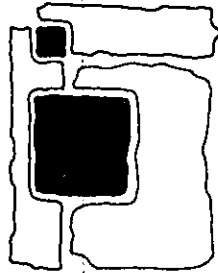


661.63⁰

M664

1994, c. 1

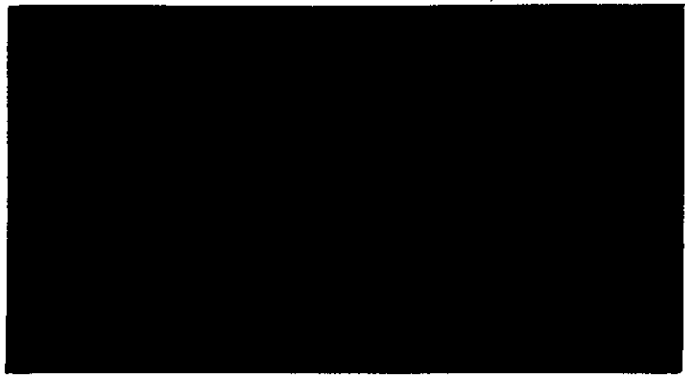
R



FONTEC

FONDO NACIONAL
DE DESARROLLO
TECNOLOGICO
Y PRODUCTIVO

BIBLIOTECA CORFO



BIBLIOTECA CORFO

**OBTENCION DE SULFATO DE SODIO
ANHIDRO DERIVADO DEL PROCESO DE
PRODUCCION DE YODO DESDE RIPIOS
SALITR**

CODIGO N° 93-0180

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compete con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO



Minera Mapocho S.A.

INFORME FINAL

INVESTIGACION A ESCALA PILOTO DE OBTENCION DE SULFATO DE SODIO ANHIDRO DERIVADO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE YODO DESDE RIPIOS SALITREROS.

PRESENTADO A : FONTEC.

POR : MINERA MAPOCHO S. A.



Minera Mapocho S.A.

PROYECTO DE INOVACION TECNOLOGICA

INTRODUCCION.

Minera Mapocho S. A. estudió a escala piloto, desde 1993, la obtención de sulfato de sodio anhidro a partir de soluciones derivadas de yodo, con la finalidad de resolver deficiencias en el sistema de proceso de sus soluciones yodadas y aprovechar a la vez al máximo su recurso hídrico.

Esta investigación, nació como consecuencia de la presencia de altos contenidos de sulfato de sodio en el mineral y en las soluciones de lixiviación de los ripios salitreros y el aprovechamiento de las condiciones climáticas de la zona que permiten la cristalización de sulfato decahidratado y el secado solar de este producto en base a la radiación solar y baja humedad ambiental.

El nuevo proceso permitió a Mapocho mejorar el rendimiento de su planta de yodo y a que un mayor volumen de soluciones pobres pudieran retornar a la operación de lixiviación, incorporando un porcentaje de yodo arrastrado por dichas soluciones.

El éxito de los trabajos de investigación realizados durante el período de junio 1993 a febrero 1994, con apoyo de FONTEC, ha permitido a Mapocho gozar del beneficio de un nuevo producto comerciable como es el sulfato de sodio anhidro.



Minera Mapocho S.A.

RESUMEN DE ACTIVIDADES.

Minera Mapocho S. A. comenzó sus operaciones en enero de 1992 y durante las operaciones de dicho año detectó una fuerte interferencia en su proceso de lixiviación provocada por un alto contenido de sulfato de sodio, sal que cristalizaba por disminución de la temperatura ambiental provocando la detención esporádica de la unidad productora de yodo y fuertes bajas de extracción de yodo en el proceso de lixiviación de pilas.

Personal de nuestra empresa planteó como solución técnica a este problema la recuperación de este producto, como una manera de resolver el problema operativo de producción de yodo. Para ello, se diseñó e implementó un proceso a escala piloto con una capacidad suficiente para cubrir la necesidad de flujos de solución del proceso nocturno de yodo. En general, el proceso consistió en la clarificación de las soluciones de lixiviación, cristalización atmosférica de dichas soluciones para formar sulfato de sodio decahidratado, la cosecha de cristales para su presecado solar y finalmente secado en horno rotario.

