata) en una nube con la intención de modificar su estructura y provocar su disipación o precipitación.

Sistema de abastecimiento de agua: Todos los embalses, bombeos, tuberías y obras necesarias para suministrar agua en cantidad y calidad adecuada para los distintos sectores de consumo.

Tranque de relaves: Aquel depósito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave (arenas).

Utilización del agua: Utilización o alteración de la condición natural del agua con la intención de aumentar la producción de bienes y servicios.

BIBLIOGRAFÍA

- Consumo de Agua en la Minería del Cobre 2011. Comisión Chilena del Cobre, 2011.
- Derechos, extracciones y tasas unitarias de consumo de agua del sector minero regiones centro-norte de Chile, Proust consultores, 2008.
- Evaluación sistema de abastecimiento de Agua subterránea, mina El Soldado SRK consultores, 2004.
- Proyecto de ampliación del Tranque de Relaves El Torito, COREMA Región de Valparaíso, 2004.
- Reglamento Depósitos Relaves 248”, Ministerio de Minería, Chile, 2009.

ANEXOS

Anexo 1: Requisitos Aplicables a Tranques de Relaves

Artículo 84.- En el permiso para emprender la construcción de tranques de relave, a que se refiere el artículo 47 del D.S. N° 86/70 del Ministerio de Minería, Reglamento de Construcción y Operación de Tranques de Relaves, el Servicio Nacional de Geología y Minería ha informado favorablemente mediante Ord.N°381/2004 del 07.04.04.

Artículo 90.- En el permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, a que se refiere el artículo 71 letra b) del D.F.L. 725/67, Código Sanitario, el Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota ha informado favorablemente mediante Ord.N°555 del 06.05.04

Artículo 91.- En el permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza, a que se refiere el artículo 71 letra b) del D.F.L. N° 725/67, Código Sanitario, el Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota ha informado favorablemente mediante Ord.N°555 del 06.05.04

Artículo 96.- En el permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales para complementar alguna actividad industrial con viviendas, dotar de equipamiento a algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico; o para las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos, a que se refieren los incisos 3° y 4° del artículo 55 del D.F.L. N° 458/75 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. El Servicio Agrícola y Ganadero ha informado mediante Ord. N°1043 del 12.08.04 que informa favorablemente este permiso y que la empresa deberá realizar el trámite sectorial en la oficina del S.A.G. de la jurisdicción.

Artículo 99.- En el permiso para la caza o captura de los ejemplares de animales de las especies protegidas, a que se refiere el artículo 9° de la Ley N° 4.601, sobre Caza.

Artículo 101.- En el permiso para la construcción de las obras a que se refiere el artículo 294 del D.F.L. N° 1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas, la SEREMI de Obras Públicas.

Artículo 102.- En el permiso para corta o explotación de bosque nativo, en cualquier tipo de terrenos, o plantaciones ubicadas en terrenos de aptitud preferentemente forestal, a que se refiere el artículo 21 del Decreto Ley N° 701, de 1974, sobre Fomento Forestal.

Artículo 106.- En el permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales, a que se refiere el segundo inciso del artículo 171 del D.F.L. N° 1.122 de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas, la SEREMI de Obras Públicas ha informado mediante Ord.N°231 del 16.04.04 que la D.G.A. mediante Ord. N°0670 del 16.04.04.

Ley N°18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura (LG.P.A.), al D.S.N°430/91 que refunde, coordina y sistematiza la LG.P.A., y el D.F.L.N°1/91 con respecto a la calidad del agua la biodiversidad acuática y los recursos hidrobiológicos.

D.S.N°146/97 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas.

Ley N° 17.288, sobre Monumentos Nacionales.

Artículos 294 y 171 del Código de Aguas, en todo lo relacionado con los aspectos técnicos no ambientales.

Ley 19.300/94 del MINSEGPRES, respecto de riesgo para la salud de la población debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos.

Anexo 2: Abastecimiento de agua [m³/mes]. Años 2007-2011

Año 2007

Estación	ene-07	feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	278.426	242.762	276.271	271.946	258.925	258.873	259.127	282.541	265.460	270.471	261.383	284.395	3.210.580
Rec.Tr. El Torito	1.135.145	997.174	1.130.214	1.220.186	1.229.557	1.232.492	1.260.207	1.381.158	1.286.801	1.369.844	1.114.291	1.066.547	14.423.616
Dren Tranque El Cobre	8.915	8.024	8.885	8.627	8.696	8.591	8.916	8.927	8.640	2.976	2.880	2.976	87.053
Total	1.422.486	1.247.960	1.415.370	1.500.759	1.497.178	1.499.956	1.528.250	1.672.626	1.560.901	1.643.291	1.378.554	1.353.918	17.721.249

Año 2008

Estación	ene-08	feb-08	mar-08	abr-08	may-08	jun-08	jul-08	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	377.219	386.526	439.125	402.689	406.566	295.612	276.667	192.325	264.547	346.552	293.074	325.037	4.005.939
Rec.Tr. El Torito	1.009.688	950.450	972.169	939.220	951.027	782.567	846.614	897.657	897.247	870.208	839.800	855.448	10.812.095
Dren Tranque El Cobre	2.976	2.784	2.880	2.784	5.208	5.184	5.186	5.356	5.184	5.184	2.592	2.480	47.798
Agua Mina	52.080	48.720	52.080	50.400	52.080	50.400	52.080	52.080	50.400	52.080	50.400	52.080	614.880
Total	1.441.963	1.388.480	1.466.254	1.395.093	1.414.881	1.133.763	1.180.547	1.147.418	1.217.378	1.274.024	1.185.866	1.235.045	15.480.712

Año 2009

Estación	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09	ago-09	sep-09	oct-09	nov-09	dic-09	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	322.623	305.203	347.327	338.488	333.956	278.846	255.118	255.144	237.742	253.769	274.620	261.189	3.464.024
Rec.Tr. El Torito	860.035	776.900	942.131	1.008.339	1.029.840	968.600	953.081	915.579	1.096.537	1.221.237	1.064.117	1.215.839	12.052.235
Dren Tranque El Cobre	2.419	2.016	2.678	2.592	2.678	2.592	2.016	2.016	2.016	2.408	1.296	2.678	26.023
Lluvias y quebradas	0	0	0	0	0	229.015	50.033	16.943	171.818	0	0	0	467.809
Agua Mina	52.080	47.040	52.080	50.400	52.080	50.400	52.080	52.080	50.400	52.080	51.600	52.080	614.400
Total	1.237.156	1.131.159	1.344.216	1.399.819	1.418.554	1.529.453	1.312.328	1.241.762	1.558.513	1.529.494	1.391.633	1.530.404	16.624.491

Año 2010

Estación	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-09	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	373.131	275.353	282.394	228.780	244.363	216.516	216.516	212.898	229.631	257.411	267.910	284.660	3.089.563
Rec.Tr. El Torito	728.909	1.020.545	1.220.372	1.077.436	1.254.789	1.066.539	1.148.806	1.139.416	1.072.477	1.122.146	1.088.322	1.055.171	12.994.928
Dren Tranque El Cobre	2.678	2.419	2.946	2.592	2.678	2.851	2.678	2.678	2.592	2.678	2.592	2.678	32.060
Lluvias y quebradas	0	0	0	0	0	167.189	89.761	21.259	41.337	7.086	25.995	0	352.627
Agua Mina	140.160	11.894	66.960	80.640	53.568	13.392	83.833	104.189	85.795	112.680	56.246	48.211	857.568
Total	1.244.878	1.310.211	1.572.672	1.389.448	1.555.398	1.466.487	1.541.594	1.480.440	1.431.832	1.502.001	1.441.065	1.390.720	17.326.746

Año 2011

Estación	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	332.386	355.654	400.888	416.293	431.669	374.716	385.176	396.278	369.035	391.191	398.265	420.094	4.671.645
Balsa Torito + Dren Torito	1.207.106	1.043.567	1.026.962	1.134.976	1.177.352	1.244.150	1.506.346	1.518.051	1.479.057	1.395.172	1.491.324	1.568.846	15.792.909
Dren Tranque El Cobre	2.678	2.419	2.678	2.592	2.678	2.592	1.339	2.678	2.304	2.380	2.160	2.232	28.730
Lluvias y quebradas	0	0	0	0	0	294.635	160.592	122.967	5.443	4.393	252		588.282
Agua mina	42.480	29.030	22.498	17.884	18.480	50.621	77.376	104.160	81.129	54.341	42.508	55.152	595.659
Total	1.584.650	1.410.670	1.453.026	1.571.745	1.630.179	1.966.714	2.130.829	2.144.134	1.936.968	1.845.335	1.934.509	2.046.324	21.657.225

Resumen: Abastecimiento de agua [m³/año] y Aporte porcentual. Años 2007-2011.

