



11. SOLUCIONES Y COSTOS MEDIOAMBIENTALES PARA FUNDICION POTRERILLOS

11.1 General

- Alcance

El alcance del análisis considera los siguientes objetivos específicos:

- Estimar costos de inversión y operación incrementales de fundición Potrerillos, para enfrentar cada escenario regulatorio, indicando la factibilidad de cumplimiento y/o fiscalización, producto de estas inversiones.
- Realizar la evaluación con enfoque costo-eficiencia (US\$/ t abatida).
- Evaluación de VAC y CAE diferencial por escenario (tasa social de descuento 6%).
- Caso Base

Para los fines del presente estudio, el Ministerio de Medio Ambiente ha definido dejar invariante la capacidad nominal de procesamiento de concentrados para cada fundición registrada el año 2010, esto es, que la cantidad de concentrados que cada faena puede procesar se mantiene inalterada respecto del año base seleccionado.

Lo anterior con el fin de establecer el impacto de cada medida de reducción de emisiones en el costo marginal de procesamiento de concentrado, mediante la implementación de sistemas de control y seguimiento.



La fundición Potrerillos considera una capacidad nominal de fusión anual de 680 kt/año de concentrados de cobre, con un contenido medio de S inicialmente indicada de 32% y bajo los últimos antecedentes de 33,6%.

11.2 Descripción General de la Fundición

La Fundición Potrerillos inició sus operaciones el año 1917 con horno reverbero como fundición integrada a la Mina el Salvador, aunque en la actualidad el aporte en sus concentrados es mínimo, pasando a constituirse en una maquiladora

En el año 1988, como primera iniciativa de carácter ambiental se realizó la reubicación de la escuela (D-4) a un sector de menor impacto en emisiones del Fundición. De similar manera el año 1990 se concretó una práctica de flexibilidad operacional para el procesamiento de concentrados externos de mayor contenido de As en horarios de menor impacto en el campamento Potrerillos.

En el año 1992, la División Salvador instaló una red de monitoreo de calidad del aire en sectores circundantes a la instalación, en el marco de la entrada en vigencia del Decreto 185. Los resultados entregados por la red el año 1994, oficializados al Servicio de Salud, indicaron que la calidad del aire estaba lejana al cumplimiento de normas.

El año 1997 mediante el Decreto supremo N°18 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se declaró el campamento Potrerillos como zona saturada por anhídrido sulfuroso y material particulado respirable, así como una área circundante. Lo anterior provocó que en Junio del año 1999 el DS N°179 lleve a establecer un Plan de Descontaminación del área circundante a la Fundición Potrerillos.



El Plan de descontaminación de Potrerillos propuesto por la División y aprobado por CONAMA, consideró inversiones del orden de 295 MS\$ (MALIGAS (año 1997), Planta de Acido (año 2000), Control de emisión de Polvos, Mejoramiento de Campanas y Reemplazo del Horno Reverbero por un nuevo CT de 5 m Φ * 22m L, que pasó a constituir su única unidad de fusión a partir del año 2002). El proyecto que materializó estas Inversiones se denominó Cambio Tecnológico de la Fundición Potrerillos y se consolidó en operación el año 2003.

Dado que para cumplir normas aplicables a la población, se requerían altas inversiones, que hacían inviable el negocio Fundición y refinería, el año 1999 se erradicó el campamento Potrerillos y se colocó en operación un centro de Alojamiento (CAP) en el área externa, así como un nuevo sistema de turnos de operación, medidas que aunque permiten la operación, gravan los costos de operación y rendimientos del sistema productivo.

11.2.1 Descripción de la Planta

La Fundición Potrerillos al año 2010 está compuesta por los siguientes equipos principales:

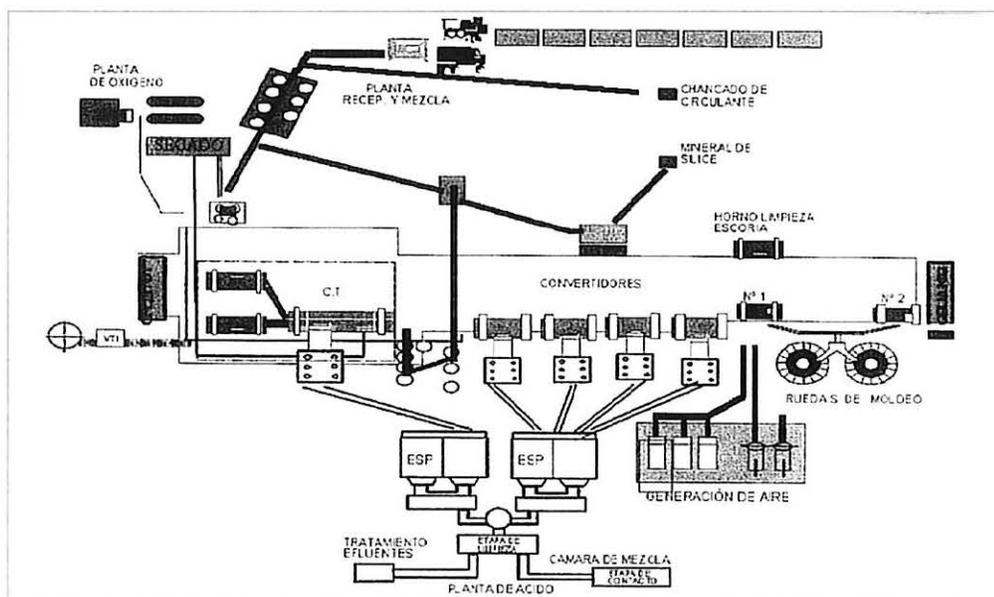
Recepción de concentrados : Cancha, Buzones y sistema de mezcla de concentrados en correas.

Secado	:	1 secador Fluosólido (120 t/h) 9% a 0,2% humedad
Horno de fusión	:	1 Convertidor Teniente (5m Φ x 22 m L)
Limpieza de escoria	:	2 Hornos Basculantes HLE de (4,5 m Φ x 12,7m L)+ 1HLE de 4,5 m Φ +10,5 mL
Convertidores	:	3 Peirce-Smith (4m Φ x 9,1m L) + CT4(deshabilitado)
Hornos de Ánodos	:	2 Hornos basculantes Refino (4 m Φ x 9,1m L)
Ruedas de Moldeo	:	2 ruedas (twin) Demag (48 t/h)
Plantas de oxígeno:	:	1 planta oxígeno 95% pureza (550 t/d)

Plantas de Acido : 1 simple contacto– volumen 200 kNm³/h -9,5% SO₂
 Otros : Planta de neutralización ácido débil con cal
 Dimensiones nave : 213 m L *23 m A *19 m H

La disposición esquemática de equipos se muestra en figura 11.2.1

Figura 11.2.1 Disposición general de equipos y sistema de manejo de gases primarios de fundición Potrerillos.



Fuente: Información entregada MMA.

11.2.2 Descripción Sistema Manejo de Gases

El sistema de manejo de gases primarios considera el conjunto de equipos y ductos desde las campanas de los reactores, hasta el ingreso de los gases en la planta de limpieza y producción ácido sulfúrico.



Esta instalación cuenta con un sistema de captura de gases primarios, con succión desde una planta de ácido y apoyo de ventiladores de tiro Intermedio (VTI) en las líneas del CT y de los CPS, diseñado para capturar y conducir los gases provenientes del CT y un CPS en etapa de soplado. El sistema está constituido por campanas primarias en el CT (5m Φ * 22m L) y 3 CPS (4 m Φ * 9,1m L), las que se encuentran en estado deficitario y operan con capacidad limitada de succión, presentando a la fecha alrededor de 15 años en operación.

Para el enfriamiento de gases utilizan, tanto en el CT como en los CPS, cámaras con enfriadores radiantes que permiten el enfriamiento de los gases a alrededor de 400°C para la siguiente limpieza del polvo de los gases en precipitadores electrostáticos secos (2 disponibles para el CT y 2 para los CPS). La descarga y unificación de los gases se realiza en una conexión tipo pantalón, que permite la mezcla de gases CT y CPS, para alimentar la etapa de limpieza húmeda y lavado de gases y siguiente alimentación a la planta de contacto. El ácido débil impuro, producido en la etapa de limpieza, se trata en la planta de tratamiento de efluentes, generando un residuo arsenical.

Potrerillos también cuenta con un sistema básico de captura de gases fugitivos de la sangría de metal blanco del CT, que a través de un VTI, son evacuados por chimenea, para mejoramiento del ambiente laboral.

Durante el primer semestre del año 2010³⁵ se realizó para Potrerillos un Estudio de Diagnóstico de la situación del Sistema de gases del CT y CPS, a esa fecha con problemas, con soluciones de ingeniería a nivel básico para mejorar la fijación de azufre, a través de un mejor control de tiraje, inexistente a tal fecha y la disminución de la formación de SO_{3(g)} en el tren de gases para obtener una mayor

³⁵ Información entregada MMA 2011 Reunión con Fundación Potrerillos Mayo 2011 Presentación Fundación Potrerillos: Proyecto Integral Mejoramiento de Captación y Procesamiento de gases.



producción de ácido sulfúrico y mejorar la estabilidad operacional, que por corrosión afectaban la operación generando infiltración de aire y continuas intervenciones de mantención. Se incluyeron recomendaciones de ingeniería a la problemática de esa fecha del MALIGAS:

- Modificación del enfriador radiativo del CT,
- Disminución de las condiciones de infiltración y mejoramiento del tiraje en las campanas de los Convertidores Peirce
- Potenciamiento de los enfriadores radiativos de los CPS,
- Reemplazo de la conexión tipo pantalón por un mezclador anular horizontal de gases

Como parte de esta ingeniería se determinaron las inversiones requeridas y los beneficios esperados de menor mantención que hacían el proyecto de potenciamiento económicamente viable. Las inversiones no incluían intervenciones de ductos del MALIGAS, Precipitadores Electroestáticos, Ventiladores de Tiro Inducido, (VTI), juntas de expansión, Dumpers y válvulas, tornillos sin fin y otros.,

De acuerdo a la información actualizada de la Fundición Potrerillos, en general a inicios del año 2012 el estado del sistema de manejo gases primarios³⁶ es más precario aún y decreciente, evidenciando un alto grado de corrosión y un alto nivel de acumulación y arrastre de polvos hacia la planta de ácido. La corrosión se ha generado porque el sistema de enfriamiento de gases del CT, produce SO_3 en cantidades mayores a las normales y consecuentemente frente enfriamientos se genera condensación de ácido sulfúrico, el cual corroe los equipos tales como VTI, precipitadores electroestáticos y ductos.