Este proceso fue implementado en junio de 1993 con excelentes resultados, con la obtención de un producto de buena calidad el cual se ha comercializado preferentemente a Bolivia.

Por otra parte, se resolvieron las dificultades de operación nocturna de la planta productora de yodo junto con un aumento de la extracción de yodo en las pilas de lixiviación y una mayor estabilidad mecánica en la operación de estas unidades extractivas.



Minera Mapocho S.A.

El diseño conceptual de cada una de las operaciones unitarias involucradas fue resuelto por personal de Minera Mapocho S. A., que a la vez realizó los contratos para la implementación de los equipos a utilizar con diferentes empresas, consolidando de esta forma la planta piloto. En esta etapa se invertieron cerca de US\$ 160.000 que fueran detallados en nuestro primer informe de avance.

Es necesario resaltar que una de las condiciones que afecta este proceso es su comportamiento cíclico, el que depende de las diferentes condiciones climáticas del año, para definir los programas de producción, antecedentes que fue presentado en nuestro segundo informe de avance.

Actualmente la faena productiva de sulfato de sodio se encuentra en operación y se espera para 1994 obtener una producción media mensual de 600 toneladas de sulfato anhidro industrial.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede estimar que el costo de producción no superará los US\$ 50 por tonelada de producto, haciéndolo económicamente competitivo con otras instalaciones productoras de sulfato.

ACTIVIDADES REALIZADAS.

Para concretar este proyecto fue necesario realizar un sinnúmero de actividades con la finalidad de obtener la mejor alternativa operativa y la mayor productividad, las que se resumen a continuación:



Minera Mapocho S.A.

Caracterización de soluciones.

Esta actividad se llevó a cabo reuniendo en una primera tentativa, toda la información en relación a las concentraciones de las soluciones de lixiviación, posteriormente, cuando la unidad piloto fue puesta en operación, se analizaron las soluciones de alimentación y descarte de las pozas de cristalización, información que se utilizó como base para el balance de masa y fue entregada en nuestro primer informe de avance.

La caracterización final de la solución, dio como resultado los siguientes valores:

Sulfato de Sodio	160 (gpl)
Cloruro de sodio	140 (gpl)
Magnesio total	9 (gpl)
Nitrato de sodio	35 (gpl)
Sólidos	2 (%)

Sedimentación de sólidos.

Como básico en la producción de sulfato de sodio es el contar con soluciones cristalinas para la obtención de un producto de calidad. Para lograr esta condición fue necesario investigar el comportamiento de las soluciones en procesos de sedimentación y clarificación.

Se observó que las soluciones presentaban dos tipos de sólidos, uno de muy fácil decantación y otro de lenta decantación, por lo que fue necesario buscar alternativas para determinar los tiempos de decantación. En la prueba típica del tubo largo no se apreció correctamente este fenómeno, por tanto se midió la turbidez mediante la resistencia eléctrica acusada por una fotocelda al hacer incidir luz en la solución.



Minera Mapocho S.A.

Estos resultados fueron mostrados en nuestro primer informe y los datos finales que se determinaron son:

<u>Resistencia (Kohm)</u>	
Agua Negro	8,22 Infinito
<u>Tiempo (Hora)</u>	
0,5	18.000
1,0	8.050
2,0	480
3,0	107
5,0	28
7,0	21
21,0	12

Con los cuales se concluyó que para obtener cristales adecuados se requería aproximadamente 17 horas de decantación.

Curvas de enfriamiento de soluciones.

La cristalización de sulfato de sodio es un fenómeno que depende del equilibrio de fase y del grado de enfriamiento de las soluciones. Con el objeto de determinar fielmente el potencial de nuestras soluciones, para producir sulfato de sodio decahidratado, se solicitó un estudio a la Universidad de Antofagasta. Con los resultados del estudio se determinó que las soluciones iniciaban su cristalización alrededor de los 16°(C) y que nuestras soluciones contenían un potencial de cristalización cercano a los 100 (gpl).