Estación	2007	2008	2009	2010	2011	Promedio	Porcentaje
Melón - Los Litres	3.210.580	4.005.939	3.464.024	3.089.563	4.651.646	3.684.350	20,74%
Recirculación Tranque El Torito	14.423.616	10.812.095	12.052.235	12.994.928	15.792.909	13.215.157	74,40%
Dren Tranque El Cobre	87.053	47.798	26.023	32.060	28.730	44.333	0,25%
Lluvias y quebradas	-	-	467.809	352.627	588.282	281.744	1,59%
Agua Mina	0	614.880	614.400	857.568	595.659	536.501	3,02%
Total	17.721.249	15.480.712	16.624.491	17.326.746	21.657.225	17.762.085	100,00%

Anexo 3: Flowsheet Planta de Sulfuros, División El Soldado (Figura 3.1).

Flowsheet líneas de agua Planta de Sulfuros, División El Soldado (Figura 3.2)

Anexo 4: Flowsheet Molienda Convencional (Figura 3.5).

Anexo 5: Flowsheet Flotación de Sulfuros (Figura 3.6).

Los anexos mencionados se encuentran en la contratapa.

Anexo 6: Fotografías y ubicación de Medidores de Flujo Agua Fresca.

Nota: En Rojo se indica la posible ubicación de los flujómetros.

Medidores de flujo



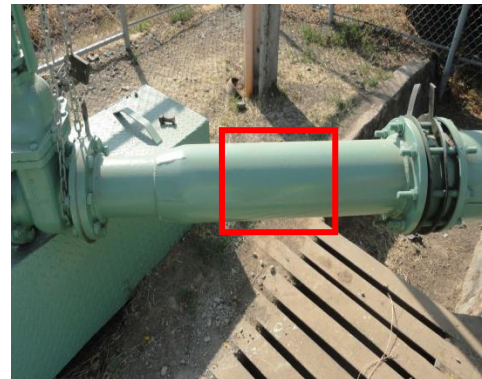
Pozo 1 Los Litres



Posible Ubicación Pozo 1 Los Litres



Pozo 2 Los Litres



Posible Ubicación Pozo 2 Los Litres



Pozo 3 Los Litres



Posible Ubicación Pozo 3 Los Litres



Pozo 4 Los Litres



Posible Ubicación Pozo 4 Los Litres



Pozo 5 Los Litres



Posible Ubicación Pozo 5 Los Litres



Pozo 6 Los Litres



Posible Ubicación Pozo 6 Los Litres



Flujómetro Pozos Los Litres



Descarga Pozo 1 Melón



Pozo 2 Melón



Descarga Pozo 2



Pozo 3 Melón



Descarga Pozo 3 Melón



Pozo 4 Melón



Descarga Pozo 4 Melón



Pozo 6 Melón



Descarga Pozo 6 Melón



Pozo 9 Melón



Flujómetro Pozo 9 Melón



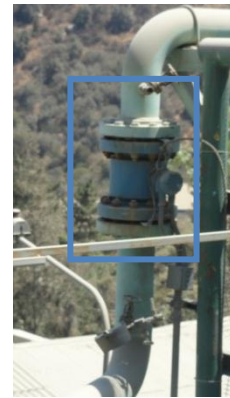
Pozo 10 Melón



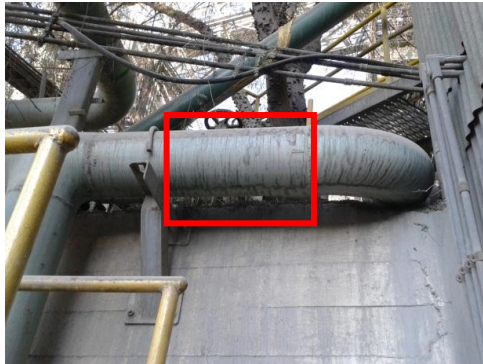
Descarga Pozo 4 y 10 Melón



Línea alimentación Estanque Agua Potable



Flujómetro Agua Mina



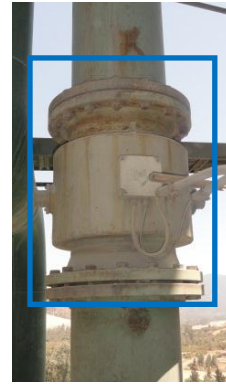
Línea KSB Agua Fresca



Flujómetro descarga bombas KSB.



Indicador de Flujo Línea Re-elevadora



Flujómetro Línea Agua Fresca desde El Melón



Indicador Línea Agua Fresca desde El Melón

Anexo 7: Fotografías y ubicación de Medidores de Flujo Planta de Sulfuros y Tranque El Torito

Nota: En Rojo se indica la posible ubicación de los flujómetros.

