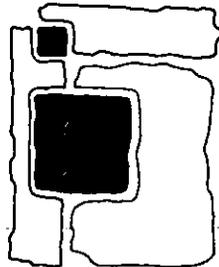


661.652
D194
1994.c.1

R

29h.



FONTEC

FONDO NACIONAL
DE DESARROLLO
TECNOLOGICO
Y PRODUCTIVO



**FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO
FONTEC - CORFO**

BIBLIOTECA CORFO

**PRODUCCION DE SULFATO DE COBRE
CRISTALIZADO A PARTIR DE
SOLUCIONES LIXIVIADORAS DE COBRE**

93 - 0176

ENERO 1994

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

**PROYECTO PRODUCCION DE SULFATO DE COBRE CRISTALIZADO A
PARTIR DE SOLUCIONES LIXIVIADAS DE COBRE**

INFORME # 3 Y FINAL

RESUMEN EJECUTIVO :

La empresa patrocinante D.H.B Ingeniería y Construcción, es una empresa dedicada al area de Construcción y Montaje, y en una iniciativa de diversificación de su rubro, experimento en la aplicación de nuevas tecnologías de bajo costo de operación, aplicable al sector de la pequeña y mediana minería. El proyecto que se propone, significa una manera alternativa del procesamiento de las soluciones lixiviantes aprovechando las condiciones ambientales y climáticas de la zona Norte del país y las características físico-químicas del Cobre. El proyecto que se propone corresponde a la implementación de un nuevo proceso, desarrollando un nuevo producto de menor costo y mayor valor agregado. Por otra parte, significa poder comercializar un sub-producto, mejorando la rentabilidad de la gestión económica de la empresa actual

EXPOSICION DEL PROBLEMA :

Existe en el Norte del país numerosos yacimientos de Cobre oxidado, que se encuentran acompañados por minerales nobles como Oro y Plata, los que no son recuperados en el proceso de lixiviación de las plantas maquiladoras, además, es común que estos minerales

tengan un alto consumo de ácido sulfúrico, lo que a menudo los margina de su comercialización, esta última situación ha sido solucionada, separando por métodos gravitacionales las menas calizas que producen este consumo. El método propuesto no solo permitiría recuperar parte de las menas secundarias, sino también obtener un producto con un mercado más amplio.

METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO :

Durante los meses de Octubre y Noviembre se procedió a efectuar las pruebas de concentración de las soluciones y la posterior cristalización de las sales de Cobre disueltas por medio de ataques con soluciones caliente. Cabe destacar que este proceso sufrió ciertos cambios en la marcha, que en el desarrollo de este informe se irán explicando.