BIBLIOTECA CORFO



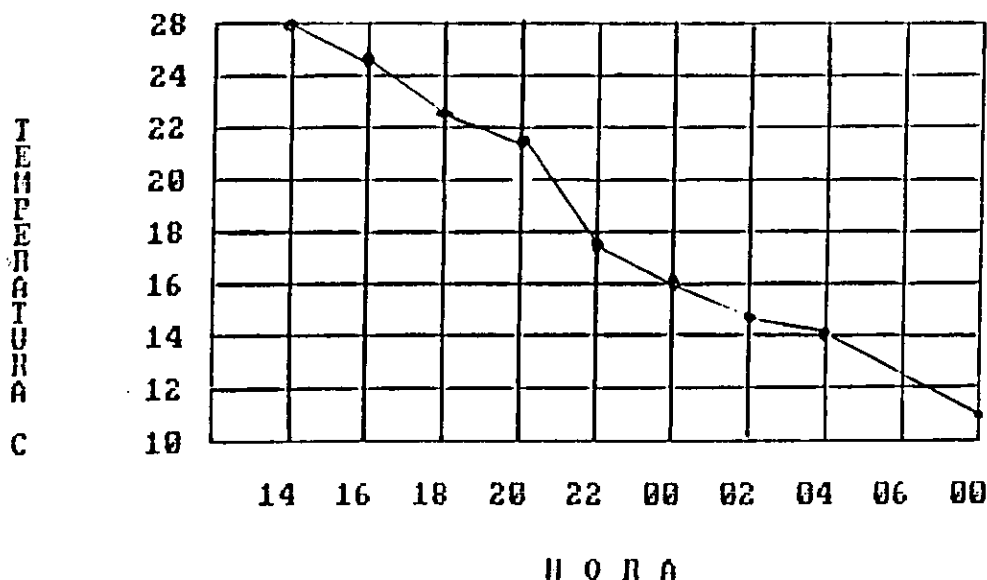
Minera Mapocho S.A.

Otros aspectos que inciden en la cristalización atmosférica corresponde a fenómenos de nucleación y de crecimiento de cristales, sobre el particular se pudo observar que al existir núcleos muy pequeños, es decir, cuando se producían cristales muy pequeños en la poza, se dan como resultado cristales muy disminuidos de difícil cosecha, condición que se modifica si se procede a una limpieza permanente de la poza.

De acuerdo a esta investigación se ha podido comprobar la posibilidad de obtener cristales de sulfato decahidratado en el período de verano, aunque con una productividad menor, pero de características adecuadas para ser cosechados.

Durante la operación de la planta piloto se midió las temperaturas de la soluciones expuestas a enfriamiento atmosférico (ver curva de enfriamiento), este elemento de medida se utilizó junto con el flujo de soluciones para determinar la altura de cristalización de la solución en la poza. Información que se empleó en la elaboración de programas de producción de sulfato decahidratado, como se ilustra en el gráfico y cuadro de proyecciones siguientes:

CURVA DE ENFRIAMIENTO DE SOLUCION
Pozas de enfriamiento atmosferico 0.25 mt.





Minera Mapocho S.A.

PROYECCION PRODUCCION SULFATO DECAHIDRATADO

MESES	DIAS	CALOR (KCAL/MEDIA)	ALTURA (CM)	AREA (M2)	VOLUMEN (M3)	(TON/DIA)
ENERO	25	846	6.5	6.700	436	32
FEBRERO	25	1.293	9.8	6.700	657	49
MARZO	25	1.950	14.8	6.700	992	74
ABRIL	25	2.645	20.1	6.700	1.347	100
MAYO	25	3.195	24.3	6.700	1.600	121
JUNIO	25	3.463	26.4	6.700	1.769	131
JULIO	25	3.372	25.7	6.700	1.722	128
AGOSTO	25	2.960	22.6	6.700	1.500	112
SEPTIEMBRE	25	2.904	17.5	6.700	1.173	100
OCTUBRE	25	1.605	12.2	6.700	617	61
NOVIEMBRE	25	1.055	7.9	6.700	529	39
DICIEMBRE	25	741	5.6	6.700	375	29



Minera Mapocho S.A.