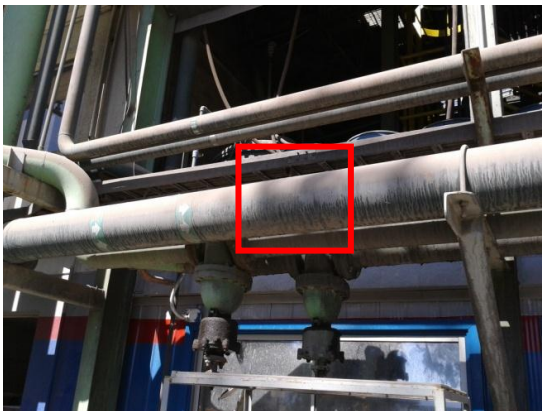
Flujómetros Propuestos



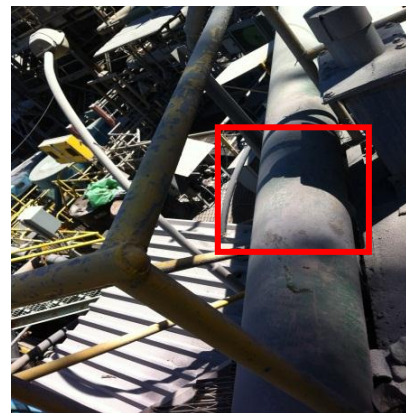
(1) Línea A Cloración



(2) Entrada Red Incendio



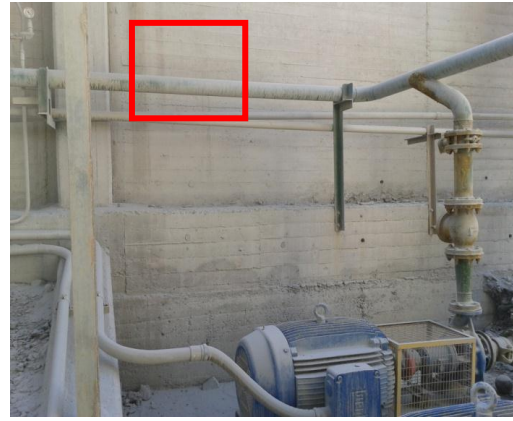
(3) Abastecimiento a Flotación



(4) Arranque alimentación Molinos e Hidrociclones



(5) Agua servicio desde Estanque SAG



(6) Línea Alta presión



(7) Agua proceso desde Estaque SAG



(8) Desde laguna a Estanque SAG



(9) Sellado Laguna



(10) Lamas Corta

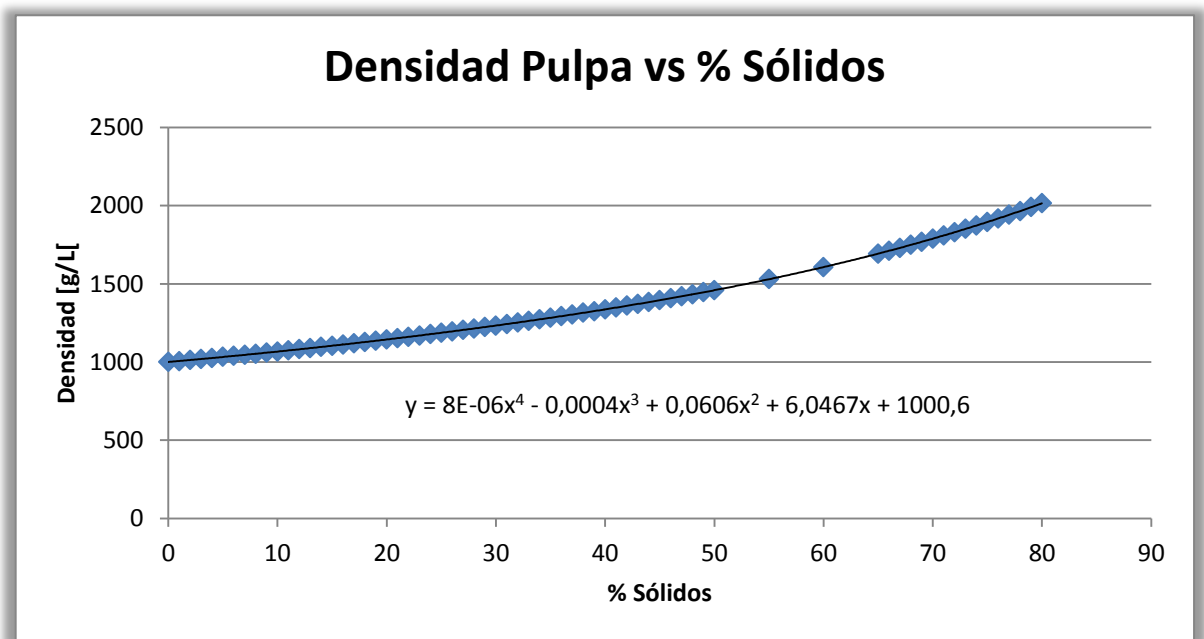


(11) Lamas Larga



(12) Entrada Agua Fresca a KSB

Anexo 8: Densidad de Pulpa (Relave) en función de la composición de Sólidos



Anexo 9: Conversión de altura a caudal.

Agua Mina

Altura H [cm]	Caudal [l/s]	Caudal [m ³ /h]	Altura H [cm]	Caudal [l/s]	Caudal [m ³ /h]
5,0	0,8	2,8	20,5	26,3	94,5
5,5	1,0	3,5	21,0	27,9	100,4
6,0	1,2	4,4	21,5	29,6	106,5
6,5	1,5	5,4	22,0	31,3	112,8
7,0	1,8	6,4	22,5	33,1	119,3
7,5	2,1	7,7	23,0	35,0	126,0
8,0	2,5	9,0	23,5	36,9	133,0
8,5	2,9	10,5	24,0	38,9	140,2
9,0	3,4	12,1	24,5	41,0	147,6
9,5	3,8	13,8	25,0	43,1	155,3
10,0	4,4	15,7	25,5	45,3	163,1
10,5	4,9	17,7	26,0	47,6	171,2
11,0	5,5	19,9	26,5	49,9	179,6
11,5	6,2	22,3	27,0	52,3	188,2
12,0	6,9	24,8	27,5	54,7	197,0
12,5	7,6	27,4	28,0	57,2	206,1
13,0	8,4	30,3	28,5	59,8	215,4
13,5	9,2	33,3	29,0	62,5	225,0
14,0	10,1	36,4	29,5	65,2	234,8
14,5	11,0	39,8	30,0	68,0	244,9
15,0	12,0	43,3	30,5	70,9	255,2
15,5	13,1	47,0	31,0	73,8	265,8
16,0	14,1	50,9	31,5	76,9	276,7
16,5	15,3	54,9	32,0	79,9	287,8
17,0	16,4	59,2	32,5	83,1	299,2
17,5	17,7	63,6	33,0	86,3	310,8
18,0	19,0	68,3	33,5	89,6	322,7
18,5	20,3	73,1	34,0	93,0	334,9
19,0	21,7	78,2	34,5	96,5	347,3
19,5	23,2	83,4	35,0	100,0	360,0
20,0	24,7	88,9			

Tabla N°1: Caudal [l/s] a través de un vertedero triangular de 90°.

La Tabla N°1 indica los caudales en [l/s] para distintas cargas o alturas H en cm. Obtenidos de la fórmula

$$Q = 0,0138 H^{5/2}$$

Dren Tranque 4

Altura H [cm]	Caudal [l/s]	Caudal [m ³ /h]
8,0	0,78	2,80
9,0	0,89	3,20
10,0	1,00	3,60
10,3	1,10	3,96
10,7	1,30	4,68
11,0	1,50	5,40
11,3	1,65	5,94
11,7	1,80	6,48
12,0	2,00	7,20
12,3	2,10	7,56
12,7	2,20	7,92
13,0	2,35	8,46
13,3	2,45	8,82
13,7	2,65	9,54
14,0	2,85	10,26
14,3	3,00	10,80
14,7	3,10	11,16
15,0	3,25	11,70
15,3	3,45	12,42
15,7	3,80	13,68
16,0	4,00	14,40
16,3	4,10	14,76
16,7	4,55	16,38
17,0	4,75	17,10
17,3	4,90	17,64

Tabla N°2: Caudal [l/s] a través de un vertedero angular de 30°
Los Valores de Caudal para las Alturas H=8 y H=9 son estimadas

Anexo 10: Balance de agua Tranque El Torito, año 2011 y meses de estudio del 2012

	N° Corriente	Nombre Corriente	11-ene	11-feb	11-mar	11-abr	11-may	11-jun	11-jul	11-ago	11-sep	11-oct	11-nov	11-dic	Unidad
ENTRADA	1	Agua Relave	1.285.634	1.104.672	1.082.997	1.182.752	1.228.956	1.083.205	1.192.745	1.231.872	1.203.592	1.204.344	1.254.909	1.241.127	m ³ /mes
	37	Aguas Lluvias	0	0,00	0,00	0,00	0,00	294,64	160,59	122,97	5,44	4,39	252,00	0,00	m ³ /mes
	34	Agua Línea 3	97.720	84.280	77.758	73.154	73.760	105.913	132.678	159.472	136.451	109.673	97.850	110.505	m ³ /mes
	23	Agua Bocatomas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m ³ /mes
	20	Agua Rec. Tranque	148.800	134.400	148.800	144000	148800	144000	148800	148800	148800	144000	148800	144000	148800
ACUMULACIÓN	39	Retención Arenas	0	11.435	13.356	14.396	29.213	20.644	30.672	29.164	32.007	34.214	34.508	28.486	m ³ /mes
	38	Retención Lamas	2.748	32.406	42.722	26.830	38.074	34.989	53.910	65.318	51.706	53.701	58.844	55.963	m ³ /mes
	M3	Diferencia Volumen	3.453	11.840	31.169	-1.690	125.945	244.745	27.386	7.706	48.967	-198.644	66.071	-400.258	m ³
SALIDA	13	Agua Recirculación Balsas	1.207.106	1.043.567	1.026.962	1.134.976	1.177.352	1.244.150	1.506.346	1.518.051	1.479.057	1.395.172	1.491.324	1.568.846	m ³ /mes
	29	Agua Recirculación Dren	250,44	199,08	304,92	221,22	233,64	224,64	247,12	252,36	257,36	275,73	257,32	255,80	m ³ /mes
	40	Agua Infiltrada	80.352	72.576	80.352	77.760	80.352	77.760	80.352	80.352	77.760	80.352	77.760	80.352	m ³ /mes
	36	Agua Evaporada	45.533	41.126	45.533	44.064	45.533	44.064	45.533	45.533	4.198	47.012	39.121	60.001	m ³ /mes
BALANCE GENERAL		Total Entrada	1.532.154	1.323.352	1.309.556	1.399.906	1.451.516	1.333.413	1.474.384	1.540.267	1.484.049	1.462.821	1.497.011	1.500.431	m ³ /mes
		Total Acumulación	6.201	55.681	87.246	39.536	193.232	300.379	111.968	102.188	132.679	-110.728	159.423	-315.809	m ³ /mes
		Total Salida	1.333.241	1.157.468	1.153.152	1.257.021	1.303.471	1.366.199	1.632.478	1.644.188	1.561.272	1.522.812	1.608.462	1.709.455	m ³ /mes
	DIFERENCIA BALANCE		192.712	110.202	69.157	103.349	-45.187	-333.164	-270.062	-206.109	-209.903	50.738	-270.874	106.785	m³/mes