³⁶ Diagnostico Interno Fundición Potrerillos- Cochilco 2012, avalado en el diagnóstico por estudios y expertizaje del consultor.



La acumulación de polvos en los sistemas de manejo de gases y el arrastre de éstos hacia la Planta de Acido, es generado por una operación deficiente de los precipitadores electrostáticos secos, declarando también falta de capacidad en los equipos de limpieza actuales, los cuales además están en muy mal estado.

Producto de las condiciones deficientes antes descritas, la Planta de Acido recibe gases con contenidos de polvo y SO_3 muy superiores a los de diseño, lo cual ha provocado un alto nivel de deterioro de sus componentes, tales como los precipitadores electrostáticos húmedos, la torre de secado y el reactor de conversión, poniendo en riesgo su continuidad operacional.

Para superar los problemas antes descritos, Potrerillos desarrolló otro estudio a nivel conceptual, para una solución técnica integral desde la boca de los hornos hasta la planta de ácido, que permita aumentar la producción de acido, que al 2011 aportó no más del 73% del abatimiento, disminuir costos de mantenimiento y consumo de energía, para asegurar la continuidad operativa de la Fundición y mejorar significativamente la fijación de Azufre.

La solución elegida por la Fundición Potrerillos considera:

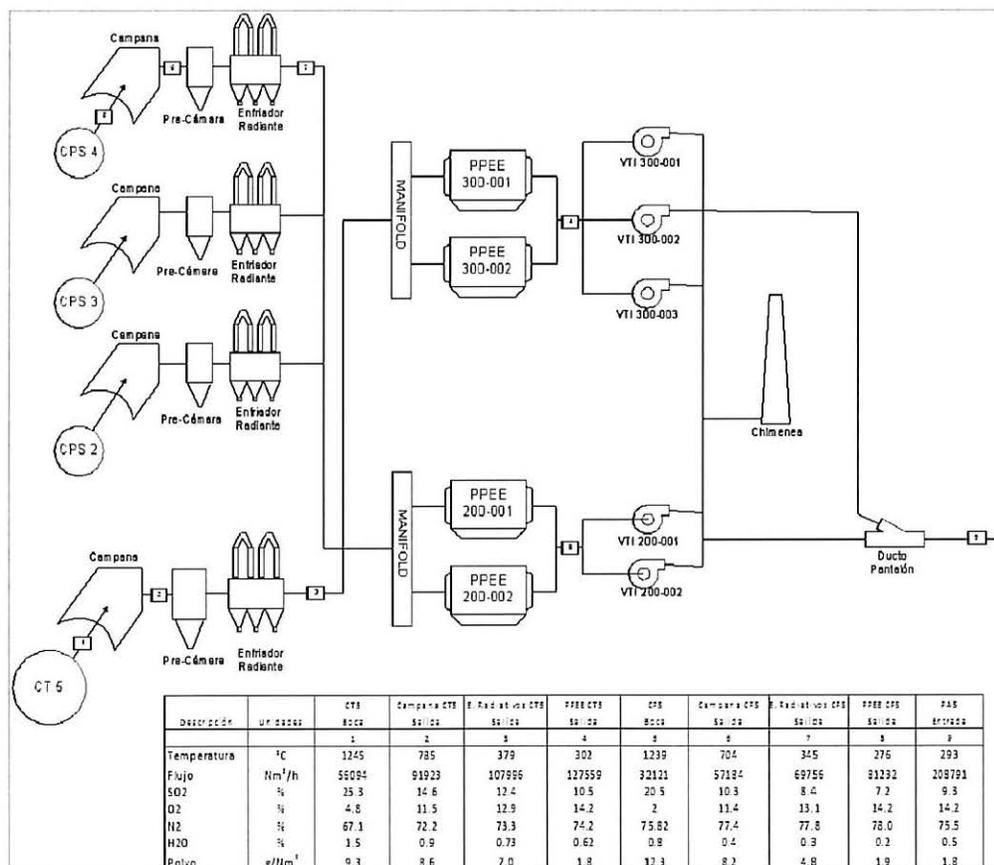
- Cambiar las campanas actuales del Convertidor Teniente y de los Convertidores Pierce Smith por otras de diseño mejorado, que capten con mayor eficiencia y dilución no superior al 100% los gases de proceso, con una mejor vida útil.
- Incorporar equipos de enfriamiento mixto evaporativo-radiativo para los gases del CT para enfriar mas rápido los gases y así disminuir la formación de SO_3 . Esta es una solución técnica en aplicación en los Convertidores Teniente de la Fundición Chuquicamata y de la Fundición la Caridad en México.



- Ampliar la capacidad de limpieza de gases del Convertidor Teniente, incorporando un nuevo precipitador electroestático y reparando los existentes para así asegurar la llegada de gases limpios de polvo a la planta de acido.
- Reemplazar ductos de gases con un nuevo trazado para disminuir distancias, perdidas de carga y controlar velocidad, para evitar acumulación de polvos en su interior.
- Realizar una reparación mayor (Overhaul) o reemplazo de los Precipitadores electroestáticos de los gases de los CPS, para asegurar la llegada de gases limpios a la planta de acido (PAS).
- Realizar el cambio del actual ducto pantalón (conexión y mezcla) por un mezclador anular horizontal que asegure una buena mezcla de los gases del Convertidor Teniente con los gases de los Convertidores Pierce Smith, sin producir perturbaciones al tiraje en la boca de estos equipos, que dificultan la captura, generando emisiones por boca y chimenea desde los CPS.
- Realizar una reparación mayor a los Equipos de Limpieza húmeda de la Planta de acido, en especial a los precipitadores electroestáticos humedos
- Reemplazar e Instalar un nuevo convertidor catalítico en la Planta de Acido con doble contacto y absorción.
- Incorporar un sistema de recuperación de calor en el nuevo convertidor catalítico de la planta, con producción de vapor para la Refinería y de aire precalentado para el secado de concentrados. Solución estudiada a nivel de factibilidad, que representaría un costo de 10.9 MUS\$.

Con las medidas indicadas para la Recuperación del sistema de Manejo y Tratamiento de Gases, la Fundación Potrerillos estima logra en el mediano plazo un mejoramiento sustantivo de la fijación de S (80,5 % a 95%) y de arsénico (90 a 95%), que la instalación fija en polvos a ventas o procesamiento externo y en los residuos de la planta de efluentes.

Figura 11.2.2.a Diagrama de flujo del Sistema de Manejo de gases primarios de fundición Potrerillos



Fuente: Información entregada MMA.

La fundición Potrerillos con la configuración de equipos existentes al año 2010, declaró una fijación de azufre de 83,5% y una emisión 39.500 t/a de S y 460 t/a de As, pero como antes se indicara su situación del sistema MALIGAS se ha agravado a la fecha, informando a inicios del año 2012 una fijación promedio de S de 81,5% y un abatimiento como ácido sulfúrico del azufre no superior al 73%.



Reflejo de ésta condición se muestra, para dos meses tipo del año 2010 y 2011 balances de S, extraídos de información generada a la autoridad ambiental, en que en el transcurso de 18 meses, la fijación de azufre ha disminuido en 5 unidades porcentuales.

Figura 11.2.2.b Balances de S mensuales comparativos 2010 y 2011 Fundición Potrerillos.

Balance resumido S mes típico 2010 (Mayo 2010)

Entradas	t/s	%S	tf	Salidas	t/s	%S	tf	% alimentado
Concentrados de cobre	56.650	32,2	18.216	Escoria Botadero	33.201	0,6	213	1,1
Fundentes	7.568	0,5	40	Polvos de Maligas	603	11,8	71	0,4
Materiales circ ftdos	13.253	3,5	468	Materiales circ generados	27.853	0,9	251	
				Acido comercial producido	45.454	32,2	14.619	78,1
				Efluentes acidos a Lix (m3-t)	10.242	4,0	405	2,2
Total	77.471	24,2	18.724	Total fijado sólidos, líquidos	117.353	13,3	15.560	83,1
				Emisión S en gas mes			3.164	16,9

Balance resumido S mes típico 2011 (Diciembre 2011)

Entradas	t/s	%S	tf	Salidas	t/s	%S	tf	% alimentado
Concentrados de cobre	53.425	32,6	17405	Escoria Botadero	27.495	0,7	191	1,0
Fundentes	6.345	0,3	21	Polvos de Maligas	431	11,7	50	0,3
Materiales circ ftdos	14.311	4,4	632	Materiales circ generados	31.934	1,3	406	
				Acido comercial producido	40.750	32,2	13.105	72,6
				Efluentes acidos a Lix	12.875	2,8	354	2,0
Total	74.081	24,4	18059	Total fijado sólidos, líquidos	113.485	12,4	14.106	78,1
				Emisión S en gas mes			3.953	21,9

Fuente: Elaboración propia con información entregada MMA.