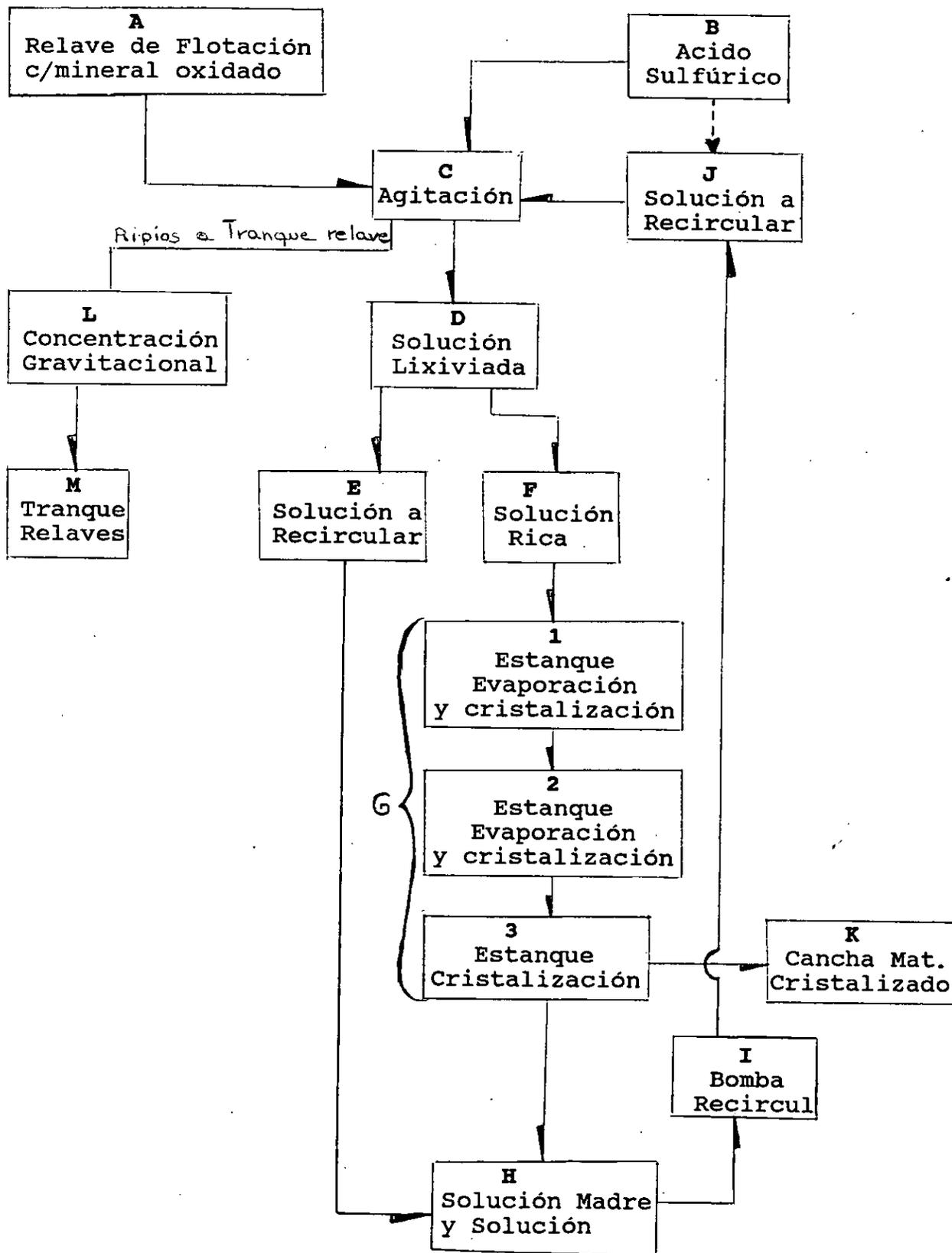
A continuación se presenta el flujograma, en que se explican las diferentes secuencias del proceso. Desde que se recibe el relave de la fase anterior que consistía en la recuperación del oro por medio de flotación, hasta la obtención del producto cristalizado por medio de la precipitación de este en estanques de cristalización.

PROCESO :

El relave proveniente de la etapa de flotación, molido bajo malla #100 Tyler y conteniendo material oxidado (A), es enviado a tres estanques de agitación, puestos en serie (C) donde reciben el suministro de ácido sulfúrico, este puede ser, ya sea fresco (B) ó de soluciones previamente lixiviadas (J) con contenido de ácido libre para enriquecer su contenido de cobre.

A la salida de los estanques de agitación, mediante canaletas de decantación que permiten separar la fase líquido de los sólidos, siendo esta última enviada a tranque de relaves (M) previo paso por una etapa de concentración gravitacional (L) que permite recuperar parte del oro liberado en el proceso. La fase líquida es enviada a un estanque (E) de acumulación de soluciones a recircular, si su contenido de cobre es bajo, ó a un estanque de solución rica (F) si el contenido de cobre es el adecuado. Desde este último estanque se alimentan tres estanques ó piscinas de baja profundidad que hemos llamado de evaporación y cristalización. Las aguas madres, ricas en ácido y con contenido aún de cobre, son llevadas a un estanque (E) y desde ahí, bombeadas (I) al estanque (J) para reiniciar el proceso.