	N° Corriente	Nombre Corriente	12-ene	12-feb	12-mar	12-abr	12-may	12-jun	Unidad
ENTRADA	1	Agua Relave	1.289.011	1.097.928	1.254.364	1.207.449	1.356.692	1.285.119	m ³ /mes
	37	Aguas Lluvias	0	0	0	0	133,81	348,43	m ³ /mes
	34	Agua Línea 3	107.320	90.051	107.361	66.091	149.045	235.311	m ³ /mes
	23	Agua Bocatomas	0	0	0	0	0	0	m ³ /mes
	20	Agua Rec. Tranque	148.800	134.400	148.800	144.000	148.800	144.000	m ³ /mes
ACUMULACIÓN	39	Retención Arenas	33.307	33.794	27.701	20.230	23.147	23.222	m ³ /mes
	38	Retención Lamas	62.772	39.353	75.247	90.606	108.353	87.216	m ³ /mes
	M3	Diferencia Volumen	-110.638	-21.922	-57.058	-4.866	165.575	407.235	m ³
SALIDA	13	Agua Recirculación Balsas	1.598.572	1.487.592	1.646.436	1.458.443	1.595.372	1.358.446	m ³ /mes
	29	Agua Recirculación Dren	253,30	155,80	246,40	220,30	230,30	222,30	m ³ /mes
	40	Agua Infiltrada	80.352	72.576	80.352	77.760	80.352	77.760	m ³ /mes
	36	Agua Evaporada	47.854	35.302	30.420	33.202	32.304	31.204	m ³ /mes
BALANCE GENERAL		Total Entrada	1.545.131	1.322.379	1.510.525	1.417.540	1.654.671	1.664.779	m ³ /mes
		Total Acumulación	-14.558	51.226	45.890	105.969	297.076	517.673	m ³ /mes
		Total Salida	1.727.031	1.595.625	1.757.454	1.569.625	1.708.258	1.467.633	m ³ /mes
	DIFERENCIA BALANCE		-167.343	-324.472	-292.819	-258.054	-350.663	-320.526	m³/mes

Balance de agua año 2011 y meses de estudio del 2012 [m³/mes]

Estación	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	332.386	335.654	400.888	416.293	431.669	374.716	385.176	396.278	369.035	391.191	398.265	420.094	4.651.646
Agua Mina Planta	42.480	29.030	22.498	17.884	18.480	50.621	77.376	104.160	81.129	54.341	42.508	55.152	595.659
Lluvias y quebradas	0	0	0	0	0	294.635	160.592	122.967	5.443	4.393	252	0	588.282
Total Abastecimiento Agua fresca	374.866	364.684	423.386	434.177	450.149	719.972	623.144	623.405	455.607	449.925	441.025	475.246	5.835.587
Agua Cátodos	21.258	15.479	15.291	13.828	15.253	14.053	13.748	15.185	17.277	16.405	18.358	16.345	192.481
Agua Planta - Mina	46.800	42.336	56.246	46.440	53.312	53.568	54.312	53.568	51.840	53.568	51.840	52.080	615.910
Otros Consumos (Casino-Serv. Médico.Campamentos)	44.173	36.468	42.339	43.418	45.015	71.997	62.314	62.341	45.561	44.993	44.103	47.525	590.245
Agua Sulfuros	262.635	270.400	309.511	330.492	336.569	580.353	492.769	492.311	340.929	334.960	326.725	359.296	4.436.951
Total Consumo Agua fresca	374.866	364.684	423.386	434.177	450.149	719.972	623.144	623.405	455.607	449.925	441.025	475.246	5.835.587

Estación	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	YTD [m ³ /año]
Melón - Los Litres	366.832	377.998	346.798	379.096	324.448	345.600	357.120	2.497.892
Agua Mina Planta	52.080	34.800	52.080	10.800	93.744	180.000	102.300	525.804
Lluvias y quebradas	0	0	0	0	133.814	348.433	10.293	492.541
Total Abastecimiento Agua fresca	418.912	412.798	398.878	389.896	552.006	874.033	469.713	3.516.237
Agua Cátodos	16.362	6.462	4.919	6.836	5.951	3.144	4.034	47.709
Agua Planta - Mina	54.312	54.312	11.160	50.400	53.560	50.400	52.080	326.224
Otros Consumos (Casino-Serv. Médico.Campamentos)	41.891	41.280	39.888	38.990	55.201	87.403	46.971	351.624
Agua Sulfuros	306.347	310.744	342.911	293.671	437.294	733.085	366.628	2.790.680
Total Consumo Agua fresca	418.912	412.798	398.878	389.896	552.006	874.033	469.713	3.516.237

Costos asociados

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	YTD
Costo Agua Recirculada	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
Agua Recirculada Operacional	-13.265	-3.043	705	93.959	77.750	85.852	26.859	125.125	93.208	181.473	18.421	81.175	768.220
Agua Recirculada Mantenición	10.312	26.902	1.178	16.898	10.788	9.728	-1.026	18.508	17.123	32.506	6.418	6.639	155.973
Total Costo Agua Recirculada	-2.953	23.859	1.883	110.856	88.538	95.581	25.833	143.633	110.331	213.979	24.839	87.814	924.192
Costo Agua Fresca	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
Agua Fresca Operacional	46.663	115.073	44.279	102.449	86.818	-29.247	143.970	121.671	97.695	75.143	49.206	61.453	915.172
Agua Fresca Mantenición	18.140	26.710	-2.478	37.336	84.354	33.906	33.276	20.103	9.788	9.813	9.784	7.298	288.032
Total Costo Agua Fresca	64.803	141.783	41.800	139.785	171.173	4.658	177.246	141.775	107.483	84.957	58.990	68.751	1.203.204
Total Costo Agua Recirculada y Fresca	61.850	165.642	43.683	250.642	259.711	100.239	203.079	285.407	217.814	298.936	83.829	156.565	2.127.397

	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	YTD
Costo Agua Recirculada	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
Agua Recirculada Operacional	80.586	78.178	86.038	101.322	84.864	87.841	86.491	605.320
Agua Recirculada Mantenición	17.002	4.620	29.201	5.526	-6.410	0	3.563	53.501
Total Costo Agua Recirculada	97.588	82.798	115.238	106.848	78.454	87.841	90.054	658.821
Costo Agua Fresca	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
Agua Fresca Operacional	71.846	79.094	106.887	53.288	111.054	78.541	76.902	577.613
Agua Fresca Mantenición	20.989	8.997	1.500	4.660	4.955	21.203	13.927	76.232
Total Costo Agua Fresca	92.835	88.091	108.388	57.947	116.009	99.744	90.830	653.844
Total Costo Agua Recirculada y Fresca	190.423	170.889	223.626	164.795	194.463	187.585	180.883	1.312.665

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	YTD
Unidad	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³
Costo Agua Melón - Los Litres	0,17	0,39	0,10	0,32	0,38	0,01	0,28	0,23	0,24	0,19	0,13	0,14	0,21
Costo Agua Recirculada	0,00	0,02	0,00	0,08	0,06	0,05	0,01	0,07	0,06	0,12	0,01	0,05	0,05
Total	0,03	0,10	0,02	0,13	0,13	0,04	0,08	0,11	0,10	0,14	0,04	0,07	0,08

	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	YTD
Unidad	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³	US\$/m ³
Costo Agua Melón - Los Litres	0,22	0,21	0,27	0,15	0,21	0,11	0,19	0,19
Costo Agua Recirculada	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05
Total	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08

Anexo 11: Valores obtenidos en línea, terreno y por balance de aguas

N° Flujo	Datos en línea	Valor [m³/h]
2	A re-elevadora, camiones aljibes	7
3	Hacia estanque de agua fresca (flujómetro en la Y)	413
4	A planta de óxido	8
5	A mina	70
12	Agua sello	382
13	Desde laguna a Estanque Convencional	255
14	A cuba remolienda	20
17	A cubas molienda convencional	140
18	Desde laguna	1.460
19	Consumo tranquee	160
20	Desde re-elevadora	216
21	Entra a Estanque Sag 24"	747
26	Alimentación molinos Convencional	200
27	Hidrociclones Convencional	60
30	Alimentación a SAG	191
31	Cuba SAG	381

N° Flujo	Datos en terreno	Valor [m³/h]
6	A Cloración	17
9	Entrada Red Incendio	26
10	Entrada Agua Fresca a KSB	250
15	Abastecimiento a Flotación	60
16	Adición agua manual a molinos convencional	77
22	Desde Laguna a SAG	166
23	Agua Servicio desde Estanque SAG	557
24	Agua Proceso desde Estaque SAG	572
25	Arranque para alimentación Molinos e Hidrociclones convencional	260
28	Línea Alta presión	30

N° Flujo	Datos por balance	Valor [m³/h]
1	Pozos los Litres y El Melón	420
7	Entrada a estanque de agua fresca	318
8	Rebose de agua fresca a estanque convencional	42
11	Desde laguna a KSB	132
29	Lavado filtro, línea relave final y flotación arenas	267