La instalación de sistemas secundarios para captura y tratamiento por neutralización de gases fugitivos, requeridos para cumplimientos superiores de la norma, se hace factible solo una vez superados los problemas del sistema primario, como situación futura a incorporar en su diseño.



11.3 Distribución de Emisiones Situación Base Mediano Plazo

11.3.1 Emisión de Azufre y Arsénico

Dados los antecedentes del Sistema de manejo de gases indicado en el punto anterior y ara efectos de constituir la situación base más realista para el mediano plazo para la Fundición Potrerillos, que permita la con la determinación de fuentes para el análisis de soluciones, se incorporó a la modelación los antecedentes actualizados de los dos últimos años que indican la emisión de gases de CPS por chimenea, como manifestación final de la incapacidad del sistema para la captura de gases. Lo anterior por sobre los déficit de eficiencia de los sistemas de limpieza y tratamiento que han llevado a la planta de ácido de Potrerillos, a un bajo nivel de conversión y producción de ácido final

Adicionalmente, las proyecciones actualizadas de calidad de concentrados a tratar en el mediano plazo por la Fundición Potrerillos, evidencian una proyección de mayor contenido medio de Azufre en los concentrados 33,6% en lugar del 32,0% inicialmente indicado, situación que será sensibilizada para efectos de cuotas limites de emisión.

Lo anterior ha llevado a establecer como situación base una captura total de 82,3% +/-1,2% de S y de Arsénico asociado de 88,1% según se muestra en la tabla 11.3.1 siguiente.



Tabla 11.3.1: Distribución de emisión de azufre y arsénico Fundición Potrerillos

Potrerillos	Med. Plazo	
Alimentación concentrado t/año	Nominal	680.000
Ley Media S en concentrados (%)		32,0
Ley Media As en concentrados (%)		0,5

Emisión por Fuentes t/a Fundición Potrerillos	Base Med. Plazo	
	Azufre	Arsénico
Fugitivo primario CT (giro+campana)	11.650	164
Residual tratamiento fugitivo primario CT	n/d	n/d
Fugitivo Sangría CT MB/Escoria	2.085	27
Fugitivo primario CPS (giro+ campanas)	14.478	12
Residual tratamiento fugitivo primario CPS	n/d	n/d
Chimenea y sangrías HLE	299	152
Residual tratamiento PFE	n/d	n/d
Gases de cola PAS	10.641	0
Residual tratamiento gases de cola	n/d	n/d
Refino HA	239	37
Otras fuentes y ajuste	1.205	1
Ajustes	-2.019	12
Total emisión t/a	38.578	405
Captura y Fijación ajustada con desviación $\pm 1,2$ % S	82,3	88,1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla incluye una sección de ajustes correspondiente a la dispersión de los datos con respecto a lo declarado por la fundición, debido a que en todas las fundiciones se ha utilizado el valor medio de fijación de S, entre el calculado en base a modelación y el declarado por cada fundición. El nivel de fijación de arsénico esta asociado a la fijación de S.

11.3.2 Emisión de mercurio

La generación del mercurio está fuertemente relacionada con el tratamiento de concentrados de cobre con contenido de oro, el que normalmente se encuentra acompañado con mercurio, situación frecuente en las fundiciones maquiladoras. Esto generará emisiones en su estado gaseoso, mayoritariamente en la etapa de



fusión de los concentrados, que constituirán emisión en la medida que la captura de gases no sea suficiente estanca.

Se estima que sobre el 98 % de mercurio contenido en los concentrados (7ppm según antecedentes informados para la Fundición Potrerillos) pasa a la fase gaseosa y se distribuye en forma similar al As, vale decir preferentemente hacia los gases. Por lo tanto, la mayor proporción del mercurio ingresado a la fundición es capturado en los Precipitadores Electrostáticos secos, pasando a constituir parte de los polvos y sólo una proporción llega a la PAS, donde es captado en la etapa de limpieza húmeda.

La presencia de Hg en los concentrados procesados por la Fundición Potrerillos ha sido evidenciada en el total de concentrados tratados al año 2010, aunque no esta claro la fuente que lo contiene en mayor magnitud, por lo que como primera medida, ésta impureza deberá ser caracterizada en los concentrados para su posible segregación hacia una planta externa con sistema dedicado de control (torre desmercurizadora en PLG) o eventualmente considerar su instalación. Similar seguimiento del metal deberá realizarse en los polvos a ventas y efluentes arsenicales

Como referencia se indica que la Fundición Ventanas tiene una alimentación promedio de 9 ppm en concentrados y llega a producir un acido de calidad comercial, con un contenido no superior a 1 ppm de Hg, contando adicionalmente con una torre desmercurizadora en su PLG, que opera según requerimientos, con un eficiencia inferida de 55%

11.3.3 Emisión de material particulado

Las emisiones de material particulado de secado, fusión y conversión contienen elementos tóxicos tales como: arsénico, mercurio, plomo, níquel, entre otros. Las



emisiones fugitivas pueden ser mayores que las recuperadas, por lo tanto, el control de las emisiones fugitivas es especialmente importante.

Las emisiones de metales se controlan mediante la aplicación de medidas de control del material particulado.

En el caso de Potrerillos, la operación de secado dispone de un sistema de control de material particulado, constituido por filtros de mangas en la descarga del secador y transporte neumático del concentrado seco.

La línea base de material particulado es alta, por sus condiciones de ubicación geográfica, en una zona desértica montañosa expuesta a vientos, condición que lleva a la Fundición Potrerillos a cautelar las operaciones de manejo y descarga de materiales, en razón a mantener estándares de minimización de pérdidas metalúrgicas.

11.4 Limitaciones Medioambientales de la Arquitectura Tecnológica

La arquitectura tecnológica CT/CPS/HLE tiene la característica de poseer tres operaciones unitarias con equipos que basculan, uno con proceso semi continuo y los otros dos con procesos discontinuos, lo que significa que la boca de estos equipos con su campana primaria de gases no tiene un sello perfecto y por lo tanto, se genera emisión de contaminantes como SO₂, As, Hg, MP y otros.

La boca de los hornos de limpieza de escoria se utiliza también para el carguío de escorias a tratamiento y la descarga de las escorias finales limpias, después de un tratamiento de reducción del contenido de magnetita que permite la separación metal escoria de bajo contenido de cobre. El proceso de reducción genera también desorción de arsénico hacia los gases, condición que junto a parámetros técnico-económicos de recuperación metalúrgica, está llevando a las



Fundiciones al reemplazo de estos hornos, por el tratamiento de escorias vía: enfriamiento, chancado y planta de flotación, retornando el sulfuro de cobre recuperado como concentrado de escoria a fusión.

Como antes se ha indicado, para obtener una buena captura de gases primarios (Fusión y Conversión), en las campanas primarias se trata de generar una depresión o tiraje (-50 PA) en la descarga boca-campana. Dicha succión, más la necesaria para compensar las pérdidas de carga de los equipos de enfriamiento, (cámaras, tubos radiativos), los de limpieza de polvos (precipitadores electroestáticos) y las pérdidas en ductos, es generada por los ventiladores de tiro inducido (VTI) normalmente hasta la mezcla de gases y luego por el Ventilador principal de la Planta de ácido, la que con el apoyo ductos apropiados, permiten la conducción estanca de los gases hasta la planta de lavado y tratamiento final del SO_2 hasta ácido sulfúrico.

El bajo nivel de captura y fijación de azufre en ácido de la Fundición Potrerillos evidencia deficiencias en el control de tiraje y el estado deficitario del sistema manejo de gases (MALIGAS), cuyos problemas de formación de SO_3 , corrosión, alta infiltración de aire en el tren de gases, baja eficiencia de captura de polvos en precipitadores, ensuciamiento con polvo y contaminación del catalizador de la planta de Acido, hacen insuficiente el sistema para la captura total de los gases primarios generados, obligando a descarga por chimenea auxiliar de gases, generando emisiones por presurización en la boca de los reactores, alta generación de ácido débil en la planta de lavado y una baja tasa de conversión del SO_2 a SO_3 en el reactor catalítico, con menor producción final de Acido Sulfúrico.

Adicionalmente, emisiones importantes son también generadas cuando estos equipos están recibiendo materiales por boca, girando desde su normal posición de soplado y por lo tanto, emitiendo todos los gases de proceso a la atmósfera,



situación válida para el CT y especialmente los CPS, bajo su esquema de operación batch. (Carguío - soplado - vaciado del reactor).

Además de los diseños, la mantenibilidad, disponibilidad de los equipos existentes, un adecuado sistema de control de tiraje y las prácticas operacionales de cada instalación, constituyen factores relevantes en el control de emisiones. Similares configuraciones tecnológicas, a la existente en Potrerillos logran niveles de fijación de Azufre superiores al 92%, como son los casos de Ventanas y Altonorte.

11.5 Selección de Soluciones Tecnológicas de Control de Emisiones de Azufre y Arsénico

De los antecedentes de la Distribución Base de Azufre y Arsénico ajustada para Potrerillos indicada en el punto 11.3, para la condición nominal se puede concluir que las emisiones relevantes de S se encuentran en:

- La boca del CT por las dificultades de control de tiraje en esta unidad de alta capacidad, que constituye la unidad de fusión de concentrados y que a mediano plazo, incrementará fusión con la mezcla concentrado fresco mas concentrado de escoria.
- La boca de los Convertidores Pierce Smith por las dificultades de control de tiraje, que produce emisiones fugitivas de las campanas primarias y también por chimenea, por la insuficiencia del sistema para captar estos gases.
- Emisiones de SO₂ en los gases de cola de la Planta de Acido, actualmente de simple contacto y baja eficiencia de conversión, por el contenido de polvo hasta ésta arrastrado, que incrementa pérdidas de carga, envenena el catalizador y reduce la succión de gases desde la planta.