PROYECCION PRODUCCION SULFATO ANHIDRO

MESES	DIAS	TASA (KG/M2 DIA)	AREA (M2)	SULFATO ANHIDRO (TON/MES)	(TON/DIA)
ENERO	25	5.4	10.200	1.350	54
FEBRERO	25	4.9	10.200	1.225	49
MARZO	25	4.3	10.200	1.076	43
ABRIL	25	3.3	10.200	825	33
MAYO	25	2.6	10.200	650	26
JUNIO	25	2.2	10.200	550	22
JULIO	25	2.3	10.200	575	23
AGOSTO	25	2.7	10.200	675	27
SEPTIEMBRE	25	3.3	10.200	825	33
OCTUBRE	25	4.0	10.200	1.000	40
NOVIEMBRE	25	4.6	10.200	1.100	44
DICIEMBRE	25	5.2	10.200	1.300	52

Asimismo, se recopilaron los fundamentos técnicos que describen el fenómeno del enfriamiento atmosférico, el cual está basado en el balance de energía de una poza, información que fue parte del segundo informe de avance.



Minera Mapocho S.A.

Escurridor para lavado de cristales.

La gran dificultad en la producción de cristales de sulfatos, libres de cloruros, es la eliminación de esta sal a niveles menores a 1 %. Esto se logró mediante el lavado con agua excenta de sales, pero en proporción tal que no se produjera nuevamente la disolución de cristales de sulfato; para este efecto fue necesario, por así decirlo, lavar sólo la superficie del decahidrato.

La solución se encontró con la compra a Eral Chile S. A. de un escurridor con capacidad suficiente para los niveles de producción de Mapocho. La adquisición fue respaldada con pruebas pilotos efectuadas en un equipo de laboratorio arrendado a Eral Chile.

Los resultados obtenidos con este equipo son excelentes, ya que se han logrado los requerimientos de calidad del producto final con un consumo de agua de 0.3 m³/ton. El modelo adecuado fue el EV600/E, con dos motovibradores, que facilitan la descarga y el efectivo lavado de sulfato.

Canchas de secado solar.

Es conocido que el aprovechamiento de la energía solar en procesos industriales es utilizado como fuente de secado; en nuestro caso se trató de disminuir el contenido de agua de cristales hidratados mediante el extendido de material en superficies expuestas a la radiación solar. Esta investigación permitió determinar la evaporación de agua de los cristales de sulfato decahidratado, para las distintas épocas del año, argumentos con los cuales se pudo dimensionar el área de secado para distintas producciones o la



Minera Mapocho S.A.

producción para un área determinada como se muestra a continuación:

<u>Meses</u>	<u>(Kg/m² día)</u>
Enero	5.4
Febrero	5.9
Marzo	4.3
Abril	3.3
Mayo	2.6
Junio	2.2
Julio	2.2
Agosto	2.7
Septiembre	3.3
Octubre	4.0
Noviembre	4.6
Diciembre	5.2
Promedio	3.7

Secador rotatorio de sulfato de sodio.

El secado del sulfato de sodio decahidratado no es posible realizarlo enteramente por evaporación solar ya que el exceso de tiempo expuesto a condiciones ambientales tienden a contaminarlo. Tampoco es posible el secado en horno rotatorio en su estado de decahidratado ya que éste se funde en su propia agua de cristalización. Por este motivo fue necesario efectuar estudios para determinar la humedad máxima admisible para su secado en horno secador.

Para esta etapa, Minera Mapocho S. A. contrató los servicios de G. V. Elementos Industriales, quienes conjuntamente con la Universidad de Santiago de Chile, propusieron como solución técnica al problema realizar esta operación en un horno de flujo paralelo y de calor indirecto. Además, se realizaron estudios paralelos con el



Minera Mapocho S.A.

C. I. M. M. (Centro de Investigación Minera y Metalúrgica), de manera de ampliar la información, estos antecedentes se encuentran en nuestro primer informe de avance.

La unidad diseñada fue construida y puesta en operación los primeros días de septiembre de 1993 y ha confirmado las pruebas efectuadas por la Universidad de Santiago y C. I. M. M. de tal manera que se ha logrado obtener sulfato de sodio anhidro de grado comercial, siguiendo el siguiente cronograma de operación.

El secado final de sulfato de sodio húmedo (18 %), se realiza en un horno giratorio de flujo paralelo y calor indirecto, con una inclinación de 0.034 mt/mt., de 10 metros de longitud y 1,5 metros de diámetro, apoyado sobre dos estructuras de cemento.

Se comienza con el carguio de material húmedo a una tolva, la que mediante un vibrador alimenta una correa de 10 metros de largo y 10 pulgadas de ancho con inclinación de 30 grados; esta correa lleva el material hacia la entrada del horno, donde un flujo de aire caliente succionado mediante un ventilador permite el secado final del producto.