Anexo 12: Resultados de Make Up para los años 2007-2011 y meses de estudio

Make Up para los años 2007-2011

Años	Mineral tratado [ton]	Consumo agua fresca [m³]	Make Up [m³ agua fresca / ton mineral tratado]
2007	7.400.793	3.210.580	0,43
2008	6.806.288	4.620.819	0,68
2009	9.171.284	4.546.233	0,50
2010	7.176.119	4.299.758	0,60
2011	9.096.010	5.835.587	0,64

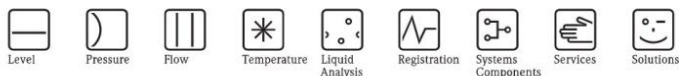
Resultados de Make Up para los meses de estudio

Mes	Mineral tratado [ton]	Consumo agua fresca [m³]	Make Up [m³ agua fresca / ton mineral tratado]
ene-11	799.489	374.866	0,47
feb-11	724.898	364.684	0,50
mar-11	710.722	423.386	0,60
abr-11	736.615	434.177	0,59
may-11	720.637	450.149	0,62
jun-11	690.975	719.972	1,04
jul-11	739.040	623.144	0,84
ago-11	782.033	623.405	0,80
sep-11	780.297	455.607	0,58
oct-11	787.798	449.925	0,57
nov-11	823.121	441.025	0,54
dic-11	800.386	475.246	0,59
ene-12	829.106	418.912	0,51
feb-12	652.647	412.798	0,63
mar-12	729.075	398.878	0,55
abr-12	722.379	389.896	0,54
may-12	764.837	552.006	0,72
jun-12	708.404	874.033	1,23
jul-12	746.799	469.713	0,63

Anexo 13: Resultados de la recuperación para los meses de estudio.

Mes	Agua recuperada [m³]	Consumo de agua fresca planta de sulfuros [m³]	% Recuperación [m³ agua recuperada/m³ agua total]
ene-11	1.209.784	262.635	82,16%
feb-11	1.045.986	270.400	79,46%
mar-11	1.029.640	309.510	76,89%
abr-11	1.137.568	330.491	77,49%
may-11	1.180.030	336.569	77,81%
jun-11	1.246.742	580.353	68,24%
jul-11	1.507.685	492.769	75,37%
ago-11	1.520.729	492.311	75,54%
sep-11	1.481.361	340.928	81,29%
oct-11	1.397.552	334.959	80,67%
nov-11	1.493.484	326.724	82,05%
dic-11	1.571.078	359.296	81,39%
ene-12	1.600.655	306.347	83,94%
feb-12	1.489.540	310743	82,74%
mar-12	1.648.519	342.910	82,78%
abr-12	1.460.459	293.670	83,26%
may-12	1.597.405	437.293	78,51%
jun-12	1.360.462	733.085	64,98%
jul-12	1.478.993	366.628	80,14%

Anexo 14: Información técnica de medidores de flujo Proline Promag 53W, 50W y 55S



Technical Information

Proline Promag 50W, 53W

Electromagnetic Flow Measuring System

Flow measurement of liquids in water or wastewater applications



Application

Electromagnetic flowmeter for bidirectional measurement of liquids with a minimum conductivity of $\geq 5 \mu\text{S}/\text{cm}$:

- Drinking water
- Wastewater
- Sewage sludge
- Flow measurement up to $110\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($484\,315 \text{ gal}/\text{min}$)
- Fluid temperature up to $+80 \text{ }^\circ\text{C}$ ($+176 \text{ }^\circ\text{F}$)
- Process pressures up to 40 bar (580 psi)
- Lengths in accordance with DVGW/ISO

Application-specific lining of the measuring pipe from polyurethane or hard rubber with the following drinking water permissions:

- KTW
- WRAS
- NSF
- ACS

Approvals for hazardous area:

- ATEX
- IECEx
- FM

- CSA
- NEPSI

Connection to process control system:

- HART
- PROFIBUS DP/PA
- FOUNDATION Fieldbus
- MODBUS RS485

Your benefits

Promag measuring devices offer you cost-effective flow measurement with a high degree of accuracy for a wide range of process conditions.

The uniform Proline transmitter concept comprises:

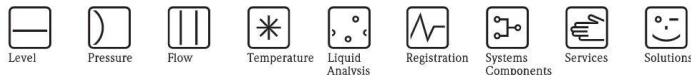
- Modular device and operating concept resulting in a higher degree of efficiency
- Software options for batching, electrode cleaning and for measuring pulsating flow
- High degree of reliability and measuring stability
- Uniform operating concept

The tried-and-tested Promag sensors offer:

- No pressure loss
- Not sensitive to vibrations
- Simple installation and commissioning

T1046D/06/en/11.09
71106269

Endress+Hauser 
People for Process Automation



Technical Information

Proline Promag 55S

Electromagnetic Flow Measuring System

Flow rate measurement of liquids with solids content or inhomogeneous liquids



Application

Electromagnetic flowmeter for bidirectional measurement of liquids with a minimum conductivity of $\geq 5 \mu\text{S}/\text{cm}$ – in particular fluids with solids, and fluids which are abrasive, inhomogeneous or tend to build-up, for example:

- Chemical/mechanical pulps, paper pulp or wood pulp with solids contents up to 15 Vol.-%
- Fruit mashies, fruit concentrates and final products (salad dressings, soups with vegetable pieces)
- Slurries containing high amounts of sand or stone with an abrasive effect, e.g. ore slurry or mortar
- Chemically inhomogeneous fluids (e.g. additives)
- Thick wastewater sludges
- Flow measurement up to $9600 \text{ m}^3/\text{h}$ (42267 gal/min)
- Can be used up to $+180 \text{ }^\circ\text{C}$ ($+356 \text{ }^\circ\text{F}$) and max. 40 bar (580 psi)
- Fitting lengths as per DVGW/ISO

Application-specific linings and electrodes:

- Natural rubber, hard rubber, polyurethane, PTFE or PFA linings
- Flat, bullet nose, neck, bow or brush electrodes

Approvals for hazardous area:

- ATEX, FM, CSA

Connection to process control system:

- HART, PROFIBUS DP/PA, FOUNDATION Fieldbus

Your benefits

Promag measuring devices offer you cost-effective flow measurement with a high degree of accuracy for a wide range of process conditions.

The Proline transmitter concept comprises of:

- High degree of efficiency due to the modular device and operating concept
- Software options for: electrode cleaning, advanced diagnostics, calculation of mass flow and solids content

The robust Promag S sensors offer:

- Universal devices, even for difficult fluids
- Excellent accuracy and repeatability
- High resistance to abrasion thanks to industry-optimized linings and measuring electrodes
- Optimum operational safety due to advanced, permanent self-diagnosis
- Simple installation and commissioning
- Insensitive to vibration
- No pressure loss

T100071D/06/EN/13.11
71130416

Endress+Hauser 
People for Process Automation

Function and system design

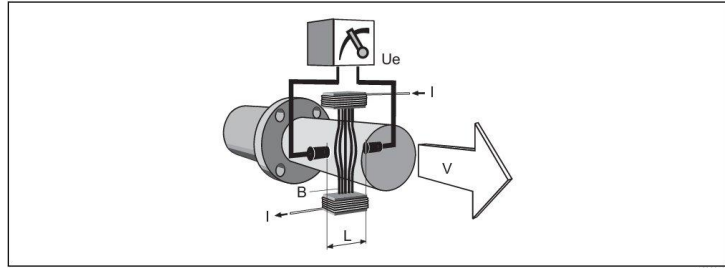
Measuring principle

Following *Faraday's law of magnetic induction*, a voltage is induced in a conductor moving through a magnetic field.

In the electromagnetic measuring principle, the flowing medium is the moving conductor.

The voltage induced is proportional to the flow velocity and is supplied to the amplifier by means of two measuring electrodes.

The DC magnetic field is created through a switched direct current of alternating polarity.



$$U_e = B \cdot L \cdot v$$

$$Q = A \cdot v$$

- U_e Induced voltage
 B Magnetic induction (magnetic field)
 L Electrode spacing
 v Flow velocity
 Q Volume flow
 A Pipe cross-section
 I Current strength

Measuring system

The measuring system consists of a transmitter and a sensor.

Two versions are available:

- Compact version: Transmitter and sensor form a mechanical unit.
- Remote version: Sensor is mounted separate from the transmitter.

Transmitter:

- Promag 50 (user interface with push buttons for operation, two-line display, illuminated)
- Promag 53 ("Touch Control" without opening the housing, four-line display, unilluminated)

Sensor:

- Promag W (DN 25 to 2000 / 1 to 78")

Potential equalization



Warning!