Fuente generadora de emisiones de Arsénico y en menor proporción de azufre, son los Hornos de Refino y los Hornos de Limpieza de escorias que la Fundición Potrerillos sustituirá en el corto plazo (2012- 2013) por una Planta de Flotación de escoria, por ventajas económicas y ambientales.

Dada la lejanía de las instalaciones de Potrerillos con centros poblados, condición sobre la cual el MMA ha recomendado la aplicación de límites por chimeneas, no se han incorporado soluciones técnicas para el tratamiento de los gases de los Hornos de Refino que generan emisiones menores de azufre y Arsénico, aunque sí la presencia de humos visibles por hollín.

Los proyectos y soluciones tecnológicas para alcanzar los escenarios de fijación en estudio se han priorizado tomando en consideración los antecedentes de la actual situación de Potrerillos, la necesaria recuperación del sistema de gases MALIGAS, y bajo la consideración de las fuentes de mayores emisiones

El tratamiento integral de los gases secundarios de CT, sangrías y gases fugitivos de CPS, que requeriría de al menos dos plantas de lavado de gases, no ha sido considerado conveniente o efectivo por el alto volumen y baja concentración del gas en condición normal. Por lo tanto como medida para implementar una mayor nivel de captura y fijación solo se visualiza la implementación de campana secundaria en el Convertidor Teniente, a tratar en una planta de lavado alcalino de gases, junto a los gases de la sangría de metal blanco, solución viable una vez consolidada anteriores mejoras al sistema primario.

11.5.1 Proyectos y Medidas de Control de Emisiones

Las medidas que Fundición Potrerillos deberá materializar para asegurar su continuidad operativa y lograr el mejoramiento del desempeño medioambiental de la fundición son:



- Recuperación del sistema de Manejo de Gases y Planta de ácido Sulfúrico

Este proyecto a realizar entre los años 2012 y mediados del año 2014, considera implementar soluciones para lograr una solución integral desde la boca de los hornos hasta la producción de ácido, reduciendo costos de mantenimiento y asegurando la disponibilidad operacional de la Fundición.

La solución contempla reducir la formación de SO_3 en el Convertidor Teniente, incorporando un sistema mixto de enfriamiento, con atomización previa de agua al enfriamiento radiativo, generar las aislaciones térmicas necesarias, ampliar la capacidad de limpieza de gases del Convertidor Teniente incorporando un nuevo precipitador electrostático para esta línea de gases.

Considera también un nuevo trazado de ductos de Gases para disminuir distancias pérdidas de carga y acumulación de polvos en su interior, En la línea de los Convertidores Peirce Smith se considera adecuar los sistemas de enfriamiento y un Overhaul mayor a los Precipitadores Electroestáticos para asegurar la llegada de gases limpios hacia la planta.

El proyecto incorpora el cambio del actual ducto pantalón por un mezclador anular horizontal que asegure una mezcla adecuada del CT con los de CPS, sin producir perturbaciones al tiraje en boca de estos hornos.

Se realizaría también una Reparación Mayor a los equipos de limpieza húmeda de la Planta de Acido con trabajos en la planta de Lavado de Gases, planta de Secado y Precipitadores húmedos. El proyecto se complementa con otro en la planta de acido donde se considera el cambio del Convertidor catalítico (reactor de conversión), la incorporación de sistema doble contacto y absorción y recuperación de calor.



En opinión del Consultor, el proyecto debería incorporar un sistema de control automático de tiraje del sistema MALIGAS, para asegurar las condiciones de tiraje y captura requeridas en las campanas primarias.

El desarrollo a la fecha de este proyecto se encuentra a nivel de ingeniería conceptual estimando una inversión del orden de 75.000 kUS\$, para obtener una recuperación del sistema, incrementando la fijación de Azufre en alrededor de 5,4% y cerca de 2,1% para arsénico, a partir del segundo semestre del 2014.

- Reemplazo de Hornos de Limpieza de Escoria por Planta de flotación

Como se indicara anteriormente, la Fundición Potrerillos reemplazará la operación de los Hornos de tratamiento de escoria por una planta de flotación, bajo la perspectiva de mejorar el rendimiento metalúrgico de esa instalación y también reducir emisiones de azufre y arsénico en el orden de 0,8% y 4,5% respectivamente.

El proyecto que cuenta con un desarrollo a nivel básico, se implementará entre los años 2012 y 2013, con una inversión de 80.800 kUS\$, que incluye los sistemas necesarios para el enfriamiento lento de escorias, pre-chancado, chancado, molienda, flotación, secado del concentrado de escoria, para retorno al proceso de fusión.

- Potenciamiento del Planta acido, cambio a doble absorción

El proyecto de potenciamiento de la planta de acido de Potrerillos a realizar entre los años 2013 y mediados del 2014, considera el reemplazo del reactor de catálisis, la incorporación de un sistema intermedio de absorción, que permita aumentar la eficiencia de la planta hasta niveles del 99,2% esperables



para plantas de doble absorción, reduciendo emisiones de gases de cola e incorporando un sistema de recuperación de calor para la generación de vapor.

Con el proyecto se obtendrá una mejora sustantiva de emisiones de S, evaluada en 4,5% del azufre nuevo alimentado a la fundición. La inversión estimada para este cambio se estima en 52.000 kUS\$.

El potenciamiento de la planta debería considerar disponibilidad, adaptación a condiciones de mayor concentración de SO₂ y capacidad asegurada (200.000 Nm³/hr bs), para no frenar el proceso de tratamiento de gases primarios, frente condiciones mejoradas de captura y manejo de gases primarios.

- Reemplazo de campanas primarias de CT y CPS

Este proyecto a implementar entre los años 2014 y 2015, deberá incorporar campanas de alta eficiencia acordes al objetivo de incremento de captura esperado de 2,1% del S alimentado a la Fundición, reduciendo infiltración y posibilitando, en el caso del diseño de la campana del Convertidor Teniente, la posterior operación de una campana secundaria.

La inversión se estima en 15.000 kUS\$ y el reemplazo de la campana del CT, se debe realizar durante una detención general de la planta.

- Campana secundaria CT, sangría metal blanco y lavado alcalino de gases fugitivos

Con el mejoramiento en la captación y limpieza de azufre y arsénico del sistema primario de la fundición, es factible incrementar la fijación de Azufre y Arsénico, para tratar de alcanzar el escenario cercano al 96% de abatimiento a



través de la instalación de una campana secundaria capaz de capturar los gases provenientes de las operaciones de giro del reactor, a las que necesariamente esta expuesto, así como los gases de la sangría de metal actualmente evacuados hacia una chimenea, los que serían conducidos hacia una planta de lavado alcalino de los gases de un volumen aproximado de 230.000 Nm³/hr, cuyo diseño las fases de ingeniería deberán precisar.

Se estima que los plazos requeridos para los estudios de pre factibilidad, factibilidad, autorización de recursos, adquisiciones e instalación, permitirían tener operativo el sistema no antes del año 2017, año al que el resto de las fundiciones podrán tener mayores niveles de desarrollo en la captura y tratamiento de gases diluidos La inversión estimada para esta solución para abatir aproximadamente 1,4% del S se estima en 34.500 kUS\$.

En resumen los proyectos necesarios para el cumplimiento de escenarios previstos para la Fundición Potrerillos se indican en la tabla siguiente

Tabla 11.5.1 Proyectos de reducción Emisiones Fundición Potrerillos

Medidas de mejoramiento ambiental	Reducción emisión S %	Reducción emisión As %	Ton abatida SO2 t/a	Ton abatida As t/a
Fundición Potrerillos				
Escenario 95% S				
Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	5,4	2,1	23.514	71
Planta Flotación de escorias	0,8	4,5	3.348	154
Potenciamiento y Cambio a doble absorción PLG	4,2	-	18.186	-
Reemplazo campanas CT- CPS	2,1	1,3	9.179	46
Escenario 96% S				
Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT	1,4	1,2	6.015	41

Fuente: Elaboración propia.



11.6 Niveles de Mejoramiento Ambiental y Cumplimiento de Normativas

Con las mejoras indicadas en los puntos anteriores, la distribución de emisiones por fuentes expresadas en toneladas se modifica y queda como sigue:

Tabla 11.6 Emisiones según Captura/Fijación de Azufre y Arsénico por escenario
Fundición Potrerillos

Potrerillos	Med. Plazo	
Alimentación concentrado t/año	Nominal	680.000
Ley Media S en concentrados (%)		32,0
Ley Media As en concentrados (%)		0,5

Emisión por Fuentes t/a Fundición Potrerillos	Base Med. Plazo		Escenario de 95% S		Escenario de 96% S	
	Azufre	Arsénico	Azufre	Arsénico	Azufre	Arsénico
Fugitivo primario CT (giro+campana)	11.650	164	3.834	54		
Residual tratamiento fugitivo primario CT	n/d	n/d	n/d	n/d	1.611	23
Fugitivo Sangría CT MB/Escoria	2.085	27	2.085	27	1.300	17
Fugitivo primario CPS (giro+ campanas)	14.478	12	5.948	5	5.948	5
Residual tratamiento fugitivo primario CPS	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Chimenea y sangrías HLE	299	152				
Residual tratamiento PFE	n/d	n/d	15	1	15	1
Gases de cola PAS	10.641	0	1.548	0	1.548	0
Residual tratamiento gases de cola	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Refino HA	239	37	239	37	239	37
Otras fuentes y ajuste	1.205	1	1.205	1	1.205	1
Ajustes	-2.019	12	-3.409	9	-3.409	9
Total emisión t/a	38.578	405	11.464	134	8.456	92
Captura y Fijación ajustada con desviación $\pm 1,2\%$ S	82,3	88,1	94,7	96,1	96,1	97,3
Toneladas abalidas (t/a)	-	-	27.114	271	3.008	41
Toneladas de ácido incremental (t/a)			79.498		0	

Nota (n/d): No dispone.