La temperatura del aire es elevada al pasar a través de una unidad de transferencia de calor que calienta el aire por medio de ductos a una temperatura que varía de 240 a 280 grados celcius. A su vez, estos ductos son calentados por fluido térmico que pasa a través de ellos.

El fluido térmico es alimentado a una caldera donde su temperatura se regula mediante un controlador automático que permite la inyección de petróleo a la caldera hasta que se logra la temperatura de referencia.



Minera Mapocho S.A.

El material fino generado en el proceso de secado y que es arrastrado por el aire, se recolecta en un ciclón clasificador, ubicado después de la descarga del horno y antes del extractor. El fino del ciclón pasa a una correa transportadora que lo conduce hacia una tolva donde se mezcla con el material grueso y seco que viene de la descarga del horno.

El producto seco mezclado pasa a un elevador de capachos cayendo a otra tolva elevada del piso, donde es ensacado el sulfato de sodio anhidro en sacos de polipropileno en unidades de 50 Kg. para su comercialización.

Cada una de estas actividades se pudo apreciar en set de fotografías adjunto en nuestro primer informe.

El producto final obtenido tiene las siguientes características química:

Na ₂ SO ₄	Mínimo	98,5 %
NaCl	Menor	1,0 %
Humedad	Menor	1,0 %
Insolubles	Menor	0,5 %



Minera Mapocho S.A.

BREVE DESCRIPCION FINAL DEL PROCESO.

Las soluciones provenientes del proceso de lixiviación son depositadas en estanques de decantación, con capacidad de 400 m³ cada uno, impermeabilizada con P.V.C. de 1mm de espesor con la finalidad de obtener una solución exenta de sólidos en suspensión. El tiempo de decantación es de 24 horas con el propósito de obtener un cristal de sulfato de sodio decahidrato limpio.

Las soluciones clarificadas se vacían a pozas de cristalización de 50 * 20 * 0,3 mt. revestidas con P. V. C. de 1mm y construidas con un diseño adecuado para la recuperación de los cristales. Las soluciones remanentes de este proceso se retornan al circuito de la planta de yodo.

Las soluciones tiene una pérdida de calor, producto de las condiciones ambientales lográndose en la práctica la disminución de la temperatura de la solución desde 30°C a 13°C. Esto último depende de las condiciones climáticas y tiene un comportamiento cíclico que varía de mes en mes.

Una vez obtenidos los cristales la solución residual es vaciada, por gravedad, a través de canales a una poza de acumulación desde la cual es extraída para su posterior proceso en la Planta de Yodo.

Los cristales de sulfato de sodio decahidratado acumulados en las pozas son retirados mediante un barrido manual trasladándose mecánicamente, para su lavado, en un equipo que le elimina el agua de impregnación que contiene y el exceso de cloruro de sodio, obteniendo con esta operación, un producto con 0,3 % de cloruro de sodio.



Minera Mapocho S.A.