The measuring system must be included in the potential equalization.

Perfect measurement is only ensured when the fluid and the sensor have the same electrical potential. This is ensured by the reference electrode integrated in the sensor as standard.

The following should also be taken into consideration for potential equalization:

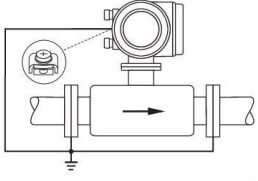
- Internal grounding concepts in the company
- Operating conditions, such as the material/ grounding of the pipes (see table)

Standard situation

Operating conditions	Potential equalization
<p>When using the measuring device in a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Metal, grounded pipe <p>Potential equalization takes place via the ground terminal of the transmitter.</p> <p> Note! When installing in metal pipes, we recommend you connect the ground terminal of the transmitter housing with the piping.</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">A0011892</p> <p style="text-align: center;"><i>Via the ground terminal of the transmitter</i></p>

Special situations

Operating conditions	Potential equalization
<p>When using the measuring device in a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Metal pipe that is not grounded <p>This connection method also applies in situations where:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Customary potential equalization cannot be ensured. ■ Excessively high equalizing currents can be expected. <p>Both sensor flanges are connected to the pipe flange by means of a ground cable (copper wire, at least $6 \text{ mm}^2 / 0.0093 \text{ in}^2$) and grounded. Connect the transmitter or sensor connection housing, as applicable, to ground potential by means of the ground terminal provided for the purpose.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ $\text{DN} \leq 300$ (12"): the ground cable is mounted directly on the conductive flange coating with the flange screws. ■ $\text{DN} \geq 350$ (14"): the ground cable is mounted directly on the transportation metal support. <p> Note! The ground cable for flange-to-flange connections can be ordered separately as an accessory from Endress+Hauser.</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">A0011893</p> <p style="text-align: center;"><i>Via the ground terminal of the transmitter and the flanges of the pipe</i></p>
<p>When using the measuring device in a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Plastic pipe ■ Pipe with insulating lining <p>This connection method also applies in situations where:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Customary potential equalization cannot be ensured. ■ Excessively high equalizing currents can be expected. <p>Potential equalization takes place using additional ground disks, which are connected to the ground terminal via a ground cable (copper wire, at least $6 \text{ mm}^2 / 0.0093 \text{ in}^2$). When installing the ground disks, please comply with the enclosed Installation Instructions.</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">A0011895</p> <p style="text-align: center;"><i>Via the ground terminal of the transmitter and the optionally available ground disks</i></p>

Operating conditions	Potential equalization
<p>When using the measuring device in a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Pipe with a cathodic protection unit <p>The device is installed potential-free in the pipe. Only the two flanges of the pipe are connected with a ground cable (copper wire, at least 6 mm² / 0.0093 in²). Here, the ground cable is mounted directly on the conductive flange coating with flange screws.</p> <p>Note the following when installing:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ The applicable regulations regarding potential-free installation must be observed. ■ There should be no electrically conductive connection between the pipe and the device. ■ The mounting material must withstand the applicable torques. 	 <p><i>Potential equalization and cathodic protection</i></p> <p>1 Power supply isolation transformer 2 Electrically isolated</p>

Performance characteristics

Reference operating conditions

As per DIN EN 29104 and VDI/VDE 2641:

- Fluid temperature: $+28\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ ($+82\text{ °F} \pm 2\text{ K}$)
- Ambient temperature: $+22\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ ($+72\text{ °F} \pm 2\text{ K}$)
- Warm-up period: 30 minutes

Installation conditions:

- Inlet run $> 10 \times \text{DN}$
- Outlet run $> 5 \times \text{DN}$
- Sensor and transmitter grounded.
- The sensor is centered in the pipe.

Maximum measured error

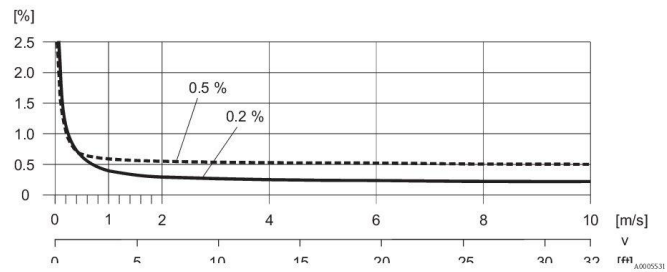
Promag 50:

- Current output: also typically $\pm 5\text{ }\mu\text{A}$
- Pulse output: $\pm 0.5\%$ o.r. $\pm 1\text{ mm/s}$ ($\pm 0.5\%$ o.r. $\pm 0.04\text{ in/s}$)
optional: $\pm 0.2\%$ o.r. $\pm 2\text{ mm/s}$ ($\pm 0.2\%$ o.r. $\pm 0.08\text{ in/s}$) (o.r. = of reading)

Promag 53:

- Current output: also typically $\pm 5\text{ }\mu\text{A}$
- Pulse output: $\pm 0.2\%$ o.r. $\pm 2\text{ mm/s}$ ($\pm 0.2\%$ o.r. $\pm 0.08\text{ in/s}$) (o.r. = of reading)

Fluctuations in the supply voltage do not have any effect within the specified range.



Max. measured error in % of reading

Repeatability

Max. $\pm 0.1\%$ o.r. $\pm 0.5\text{ mm/s}$ ($\pm 0.1\%$ o.r. $\pm 0.02\text{ in/s}$) (o.r. = of reading)

Operating conditions: Installations

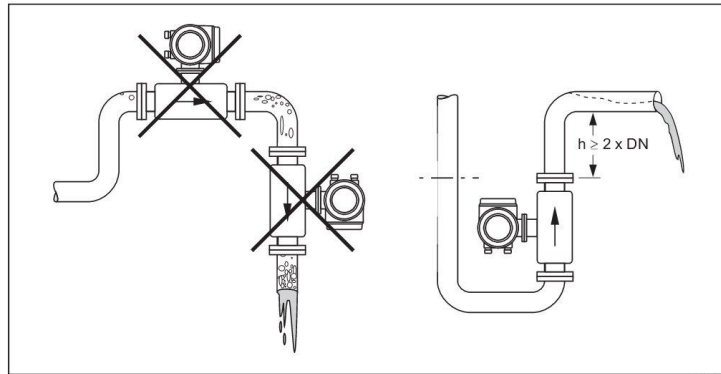
Installation instructions

Mounting location

Entrained air or gas bubble formation in the measuring tube can result in an increase in measuring errors.

Avoid the following installation locations in the pipe:

- Highest point of a pipeline. Risk of air accumulating!
- Directly upstream from a free pipe outlet in a vertical pipeline.

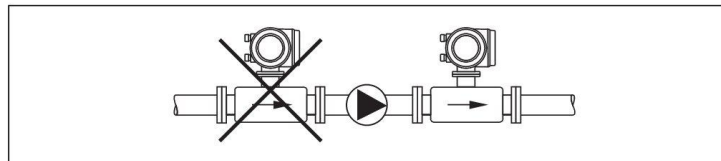


Mounting location

Installation of pumps

Sensors may not be installed on the pump suction side. This precaution is to avoid low pressure and the consequent risk of damage to the lining of the measuring tube. Information on the pressure tightness of the measuring tube lining → § 21, Section "Pressure tightness".

Pulsation dampers may be needed when using piston pumps, piston diaphragm pumps or hose pumps. Information on the shock and vibration resistance of the measuring system → § 20, Section "Shock and vibration resistance".



Installation of pumps

Partially filled pipes

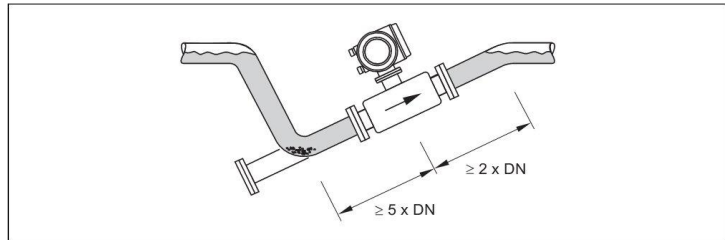
Partially filled pipes with gradients necessitate a drain-type configuration.

The empty pipe detection function (EPD) provides additional security in detecting empty or partially filled pipes.



Caution!