Fuente: Elaboración propia.

En la sección de ajustes de la tabla 11.6 para el escenario de 95% y 96% S se incluye adicionalmente un ajuste por circuito de flotación de escorias debido a que existe una menor recirculación de azufre y arsénico en el proceso. En la flotación de escorias una parte del azufre y en mayor proporción de arsénico son descartados en los relaves.



Se destaca al respecto que el cumplimiento del escenario de 95% fijación de S no se evalúa como totalmente asegurado, ya que se obtiene 94,7% de fijación S, estando dentro del rango bajo de dispersión $\pm 1,2\%$ S esperable de la estimación, que considera el mejoramiento total de procesamiento de los gases primarios y el aporte menor del reemplazo de hornos por flotación de escoria. El escenario de 96% de fijación, se lograría con el tratamiento de gases secundarios del CT, que implica generación de residuos sólidos a disposición como yeso impuro.

11.6.1 Cronograma de cumplimiento de los escenarios establecidos

Con las soluciones tecnológicas establecidas para disminuir las emisiones de SO₂, As, Hg y MP, y poder dar cumplimiento a los escenarios definidos, ellos se cumplirían según el siguiente cronograma:

Tabla 11.6.1 Cronograma de cumplimiento de escenarios

CRONOGRAMA DE CUMPLIMIENTO ESCENARIOS DE CAPTURA DE AZUFRE Y ARSENICO, FUNDICION POTRERILLOS					
MEDIDA DE DESCONTAMINACION	AÑO				
	2012	2013	2014	2015	2016
Nivel de fijación de SO ₂	82,3%		92,6%	94,7%	96,1%
Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx	xxxxxx		
Planta Flotación de escorias	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx			
Potenciamiento y Cambio a doble abosorción PLG	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx			
Reemplazo campanas CT- CPS			xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx	
Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT				xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx

Fuente: Elaboración propia.



11.6.2 Consideraciones para la sustentabilidad de resultados en el Largo Plazo

Para el consultor es importante relevar la importancia de la validación de la Ingeniería del sistema general de manejo de gases primarios de la Fundición Potrerillos y su contrastación con las soluciones de otras instalaciones de mejor desempeño. Potrerillos tiene el desafío de incrementar los niveles de fijación de S por sobre los de su actual estatus, mejorar competitividad ya que se encuentra en una zona eminentemente industrial, que facilita el procesamiento de concentrados de mayor As, impureza que presenta un buen nivel de abatimiento.

La realización de los proyectos requiere también revisar las prácticas y procedimientos operativos para que el conjunto de operaciones unitarias con las que debe operar y especialmente gestionar el entrenamiento del personal para migrar hacia una cultura operacional que conlleve el tratamiento de gases como algo prioritario. Lo anterior junto a los factores de diseño, las prácticas de mantención, determinan el rendimiento de los equipos de fijación, su estatus y la vida útil de éstos, bajo las condiciones de eficiencia requeridas.

En la práctica, lo normal es que de tiempo en tiempo, cualquier equipo del conjunto descrito anteriormente baje su eficiencia o falle y consecuentemente como conjunto no se cumpla el nivel de captura y emisión de contaminante, circunstancia reflejada en la actual situación de la Planta de Acido y el Maligas. La Fundición Potrerillos queda bajo el análisis realizado y los niveles proyectados de abatimiento, expuesta a mayor riesgo de incumplimiento de las cuotas de emisión.

Una oportunidad adicional de mejoramiento del desempeño ambiental es avanzar paralelamente en la implementación de la Conversión Continua, sobre la cual la Fundición Potrerillos ha desarrollado estudios previos ya que cuenta con un reactor adaptable al proceso, pudiendo así mejorar la continuidad y calidad de los gases de conversión hacia la planta de ácido.



11.6.3 Comentarios sobre infraestructura, espacios disponibles e interferencias

No se prevén interferencias mayores en la implementación de medidas de control de emisiones planteadas, a excepción del potenciamiento de la Planta de Acido, las que se prevén factibles de implementar durante detenciones programadas de la instalación.

Detenciones mayores pueden impactar esta instalación maquiladora, con un costo económico no relevante y contrastable con posibles detenciones obligadas de la fundición para cumplir cuotas de emisión (hoy limitadas por normativa vigente a 50.000 t/a de S).

De acuerdo evaluación del año 2010 y en base antecedentes de Potrerillos, se valorizaba el costo de lucro cesante, en un costo diario cercano a 60 kUS\$/día de detención, considerando 1.500 t/d de fusión y 1.200 t/d de ácido producido, en esta instalación, bajo una condición de cargo de tratamiento conservador de aproximadamente 47 US\$/t y la consideración de un costo fijo fundición de 60US\$/t.

11.7 Costos de Inversión y Operación Escenarios Fijación Azufre y Arsénico

11.7.1 Inversiones por escenarios y gastos pre-inversionales

De acuerdo a los antecedentes disponibles, experiencia del Consultor y rango de precisión +/- 30%, las inversiones requeridas por escenario para la Fundición Potrerillos alcanzan a 238,4 MUS\$ para el escenario 95% y 275,3 MUS\$ para el escenario de 96%. La estimación de las inversiones de capital considera adicionalmente un monto pre-inversional de 7% de la inversión total, considerando ya realizados parte de la Ingeniería conceptual.



Tabla 11.7.1.a Costos de Capital por escenario Fundición Potrerillos.

COSTOS DE INVERSIÓN					
ITEM	DESCRIPCIÓN	Inversión Sub Total	Costos PreInversionales	TOTAL	CRITERIO REEMPLAZO EQUIPOS
COSTOS ASOCIADOS A PROYECTOS		KUS \$	KUS \$	KUS \$	
1	Escenario Captura 95% S				
1.1	Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	75.000	5.250	80.250	20 años
1.2	Planta Flotación de escorias	80.800	5.656	86.456	20 años
1.3	Potenciamiento y Cambio a doble absorción PLG	52.000	3.640	55.640	18 años
1.4	Reemplazo campanas CT- CPS	15.000	1.050	16.050	15 años
	Total Escenario Captura 95% S	222.800	15.596	238.396	
2	Escenario Captura 96% S				
2.1	Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT	34.500	2.415	36.915	20 años
	Total Escenario Captura 96% S	257.300	18.011	275.311	

Fuente: Elaboración propia, por el Consultor

La Tabla 11.7.1.b muestra la distribución de las inversiones y costos pre-inversionales.

Tabla 11.7.1.b Distribución costos de capital por escenario y proyectos Fundición Potrerillos.

COSTOS DE INVERSIÓN								
ITEM	DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
COSTOS ASOCIADOS A PROYECTOS								
1	Escenario Captura 95% S							
1.1	Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	0	30.250	25.000	25.000	0	0	0
1.2	Planta Flotación de escorias	0	46.056	40.400	0	0	0	0
1.3	Potenciamiento y Cambio a doble absorción PLG	0	29.640	26.000	0	0	0	0
1.4	Reemplazo campanas CT- CPS	0	0	1.050	7.500	7.500	0	0
	Total Escenario Captura 95% S	0	105.946	92.450	32.500	7.500	0	0
2	Escenario Captura 96% S							
2.1	Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT	0	0	1.208	1.208	17.250	17.250	0
	Total Escenario Captura 96% S	0	105.946	93.658	33.708	24.750	17.250	0

Fuente: Elaboración propia.



11.7.2 Costo Incrementales de Operación

Los costos anuales incrementales de operación, determinados en -1,7 MUS\$/año para el escenario 95% y 6,15 MUS\$/año para el escenario de 96%, muestran la conveniencia técnico-económica de la Recuperación Integral del sistema de Manejo y tratamiento de gases primarios, ya que permitirá aumentar producción de ácido y reducir los costos de mantenimiento. Los últimos años estos costos registran valores cercanos a los 6.800 kUS\$/año, asumiendo por efectos del proyecto una reducción mínima del 20% de éstos.

Las medidas de control propuestas para el escenario de 95%, permiten proyectar una mayor producción de ácido sulfúrico de alrededor a de 79.500 t/a, producción incremental de ácido como un crédito al costo ya que genera un ingreso marginal neto de 25 US\$/t.

No se consideran costos de operación de la planta de flotación de escorias por considerarse compensables con los mayores ingresos por recuperación de esta inversión de reemplazo de los hornos de tratamiento de escorias, con beneficio ambiental.