FLUJOGRAMA :



RESULTADOS :

Los relaves alimentados al circuito tienen una ley de 1.6 % de cobre oxidado y son lixiviadas, en un primer ataque, a una ley en solución de 1.2 gr/lts de Cu siendo su recuperación metalúrgica en esta etapa de 75 %, acusando los ripios una ley de 0.4 % de Cu. El volumen de solución de esta primera etapa alcanza a 10 M³ por tonelada de relave tratada y el consumo de ácido es de 5 Kgs de H₂SO₄ / Kg de Cobre en solución. La recirculación de la solución. El alto contenido de fierro del relave, enriquece la solución en sulfato ferroso a tal grado que comienza a dificultar la lixiviación del cobre formándose una especie de gel que obstaculiza la operación de enriquecimiento en cobre de la solución, razón por lo cual se limitó a los 6 grs de cobre por litro, el contenido de la solución rica para mantener una operación eficiente con una recuperación razonable considerando parámetros de consumo de energía, tiempo de operación de acuerdo además, con la ley supuesta en el proyecto para las soluciones. Conforme a ello, una tonelada de relave de 1.6 % de cobre, con una recuperación de 75% nos dará dos metros cúbicos de solución rica de 6 grs por litro (12 Kg de cobre contenido en 2 m³ de solución = 16 Kgs de cobre en relave x 75 % de recuperación). Por otra parte, se determinó y confirmó la evaporación de agua por metro

cuadrado que alcanza a 7 lts/m^2 , cifra aceptada como razonable para el sector. Considerando que un 15% en volumen de la solución es retirada como aguas madres y recirculadas, las necesidades de superficie de evaporación por tonelada de relave tratado alcanza $2000 \text{ lts} \times 0.85 / 7 = 243 \text{ m}^2$ y para 20 T.M día a 4860 m^2 .

Como serían necesario a los menos dos piscinas de evaporación, la superficie destinada a este efecto alcanza a 1 Ha de terreno, lo que si bien es una inversión inicial fuerte, su operación es barata. Estas piscinas de evaporación son adicionadas a los estanques de recirculación para enriquecer la solución en cobre.

Como producto de la etapa de evaporación y consiguiente cristalización, se obtuvo un producto con ley de 10.92 % de Cobre cristalizado como sulfato. La recuperación de cobre desde las soluciones alcanza a un 92 % calculada, siendo la perdida fundamentalmente derivada de arrastres y derrames de soluciones. Junto a la cristalización de sulfato de cobre, se precipitaron y cristalizaron numerosas sales siendo las más abundantes los sulfatos de fierro y de calcio.

Las experiencias efectuadas demuestran la viabilidad del proceso y la conformación de las premisas supuestas en el proyecto, no alcanzándose, eso sí, la ley de Cobre de 15% . Sin embargo, a nivel

pequeña minería sería una alternativa digna de considerar como parte del proceso, sea que la lixiviación se efectuó por agitación, ó lixiviación en pilas, evitándose el gasto de la precipitación con chatarra y su consiguiente manipulación e inversiones adicionales (canchas de chatarra, canchas de secado y filtrado etc.etc.)

De las experiencias obtenidas, la utilización de calefactor solar para precalentar las soluciones lixiviantes no dieron los resultados esperados, tanto por las precauciones a adoptar para evitar el ataque de las soluciones a las instalaciones, como el calor esperado obtener se produce en la fuerte reacción exotérmica al mezclar el ácido sulfúrico con las "pulpas" de relave que llevaron a la necesidad de producir esta reacción en estanques de cemento alcanzándose temperaturas sobre los 55° C, alcanzando con ello el objetivo perseguido en el proyecto para acelerar la disolución del cobre, la que se produce en 8 minutos por el proceso de agitación, que fue el que en definitiva se empleó en la experiencia en alternativa a la lixiviación en pilas, con previa aglomeración y utilización de método T.L (ataque del mineral con ácido sulfúrico concentrado en el aglomerador y utilización del ácido como aglomerante)(Sistema Pudahuel). Este último sistema acusa una mejor recuperación del cobre

en un tratamiento no inferior a 28 días con preparación de canchas, formación de stocks y retiro de pilas lixiviadas y que en nuestra opinión es aplicable a explotaciones y beneficios mayores a 1000 T.M mensuales.

Ahora bien, el producto obtenido se puede comercializar en las casas compradoras de minerales como tal por su baja ley, en cambio, el sulfato de cobre pentahidratado de alta pureza (98.5%) y de ley no inferior a 24,5 % de cobre tiene un precio en el mercado superior al US\$ 1.00 la libra de Cobre al productor el cual se puede obtener con técnicas más sofisticadas, en nuestra opinión, fuera del alcance de los pequeños mineros por la inversión necesaria y un control operacional de mejor tecnología y control. además, el mercado de este producto es más restringido ;por el momento.