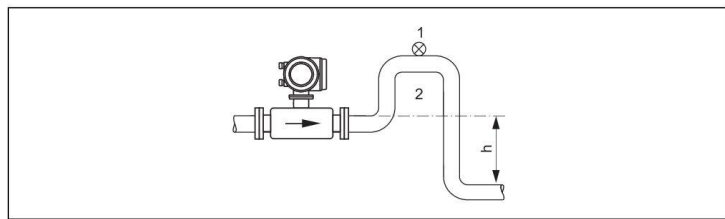
Risk of solids accumulating. Do not install the sensor at the lowest point in the drain. It is advisable to install a cleaning valve.



Installation with partially filled pipes

Down pipes

Install a siphon or a vent valve downstream of the sensor in down pipes $h \geq 5$ m (16.4 ft). This precaution is to avoid low pressure and the consequent risk of damage to the lining of the measuring tube. This measure also prevents the liquid current stopping in the pipe which could cause air locks. Information on the pressure tightness of the measuring tube lining → 21, Section "Pressure tightness".



Installation measures for vertical pipes

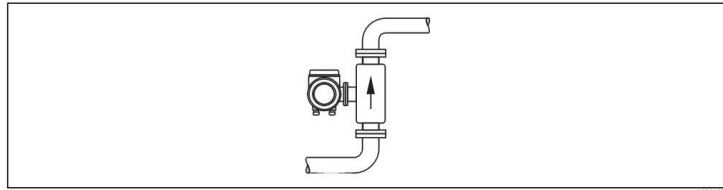
- 1 Vent valve
- 2 Pipe siphon
- h Length of the down pipe

Orientation

An optimum orientation helps avoid gas and air accumulations and deposits in the measuring tube. However, the measuring device also offers the additional function of empty pipe detection (EPD) for detecting partially filled measuring tubes or if outgassing fluids or fluctuating operating pressures are present.

Vertical orientation

This is the ideal orientation for self-emptying piping systems and for use in conjunction with empty pipe detection.



Vertical orientation

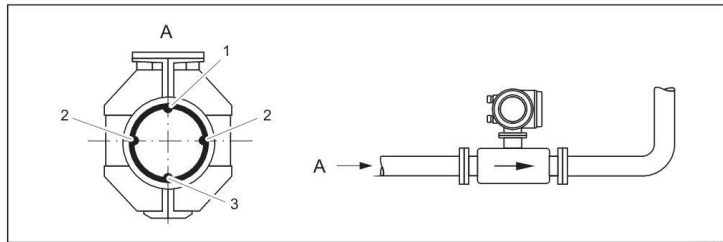
Horizontal orientation

The measuring electrode axis should be horizontal. This prevents brief insulation of the two measuring electrodes by entrained air bubbles.



Caution!

Empty pipe detection only works correctly with horizontal orientation if the transmitter housing is facing upwards. Otherwise there is no guarantee that empty pipe detection will respond if the measuring tube is only partially filled or empty.



Horizontal orientation

- 1 EPD electrode for empty pipe detection
- 2 Measuring electrodes for signal detection
- 3 Reference electrode for potential equalization

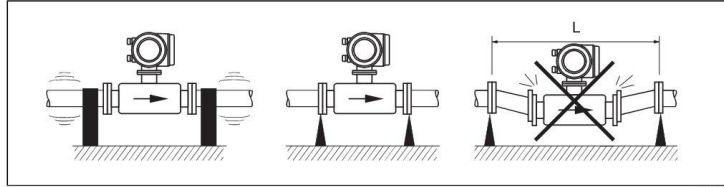
Vibrations

Secure the piping and the sensor if vibration is severe.



Caution!

If vibrations are too severe, we recommend the sensor and transmitter be mounted separately. Information on the permitted shock and vibration resistance → 20, Section "Shock and vibration resistance".



Measures to prevent vibration of the measuring device

$L > 10\text{ m (33 ft)}$

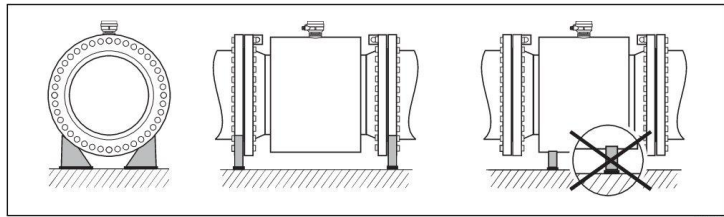
Foundations, supports

If the nominal diameter is $DN \geq 350$, mount the transmitter on a foundation of adequate load-bearing strength.



Caution!

Do not allow the casing to take the weight of the sensor. This would buckle the casing and damage the internal magnetic coils.

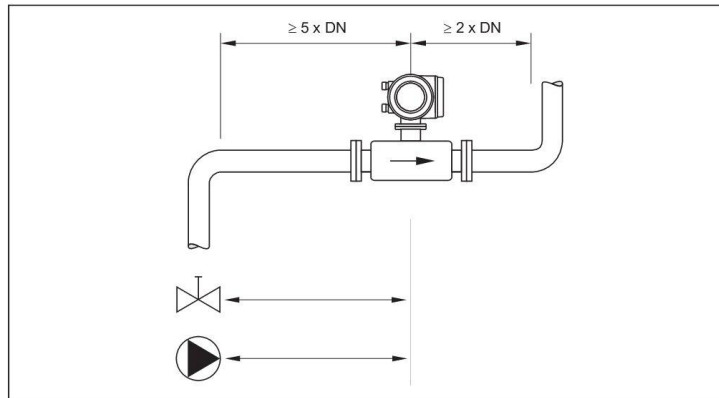


Inlet and outlet run

If possible, install the sensor well clear of assemblies such as valves, T-pieces, elbows etc.

Note the following inlet and outlet runs to comply with measuring accuracy specifications:

- Inlet run: $\geq 5 \times DN$
- Outlet run: $\geq 2 \times DN$



Inlet and outlet run

Adapters

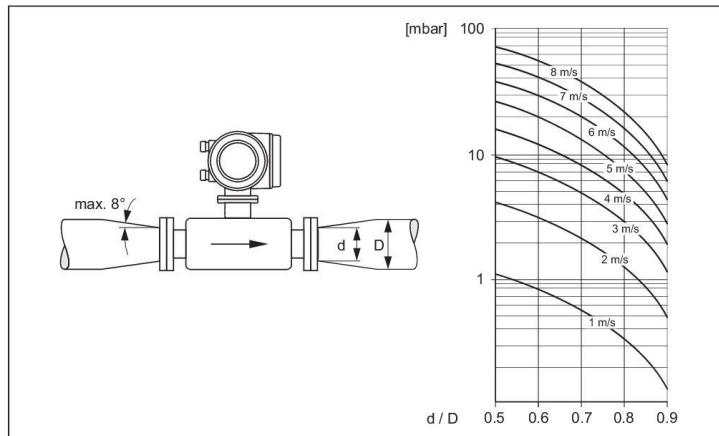
Suitable adapters to DIN EN 545 (double-flange reducers) can be used to install the sensor in larger-diameter pipes. The resultant increase in the rate of flow improves measuring accuracy with very slow-moving fluids. The nomogram shown here can be used to calculate the pressure loss caused by reducers and expanders.



Note!

The nomogram only applies to liquids of viscosity similar to water.

1. Calculate the ratio of the diameters d/D .
2. From the nomogram read off the pressure loss as a function of flow velocity (downstream from the reduction) and the d/D ratio.



Pressure loss due to adapters

Anexo 15: Presupuesto de la empresa Endress Hauser para los 17 medidores de flujo



Endress+Hauser Chile Ltda., María Luisa Santander # 0447, Santiago de Chile

Anglo American Sur
Pedro de Valdivia 291
Providencia
Santiago
CHILE

		Oferta
N° documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	1 / 12
N.º de cliente	84100843	
RUT	77762940-9	
Persona de contacto	Alejandro Fuentes	
Ref.	Flujómetros Agua y Pulpa	
E+H Persona de contacto	Elson Millanir Calfuqueo	
Teléfono	56 2 784 9811	
Fax	56 2 784 9801	
Correo electrónico	Elson.Millanir@cl.endress.com	
	julio.salinas@cl.endress.com	

Plazo de entrega: 8 a 9 semanas, después de la recepción de la Orden de Compra (previa confirmación de fábrica).