Tabla 11.7.2 Costos de Operación incrementales por escenario Fundición Potrerillos

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTOS INCREMENTALES					Tonelada Abatida (Ton/a)
		COSTO INCREMENTAL ANUAL DE OPERACIÓN KUS \$/a	Costo Energía KUS \$/a	Costo Insumos y otros KUS \$/a	Costo Mantenición KUS \$/a	Costo disposición KUS \$/a	
COSTOS ASOCIADOS A PROYECTOS		KUS \$/a	KUS \$/a	KUS \$/a	KUS \$/a	KUS \$/a	SO₂
1	Escenario Captura 95% S						
1.1	Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	-1.359	-	-	-1.359	-	23.514
1.2	Planta Flotación de escorias	No considera	-	-	-	-	3.348
1.3	Potenciamiento y Cambio a doble absorción PLG	1.659	1.142	0	517	-	18.186
1.4	Reemplazo campanas CT- CPS	2	0	2	0	-	9.179
-	Producción de ácido sulfúrico	-1.987	-	-1.987	-	-	-
	Total Escenario Captura 95% S	-1.686	1.142	-1.986	-842	0	54.227
2	Escenario Captura 96% S	7.841	1.011	1.019	1.019	4.792	6.015
2.1	Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT	7.841	1.011	1.019	1.019	4.792	6.015
	Total Escenario Captura 96% S	6.155	2.153	-967	177	4.792	60.243

Fuente: Elaboración propia, por el Consultor

El tratamiento de gases secundarios del CT y sangría de MB, requerido para lograr el escenario de 96% de fijación de S, conlleva mayores costos de energía, materiales y especialmente gastos en gastos de transporte y disposición del residuo sólido considerado a 295 US\$/t (Disposición con Ecometals, riles no incluidos). También la determinación de costos ha incorporado los gastos de mantención, asociados a la nueva planta como un porcentaje de la inversión.

11.7.3 Energía Eléctrica Incremental y agua adicional requerida

El consumo de energía eléctrica se ha evaluado considerando que se verá incrementado fundamentalmente por la incorporación de la Planta de Molienda y Flotación de Escorias y en menor medida, por el potenciamiento de la planta de ácido a doble absorción. Esta última situación es revisable en base la reducción factible por la recuperación del sistema de manejo de gases, con disminución de pérdidas de tiraje y menor exigencia al soplador. El nuevo sistema de captura y



tratamiento de gases fugitivos CT, sangría de metal conllevará aumento del requerimiento energético

Lo anterior lleva a determinar un consumo anual de 39,3 GWH/a para lograr una fijación de 95% cercano a la meta de emisiones y 51,2 GWH/a para el escenario de 96%.

En relación a la Energía Eléctrica no se incluye requerimiento de reforzamiento de instalaciones de distribución y subestaciones eléctricas.

Tabla 11.7.3 Consumo Incremental de energía y agua industrial

Medidas de mejoramiento ambiental	Puesta en operación	Consumo incremental Energía MW/h/a	Consumo incremental de agua m3/a
Fundición Potrerillos	Año		
Escenario 95% S			
Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	2014	-	-
Planta Flotación de escorias	2014	25.773	339.009
Potenciamiento y Cambio a doble absorción PLG	2014	13.520	14.602
Reemplazo campanas CT- CPS	2016-2015	-	10.000
Consumo MWh/a		39.293	
Escenario 96% S			
Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT	2017	11.960	3.450
Consumo MWh/a		51.253	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11.7.3 a Incremento consumo Energía Eléctrica

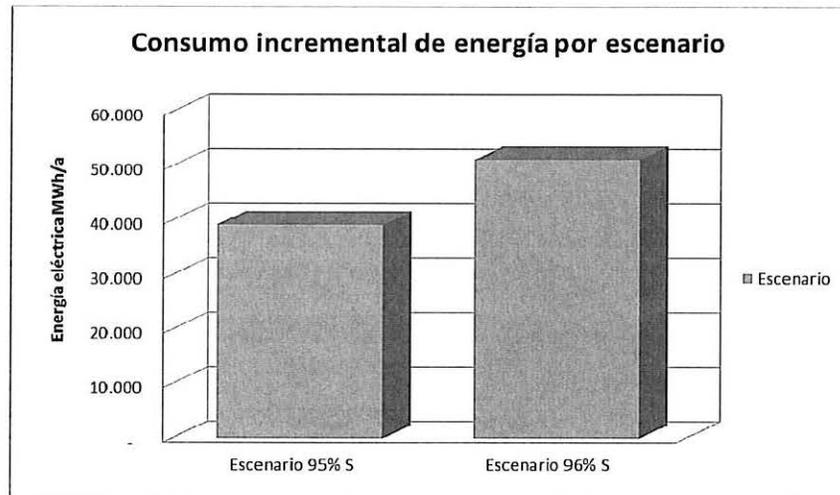
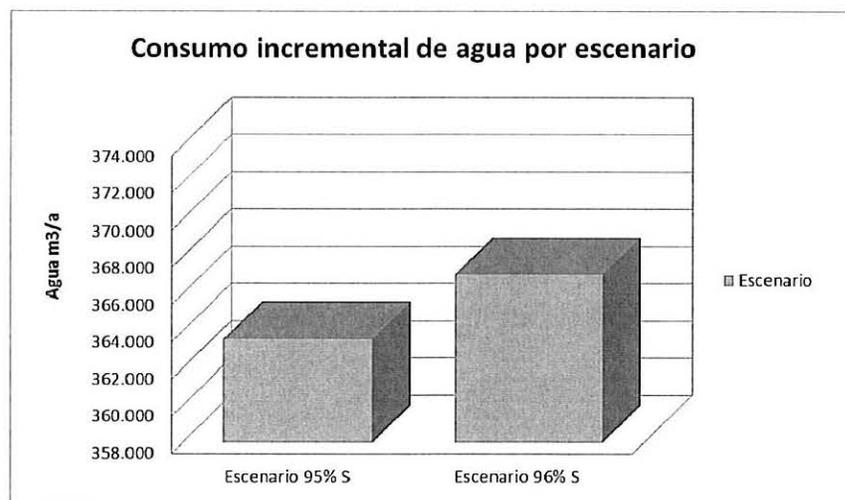


Figura 11.7.3 b Incremento consumo Agua Industrial



Fuente Gráficos 11.7.3 a y b: Elaboración propia.



El consumo de agua está fundamentalmente afectado por los requerimientos de molienda y flotación, considerando el agua de reposición necesaria para un sistema operando con descarga de relaves con 50% sólidos y 9% de humedad en el concentrado de escoria.

11.8 Resultados Técnico/Económicos de Cumplimiento de Escenarios Regulatorios

En cumplimiento a los objetivos de este estudio, se han indicado las soluciones medio ambientales posibles de incorporar en la Fundición Potrerillos, para que dicha instalación pueda enfrentar nuevos escenarios regulatorios en el mediano plazo. Se considera mantener su capacidad nominal de fusión de 680 kt/a y reducir emisiones de azufre y Arsénico, con niveles de captura y fijación de 95% y 96% en azufre y superiores en arsénico.

Lo anterior, junto a las estimaciones de costos de inversión y operación incrementales, permiten evaluar el valor presente de costos de inversión y operación (VAC) de dichas medidas, la determinación del costo anual equivalente (CAE) y como una medida comparativa la razón costo efectividad, determinando el costo unitario por tonelada de SO₂ abatida (CUE).

11.8.1 Reducción de Emisiones de SO₂ y As por Escenarios

Se ha incluido, como base fija el diferencial de emisiones entre el valor declarado y el modelado equivalente a 1,2 % de fijación de S, considerado como fuente no identificada. Sobre esto la reducción proyectada de emisiones de SO₂ y As por escenario y la inclusión de límites se muestra en figuras 11.8.1 a y b. Incluye una sección otros en color rojo, la cual contiene emisiones provenientes de otras fuentes, ajustes para llegar al valor medio entre lo declarado y modelado por el consultor, y ajuste por circuito de flotación de escorias.



Figura 11.8.1.a Reducción de Emisiones de SO₂ por escenarios

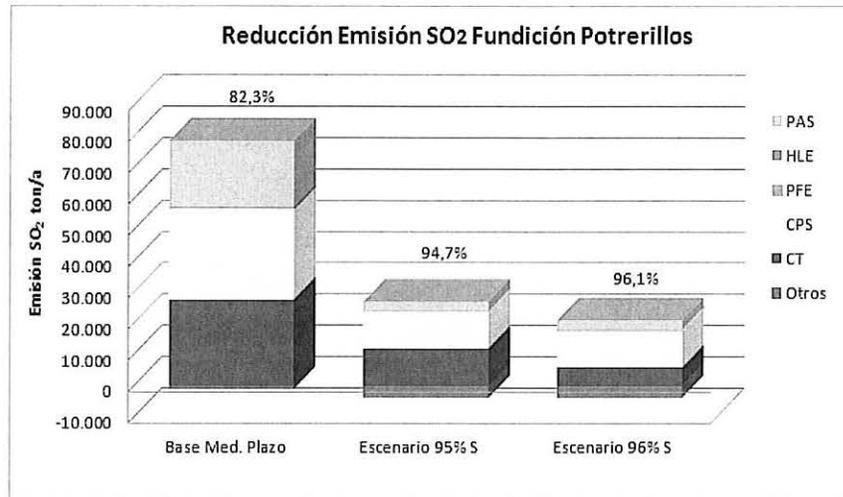
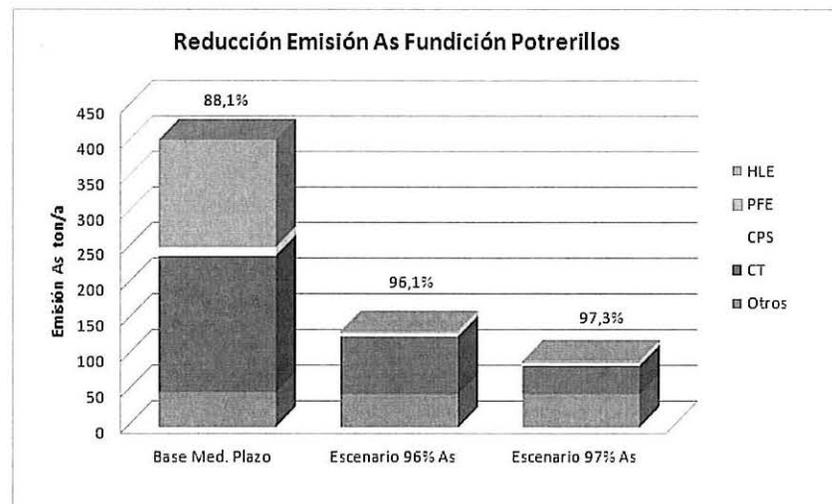


Figura 11.8.1.b Reducción de Emisiones de As por escenarios



Fuente Gráficos 11.8.1 a y b: Elaboración propia.