Una estimación del costo del proceso nos da los siguientes valores, para 20 T.M.D.-

INVERSION :

Agitación (3 unid)	30.000.-
Estanque Recirculación	2.000.-
Piscinas de Evaporación	30.000.-
Piping	5.000.-
Bombas	5.000.-
Varios	3.000.-

	US\$ 75.000.-

COSTO OPERACIONAL :

	US\$/T.M de Alimentac
Acido Sulfúrico	3.00
Agua (2 m ³ /T)	1.00
Energía (12 KWH/T.M)	1.20

US\$	5.20.-
Razón Concent	9.1 : 1
Costo T.M Producto	US\$ 47.32
Flete	US\$ 5.00

Costo Total	US\$ 52.32.-
Valor Venta (10.92 Cu-Sept/93)	US\$ 74.52.-

Exced por T.M produc.	US\$ 22.20
Exced por T.M Alim	US\$/T.M 2.44
Exced Mensual (600 T.M)	US\$ 1464.-

CONCLUSIONES :

El proceso establecido constituye una alternativa viable para la pequeña minería, aunque necesita una inversión de capital de cierta magnitud. El aprovechamiento de las condiciones ambientales del Norte del país permiten mejorar la rentabilidad del negocio minero, sin desmedro de la optimización que el sistema permite con la consiguiente rebaja de costos. Se evidencia claramente para minerales ubicados a distancias de alto costo fletes, este se vería disminuido al obtener un producto de mayor ley en un menor volumen, si se considera este proceso acompañado por la preconcentración gravitacional que permitiría una explotación masiva y no selectiva de los yacimientos, favoreciendo su comercialización, siendo posible además, negociar con las casa compradoras el aporte en ion sulfato que contiene el productor a comercializarse, su fineza granulométrica y fácil disolución para posteriores procesos metalúrgicos de bonificación ó purificación del producto.

Por lo expuesto, estimamos que el proceso experimentado es un real aporte al proceso metalúrgico del Cobre, ofreciendo las ventajas ya mencionadas y un

mejoramiento del impacto ambiental al neutralizar las soluciones ó no enviar soluciones ácidas a relaves y al mejorar la ley, disminuir la emisión de humos en las fundiciones y/ó eliminarlas al ser procesadas en el sistema de beneficio denominado extracción por solventes.



CUADRO COMPARATIVO - 1º BIMESTRE *

	PRESUPUESTO SEGUN FLUJO MP		
	1º MES	2º MES	TOTAL
1.- Personal Investigación y Desarrollo	1,310	1,040	2,350
2.- Personal Apoyo	1,150	1,150	2,300
3.- Servicios, Materiales y otros	3,870	1,550	5,420
4.- Uso Bienes Capital	600	600	1,200
5.- Adquisición, Bienes Capital	4,500	---	4,500
	11,430	4,340	15,770

	GASTOS REALES SEGUN FLUJO CAJA M\$		
	1º MES	2º MES	TOTAL
	1,180	690	1,860
	1,604	1,033	2,637
	960	1,388	2,348
	800	1,800	2,600
	2,800	1,540	4,340
	7,344	6,441	13,785

SEGUN FUENTES DE RECURSOS M\$

	SEGUN FUENTES DE RECURSOS M\$		
	FONTEC	EMPRESA	TOTAL
1.- Personal Investigación y Desarrollo	1,430	920	2,350
2.- Personal de Apoyo	2,300	---	2,300
3.- Servicios, Materiales y otros	4,280	1,140	5,420
4.- Uso Bienes de Capital	---	1,200	1,200
5.- Adquisición Bienes Capital	4,500	---	4,500
	12,510	3,260	15,770

	GASTOS REALES SEGUN FLUJO CAJA M\$		
	FONTEC	EMPRESA	TOTAL
	940	920	1,860
	2,637	---	2,637
	1,957	391	2,348
	---	2,600	2,600
	4,340	---	4,340
	9,874	3,911	13,785

* NOTA Todos los antecedentes considerados son al 30/07/93 y no al 07/08/93 en que se cumple el Bimestre. Esto por razones contables y justifica la diferencia entre presupuesto y gastos real.