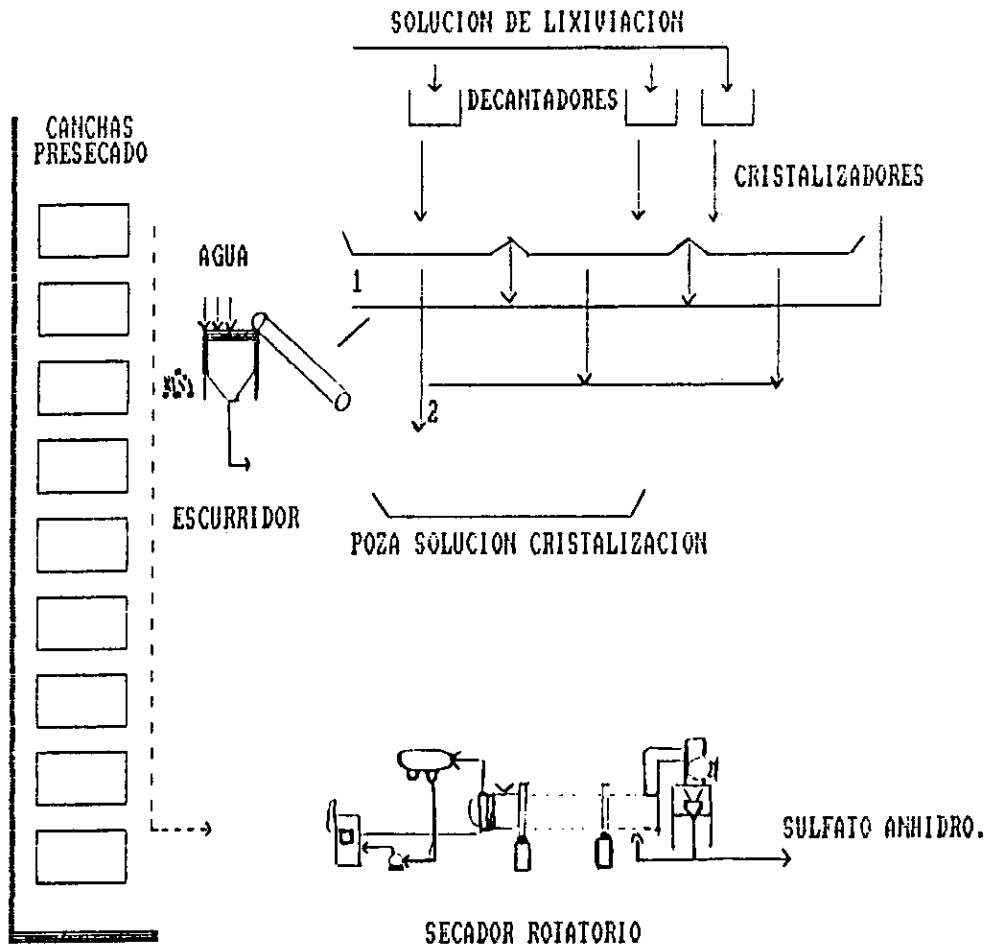
Los cristales posteriormente son dispuestos en carpetas de P. V. C. para su secado solar, obteniéndose de esta forma un producto intermedio con un 18 % a 20% de humedad.

El producto de las carpetas se lleva finalmente a un horno rotatorio secador de flujo indirecto donde se trata y se recupera el sulfato de sodio anhidro de grado comercial.



Minera Mapocho S.A.

DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA PILOTO DE SULFATO ANHIDRO



1 SULFATO DECAHIDRATADO.

2 SOLUCION DESCARTE.



CONCLUSIONES.

En base a la investigación y a la experiencia lograda en el plan piloto se puede concluir lo que sigue:

Las soluciones del proceso de lixiviación pueden ser clarificadas en decantadores gravitacionales en un tiempo de 17 horas logrando obtener cristales de sulfato decahidratado adecuados para cumplir con las exigencias de calidad.

La cristalización de sulfato de sodio decahidratado en pozas de enfriamiento atmosférico es totalmente factible dependiendo de la altura de la solución en la poza y del calor cedido por la solución, esto último en función de las distintas estaciones del año. La mayor productividad corresponde a invierno con 25 Kg/m² de sulfato decahidratado en poza y la menor en verano con 4 Kg/m².

Es posible reducir la humedad del sulfato decahidratado de 56 % a 20 % en canchas de evaporación solar. El comportamiento del secado es cíclico y su productividad expresada en sulfato decahidratado para el verano es de 12 Kg/m² y en invierno de 5 Kg/m².

Es factible secar sulfato con un máximo de 18 % a 20 % de humedad en un horno rotatorio de flujo indirecto. El consumo de petróleo de esta operación alcanza a 50 Lt/ton de sulfato de sodio anhidro.

En conclusión, el sulfato de sodio anhidro de grado comercial se puede obtener a partir de soluciones de lixiviación, cuya concentración fluctúa entre 140 a 180 (gpl) de sulfato, 120 a 150 (gpl) de cloruro de sodio, 30 (gpl) en nitrato, 10 (gpl) en



Minera Mapocho S.A.

magnesio y otras sales en menor proporción. El costo de producción es de aproximadamente US\$ 50 la tonelada de producto.

Mapocho ha logrado comercializar el sulfato de sodio anhidro ha Bolivia a un precio F. O. B. planta de US\$ 130.- la tonelada, gestionando su próxima comercialización en el mercado nacional.

BIBLIOTECA CORFO