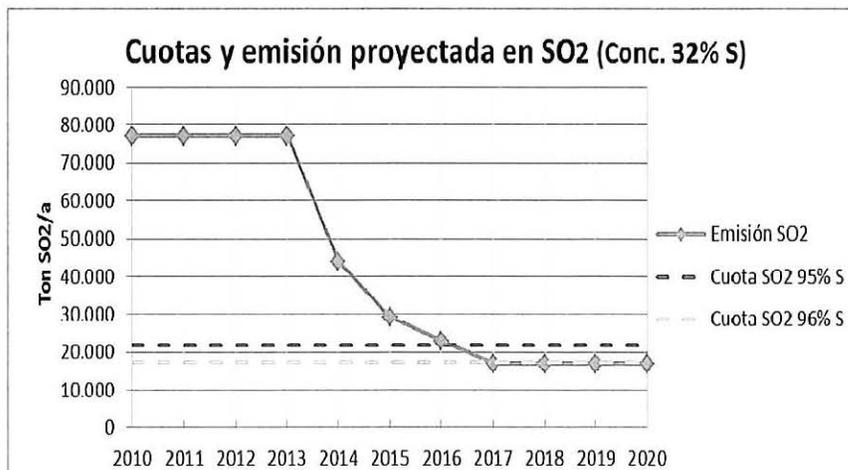
Ambos gráficos poseen una disminución de emisiones en lo referido a otros (color rojo), debido a que en esta sección está incorporado también la reducción de emisión que produce el circuito de flotación de escorias, ya que disminuye la recirculación de azufre y arsénico a la fundición.

11.8.2 Cumplimiento de cuotas con la proyección de emisiones proyectadas SO₂ y As

La figura siguiente muestra que a partir del año 2017 es factible el cumplimiento de cuotas de emisión de SO₂ proyectados por la autoridad para la Fundición Potrerillos con un nivel de fusión de 680 kta y concentrados de 32,0% S, así como las proyectadas para As.

En el intertanto al establecimiento de la nueva normativa, la Fundición Potrerillos tiene el compromiso del Plan de Descontaminación de no sobrepasar 50.000 t/a de emisión de S, alcanzando la emisión durante el año 2011 a 48.703 t de S, según antecedentes del Balance de Azufre a la Autoridad Ambiental (Diciembre 2011) año 2011 .

Figura 11.8.2.a Cumplimiento de cuotas proyectadas de SO₂ fundición Potrerillos

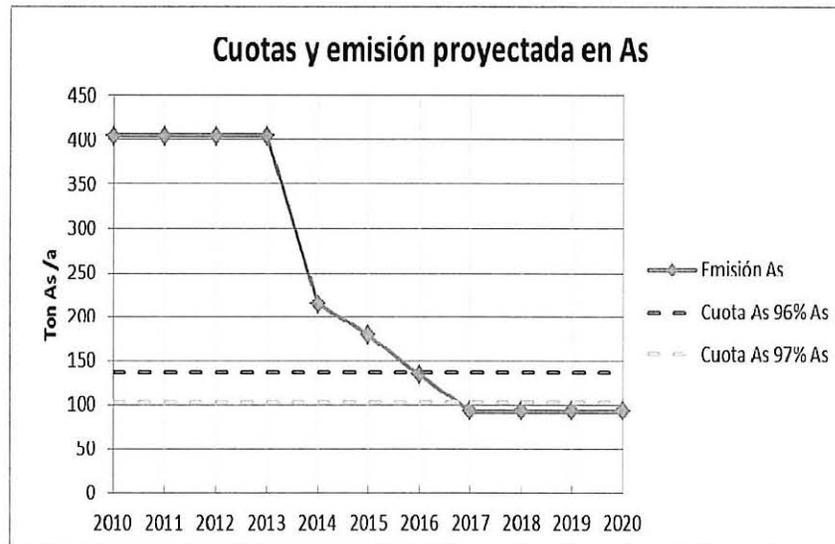


Fuente: Elaboración propia.



En relación al cumplimiento de emisiones inferiores a las cuotas de As establecidos por escenario, estas presentan niveles de holguras, al haber sido establecidas sobre un límite superior (0,5% en concentrado) al medio proyectado de 0,4%.As.

Figura 11.8.2.b Cumplimiento de cuotas proyectadas de As fundición Potrerillos



Fuente: Elaboración propia.

En razón a que el plan de Negocios de la Fundición Potrerillos ha cambiado su contenido medio de S en concentrados incrementándolo de 32% a 33,6%, dicha situación genera un incremento neto de un 5% en el nivel de emisión por tal causa, situación que dentro la fijación de cuotas de emisión y su rango de dispersión debería considerar, para no implicar una exigencia adicional de difícil control en una instalación principalmente maquiladora. Con respecto al arsénico el contenido medio de As en los concentrados decrece de 0,5% a 0,28%, dicha situación generaría una disminución en el nivel de emisión de As de 45% para el escenario de 95%.



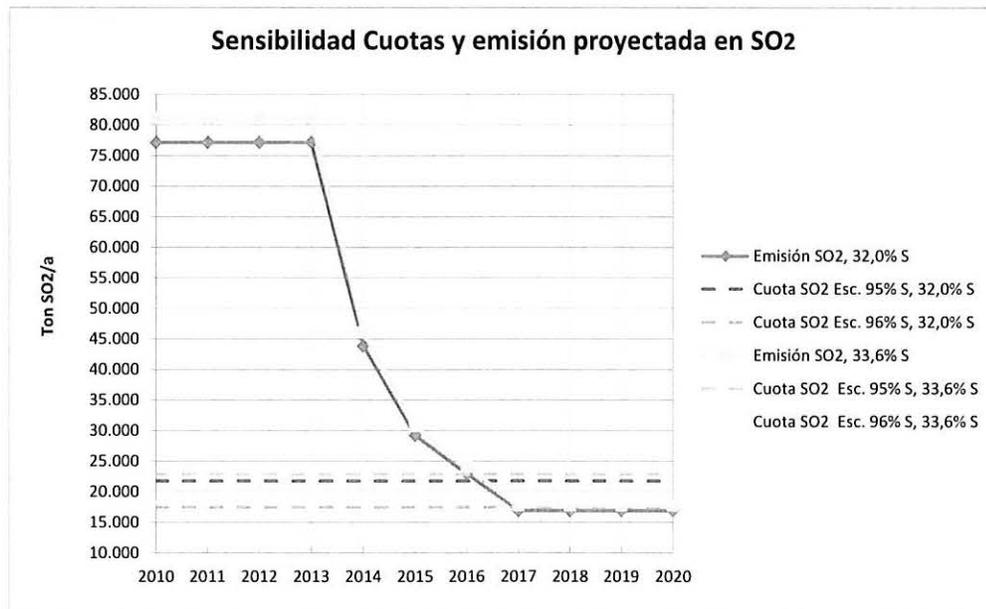
Tabla 11.8.2 Cuotas SO₂ 32 - 33,6% S y As 0,5% - 0,28% en Concentrado

Variabilidad para Cuotas Emisión (t/a)	Cuota límite SO ₂ conc.32,0%S (t/a)	Cuota límite SO ₂ conc.33,6%S (t/a)	Cuota límite As conc.0,5%As (t/a)	Cuota límite As conc.0,28%As (t/a)
Escenario 95% S	21.760	22.865	136	75
Escenario 96% S	17.408	18.292	102	56

Fuente: Elaboración propia.

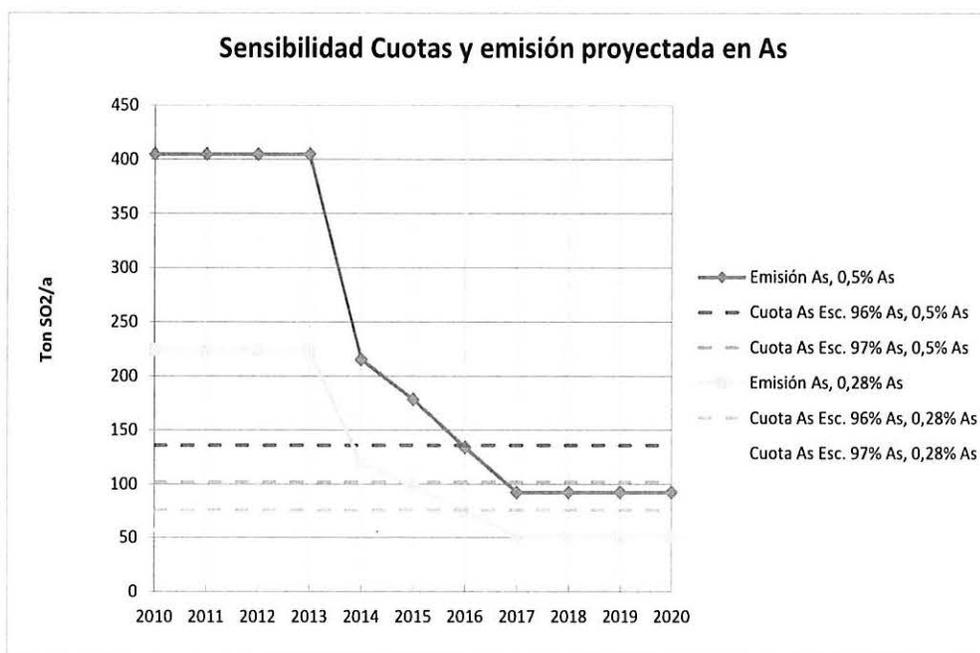
La dispersión proyectada se refleja en gráfico siguiente:

Figura 11.8.2.c Sensibilidad Cumplimiento de cuotas emisión de SO₂ fundición Potrerillos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11.8.2.d Sensibilidad Cumplimiento de cuotas emisión de As fundición Potrerillos



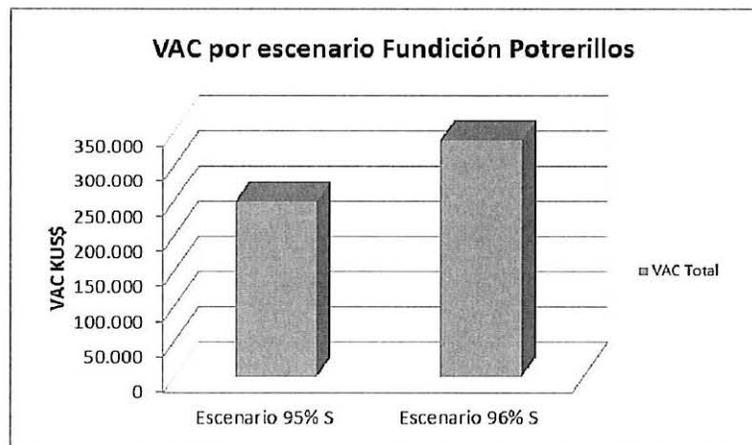
Fuente: Elaboración propia.

11.8.3 Determinación del VAC y CAE

La determinación en un periodo de 25 años del Valor actualizado de costos de las Medidas de Control de Emisiones para la Fundición Potrerillos, considerando costos de inversión y operación privados, con actualización a una tasa social de descuento de 6% indica que para lograr un cumplimiento de 95% y 96% de abatimiento de S, implica un VAC de 250 y 337 MUS\$ respectivamente, cifra última que afecta significativamente la rentabilidad de esta instalación maquiladora de concentrados, ubicada en una zona industrial, sin población cercano.

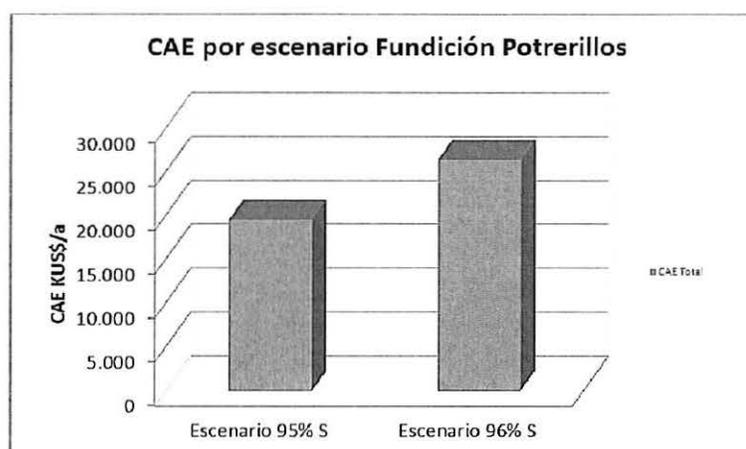
Del VAC indicado para el escenario de 95%, cerca de 265 MUS\$ provienen de costos de Inversión, dado que los costos operacionales en este caso representan un ahorro de costos neto de -15,7 MUS\$, asociado a los resultados de mayor producción de ácido y ahorros en mantención. En tanto para el escenario de 96% fijación de S, el 88% del VAC corresponde a costos de Inversión 296,3 MUS\$, correspondiendo el restante a costos de operación (40,7MUS\$).

Gráfico 11.8.3.a Valor actualizado de Costos soluciones medio-ambientales Potrerillos por escenario



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11.8.3.b Costo anual equivalente Soluciones medio-ambientales
Potrerillos por escenario



Fuente: Elaboración propia.

El detalle de cálculo de estos costos ha sido realizado considerando similares criterios que para el resto de las fundiciones. El costo anual equivalente se incrementa en un 35%, al pasar del escenario de 95% a 96% (19.523 kUS\$/a a 26.638 kUS\$/a).

11.8.4 Relación Costo – Efectividad en el control de Emisiones de S

Con los antecedentes mostrados, el cálculo de costo efectividad para el cumplimiento de escenarios de captura de azufre lleva a un costo unitario de 420 US\$/t abatida de SO₂, para el escenario de 95% y 515 US\$/t abatida de SO₂, para el escenario acumulado de 96% fijación. Este valor es inferior al del resto de las fundiciones para el escenario de 95%, por el mayor potencial de abatimiento de S y fijación en ácido derivado de su actual nivel de captura.



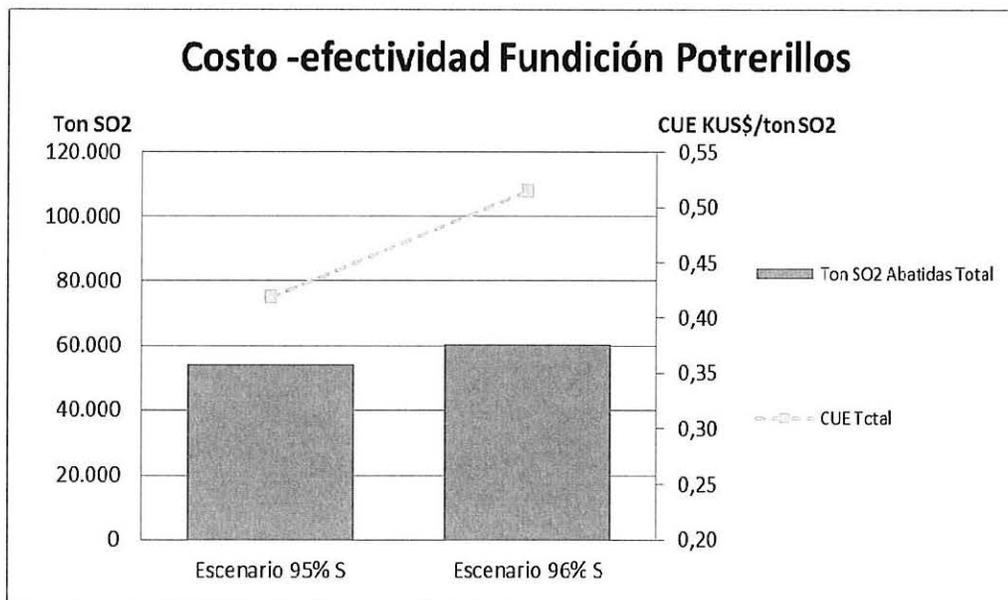
Sin embargo cabe destacar que la implementación del proyecto captación y tratamiento gases secundarios CT y sangría MB, para pasar de 95% a 96% de fijación, tiene por sí mismo un alto costo y baja efectividad, con un costo unitario de 1.500 US\$/t de SO₂ abatida, fijando anualmente sólo 4.572 t/a promedio (en 25 años) de SO₂.

En resumen los indicadores económicos atribuidos a los escenarios descritos de reducción de emisiones para una fijación de 95 y 96% se indican a continuación en tabla siguiente:

Tabla 11.8.4 Indicadores económicos por escenarios Fundición Potrerillos

ITEM	DESCRIPCIÓN	INDICADORES ECONÓMICOS A TASA 6%			
		INVA	VAC	CAE	CUE
COSTOS ASOCIADOS A PROYECTOS		KUS \$	KUS \$	KUS \$/a	KUS \$/Ton
1	Escenario Captura 95% S				
1.1	Recuperación sistema manejo de gases CT-CPS	87.372	74.168	5.802	
1.2	Planta Flotación de escorias	96.698	96.698	7.564	
1.3	Potenciamiento y Cambio a doble absorción PLG	63.965	80.741	6.316	
1.4	Reemplazo campanas CT- CPS	17.244	17.258	1.350	
-	Producción de ácido sulfúrico	-	-19.302	-1.510	
	Total Escenario Captura 95% S	265.279	249.563	19.523	0,4
2	Escenario Captura 96% S				
2.1	Captura y tratamiento gases de campana secundaria y sangría MB CT	31.040	87.502	6.845	
	Total Escenario Captura 96% S	296.319	337.065	26.368	0,5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11.8.4 Costo unitario Equivalente por tonelada de SO₂ abatida Potrerillos

Fuente: Elaboración propia.

11.8.5 Proyección de futuro para la instalación

La situación de arquitectura tecnológica asociada a la mantención del proceso de conversión con giros CPS y emisiones secundarias derivadas, tiene como ventaja la simplicidad operacional y relativos bajos costos de operación, por lo que el Consultor sugiere avanzar en paralelo en el desarrollo de mejoras en conversión, tales como el carguío de carga fría por campana o culata, sistema de control de aire asociado al giro o el cambio tecnológico a conversión continua, para lo cual Potrerillos dispone de instalaciones, así como capacidad de refinación electrolítica

El área de preparación carga, debe controlar la regularidad de la ley de azufre, informada como de alta variación, condición que favorece la estabilidad de los procesos.



La realización de inversiones y consolidación de equipos de trabajo de mayor expertizaje y permanencia laboral, es otro de los desafíos de la Fundición Potrerillos, para la obtención de un mejor desempeño ambiental.

Se releva también el requerimiento de un cambio en la cultura operacional, que considere el tema del manejo y tratamiento de gases, como parte integrante del proceso metalúrgico.