CUADRO COMPARATIVO
Presupuesto - Gastos Reales

ITEMS	PRESUPUESTO M\$		GASTOS REALES M\$	
	3° MES	4° MES	3° MES	4° MES
1.-PERSONAL I & D	1040	1440	1260	760
2.- PERSONAL APOYO	1150	1150	942.7	1353.3
3.-SERVICIO, MATERIALES	1250	1070	2296.5	1251.3
4.-USO BIENES	1850	1850	2450	2450
5.-ADQUISIC BIENES				
	5290	5510	6949.2	5814.6
		10800		12763.8

SEGUN FUENTES DE RECURSOS

ITEMS	PRESUPUESTO M\$		GASTOS REALES M\$	
	Fontec	Empresa	Fontec	Empresa
1.-PERSONAL I & D	1560	920	1100	920
2.- PERSONAL APOYO	2300		2296	
3.-SERVICIO, MATERIALES	1050	1270	2912.6	635.2
4.-USO BIENES		3700		4900
5.-ADQUISIC BIENES				
	4910	5890	6308.6	6455.2
		10800		12763.8

CUADRO COMPARATIVO
Presupuesto - Gastos Reales

ITEMS	PRESUPUESTO M\$		GASTOS REALES M\$	
	5° MES	6° MES	5° MES	6° MES
1.-PERSONAL I & D	1440	1440	1010	660
2.-PERSONAL APOYO	1150	1150	1300	1000
3.-SERVICIO, MATERIALES	1570	1070	1548	1334
4.-USO BIENES	1850	1850	2450	2239
5.-ADQUISIC BIENES				
	6010	5510	6308	5233
		11520		11541

SEGUN FUENTES DE RECURSOS

ITEMS	FONTEC		EMPRESA		TOTAL	
	1960	2300	920	1610	2880	2300
1.-PERSONAL I & D	1960	2300	920	1610	2880	2300
2.-PERSONAL APOYO	2300	1030	1610	3700	2640	2882
3.-SERVICIO, MATERIALES	1030		3700		3700	4689
4.-USO BIENES						
5.-ADQUISIC BIENES						
	5290	6230	6230	5014	6527	5014
		11520		11541		11541