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 356 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	2 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
1 50W1H-HL1B1AS4BAAA Promag 50W1H, DN100 4" Medidor Electromagnético de Caudal	2,00	2.960,00	5.920,00
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 1200 dm3/min
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 10 dm3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PulseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

2 DK5GD-1HBHL Promag, grounding disc/protection disc 1 Disco de Toma de Tierra/Protección	4,00	365,00	1.460,00
1HB Diámetro Nominal: DN100 4", Alloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	3 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
3 50W2F-HL1B1A54BAAA Promag 50W2F, DN250 10" Medidor Electromagnético de Caudal	1,00	4.650,00	4.650,00
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 500 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.05 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

4 DK5GD-2FBHL Promag, grounding disc/protection disc 1 Disco de Toma de Tierra/Protección	2,00	900,00	1.800,00
2FB Diámetro Nominal: DN250 10", Hastelloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

Oferta		
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	4 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
5 50W3H-HL1B1AS4BAAA Promag 50W3H, DN300 12" Medidor Electromagnético de Caudal	1,00	5.580,00	5.580,00
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 750 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.1 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

6 DK5GD-3HBHL Promag, grounding disc/protection disc 1 Disco de Toma de Tierra/Protección	2,00	980,00	1.960,00
3HB Diámetro Nominal: DN300 12", Hastelloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	5 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
7 50W6H-HL1B1AS4BAAA Promag 50W6H, DN600 24" Medidor Electromagnético de Caudal	1,00	8.930,00	8.930,00
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 2500 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.3 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

8 DK5GD-6HBHL Promag, grounding disc/protection disc 1 Disco de Toma de Tierra/Protección	2,00	5.025,00	10.050,00
ÓHB Diámetro Nominal: DN600 24", Hastelloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	6 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
9 50W1F-HL1B1AS4BAAA Promag 50W1F, DN150 6"	1,00	3.320,00	3.320,00
Medidor Electromagnético de Caudal			
H	Recubrimiento Interno: Goma Dura		
L	Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5		
1	Electrodos: Alloy C-22		
B	Calibración: 0.2%		
1	Test, Certificado Adicional: No incluido		
A	Homologación: Zona no clasificadas		
S	Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo		
4	Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal		
B	Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT		
A	Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL		
A	Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica		
A	Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia		

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 150 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.025 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

10 DK5GD-1FBHL	2,00	535,00	1.070,00
Promag, grounding disc/protection disc			
1 Disco de Toma de Tierra/Protección			
1FB	Diámetro Nominal: DN150 6", Alloy C-22		
H	Recubrimiento Interno: Goma dura		
L	Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5		

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	7 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
11 50W4H-HL1B1AS4BAAA Promag 50W4H, DN400 16" Medidor Electromagnético de Caudal	1,00	7.400,00	7.400,00
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 1200 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.15 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

12 DK5GD-4HBHL Promag, grounding disc/protection disc 1 Disco de Toma de Tierra/Protección	2,00	3.250,00	6.500,00
4HB Diámetro Nominal: DN400 16", Alloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	8 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
13 50W5H-HL1B1AS4BAAA Promag 50W5H, DN500 20*	1,00	8.100,00	8.100,00
Medidor Electromagnético de Caudal			
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 2000 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.25 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

14 DK5GD-5HBHL	2,00	3.850,00	7.700,00
Promag, grounding disc/protection disc			
1 Disco de Toma de Tierra/Protección			
5HB Diámetro Nominal: DN500 20", Hastelloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	9 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
15 55S4F-NLKA1AC4BAAA Promag 55S4F, DN450 18*	3,00	12.215,00	36.645,00
Medidor Electromagnético de Caudal			
N	Recubrimiento interno: Goma Natural.		
L	Conexión a Proceso: Cl. 150, A105, Bidas ANSI B16.5		
K	Electrodos: 1.4310/302, escobilla, sólo electrodos de medida		
A	Calibración: 0.5%		
1	Test, Certificado Adicional: No incluido		
A	Homologación: Zonas no clasificadas		
C	Versión: Remota. Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X		
4	Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de señal y bobinas		
B	Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT		
A	Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 4 líneas+Teclado táctil WEA = Idioma DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL		
A	Ajustes y Programación: Estándar fábrica. Software básico		
A	Salidas, Entradas: 4-20 mA, HART + Frecuencia		

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Assign line 3: Operación/cond. sist.
Rango mínimo de escala (0 Hz): Balance caudal volum
Rango mínimo de escala (0 Hz): Caudal volum pos.
Assign totalizer 3: Volumen caudal inver
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value4mA: 0 m3/h
CurrentOutput1Value20mA: 1500 m3/h
Measuring mode: Standard
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.25 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	10 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
16 DK5GD-4FANL	6,00	595,00	3.570,00
Promag, grounding disc/protection disc			
1 Disco de Toma de Tierra/Protección			
4FA Diámetro Nominal: DN450 18", 1.4435/316L			
N Recubrimiento Interno: Goma natural			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	11 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
Descripción			
17 50W2F-HL1B1AS4BAAA Promag 50W2F, DN250 10" Medidor Electromagnético de Caudal	1,00	4.645,00	4.645,00
H Recubrimiento Interno: Goma Dura			
L Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5			
1 Electrodo: Alloy C-22			
B Calibración: 0.2%			
1 Test, Certificado Adicional: No incluido			
A Homologación: Zona no clasificadas			
S Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo			
4 Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal			
B Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT			
A Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL			
A Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica			
A Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia			

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 500 m3/h
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 0.05 m3
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

18 DK5GD-2FBHL Promag, grounding disc/protection disc 1 Disco de Toma de Tierra/Protección	2,00	900,00	1.800,00
2FB Diámetro Nominal: DN250 10", Hastelloy C-22			
H Recubrimiento Interno: Goma dura			
L Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5			

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

		Oferta
Nº documento	Fecha	Página
10080383	25-09-2012	12 / 12

No. Código completo	Cantidad	Precio unitario USD	Total USD
19 50W1H-HL1B1AS4BAAA Promag 50W1H, DN100 4"	5,00	2.960,00	14.800,00
Medidor Electromagnético de Caudal			
H	Recubrimiento Interno: Goma Dura		
L	Conexión a proceso: Cl.150, A105, Bridas ANSI B16.5		
1	Electrodos: Alloy C-22		
B	Calibración: 0.2%		
1	Test, Certificado Adicional: No incluido		
A	Homologación: Zona no clasificadas		
S	Versión: Remota.Caja Pared Alu, IP67 NEMA4X, HE HE=Ambiente agresivo		
4	Cable, Versión Remota: 20.00 m cable de bobinas y señal		
B	Entrada de Cable: Rosca 1/2" NPT		
A	Alimentación; Display: 85-260V AC, WEA, 2 líneas + pulsadores WEA=Idioma: DE+EN+FR+IT+ES+PT+NL		
A	Ajuste; Software: Estándar fábrica. Versión Básica		
A	Salidas, Entradas: 4-20mA SIL HART + Frecuencia		

Additional specifications

Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Totalizador 1
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
Rango mínimo de escala (0 Hz): Volumen caudal
CurrentOutput1Assign: Volumen caudal
Rango 1: 4-20 mA HART NAMUR
CurrentOutput1Value20mA: 1200 dm³/min
Currentoutput1TimeConstant: 3 s
CurrentOutput1Failsave: Corriente mín.
PulseOutput1Assign: Volumen caudal
PulseOutput1Value: 10 dm³
Valor inferior del rango: 100 ms
PulseOutput1OutputSignal: Pasivo - positivo
PuseOutput1FailsaveMode: Valor retraso

20 DK5GD-1HBHL Promag, grounding disc/protection disc	10,00	365,00	3.650,00
1 Disco de Toma de Tierra/Protección			
1HB	Diámetro Nominal: DN100 4", Alloy C-22		
H	Recubrimiento Interno: Goma dura		
L	Conexión a Proceso : Cl.150 ANSI B16.5		

Endress+Hauser Chile Ltda.
María Luisa Santander # 0447
Santiago de Chile



Teléfono: +56 2 784 9800
Fax: +56 2 366 9107
Correo electrónico: info@cl.endress.com
Website: http://www.endress.cl
RUT: 77388600-8

Valor Neto	139.550,00
Total USD	139.550,00

El monto del documento no tiene Iva

Nota 1: Si la diferencia de tipo de cambio entre la fecha de facturación y la de efectivo pago supera el 1% del monto facturado, se facturará al cliente esa diferencia.

Nota 2: El precio cotizado se cancelará en su equivalente en moneda nacional, al valor del tipo de cambio proporcionado por el Banco Central de Chile para el día de facturación y según la moneda o unidad monetaria cotizada (UF, Euro o USD). El valor dado se considerará válido al adquirir el total de lo cotizado.

Condiciones de pago	ZV30 30 días Recepción Factura
Oferta válida hasta	25-10-2012
Condiciones de entrega	DDP Santiago

Atentamente,
Elson Millanir Calfuqueo