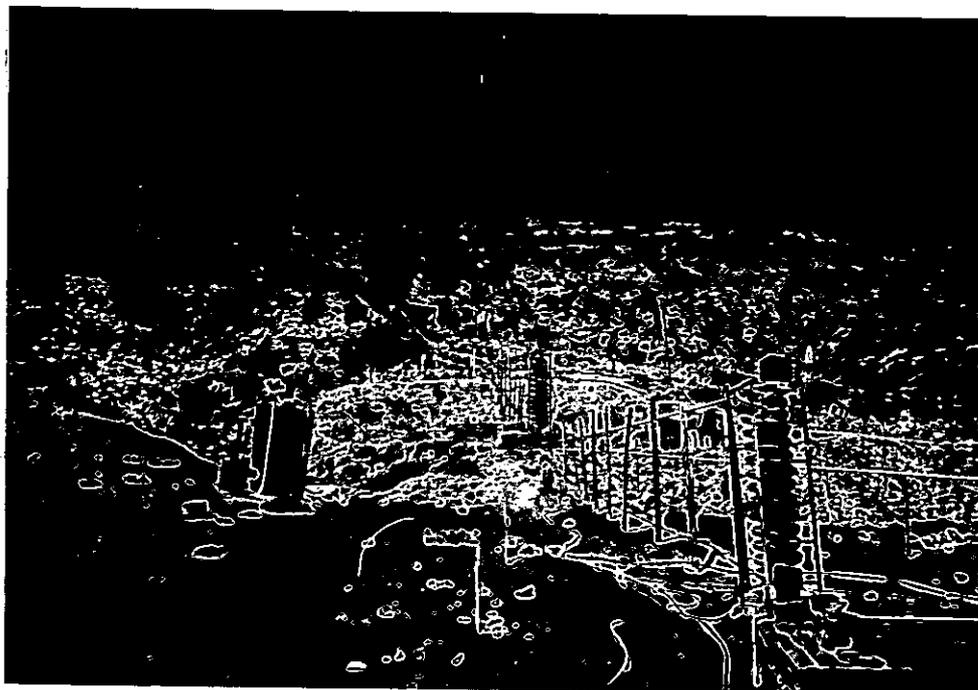
CUADRO COMPARATIVO
PRESUPUESTO - GASTOS REALES
M\$

	PRESUPUESTO			GASTOS REALES		
	FONTEC	EMPRESA	TOTAL	FONTEC	EMPRESA	TOTAL
1° BIMESTRE	12510	3260	15770	9874	3911	13785
2° BIMESTRE	4910	5890	10800	6309	6455	12764
3° BIMESTRE	5290	6230	11520	6527	5014	11541
	22710	15380	38090	22710	15380	38090

ITEMS	1° BIM. 2° BIM. 3° BIM.			TOTAL	1° BIM. 2° BIM. 3° BIM.			TOTAL
	1°	2°	3°		1°	2°	3°	
1.-PERSONAL I & D	2350	2480	2880	7710	1860	2020	1670	5550
2.- PERSONAL APOYO	2300	2300	2300	6900	2637	2296	2300	7233
3.-SERVICIO, MATERIALES	5420	2320	2640	10380	2348	3548	2882	8778
4.-USO BIENES	1200	3700	3700	8600	2600	4900	4689	12189
5.-ADQUISIC BIENES	4500			4500	4340			4340
	15770	10800	11520	38090	13785	12764	11541	38090

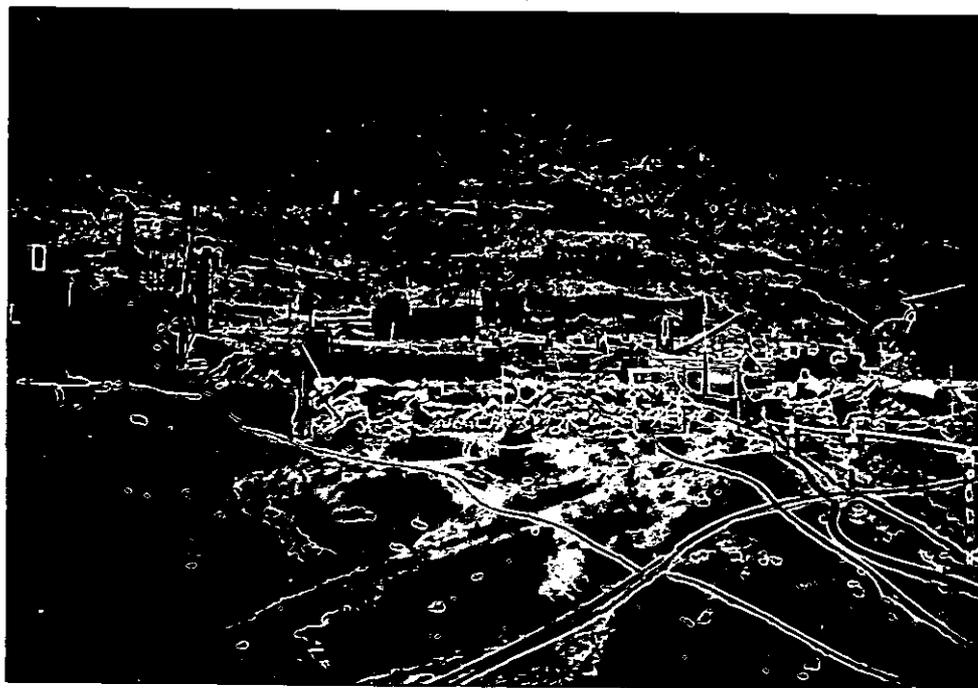
FOTOS

FOTO #1



Planta de Preconcentración Gravitacional, el producto una vez preconcentrado alimentará el proceso de flotación recuperando la pasta aurífera y el descarte ira al proceso de recuperación de sulfato de cobre.

FOTO #2



En esta fotografía se aprecia las celdas de flotación y la disposición de los equipos para la planta de sulfato de cobre.

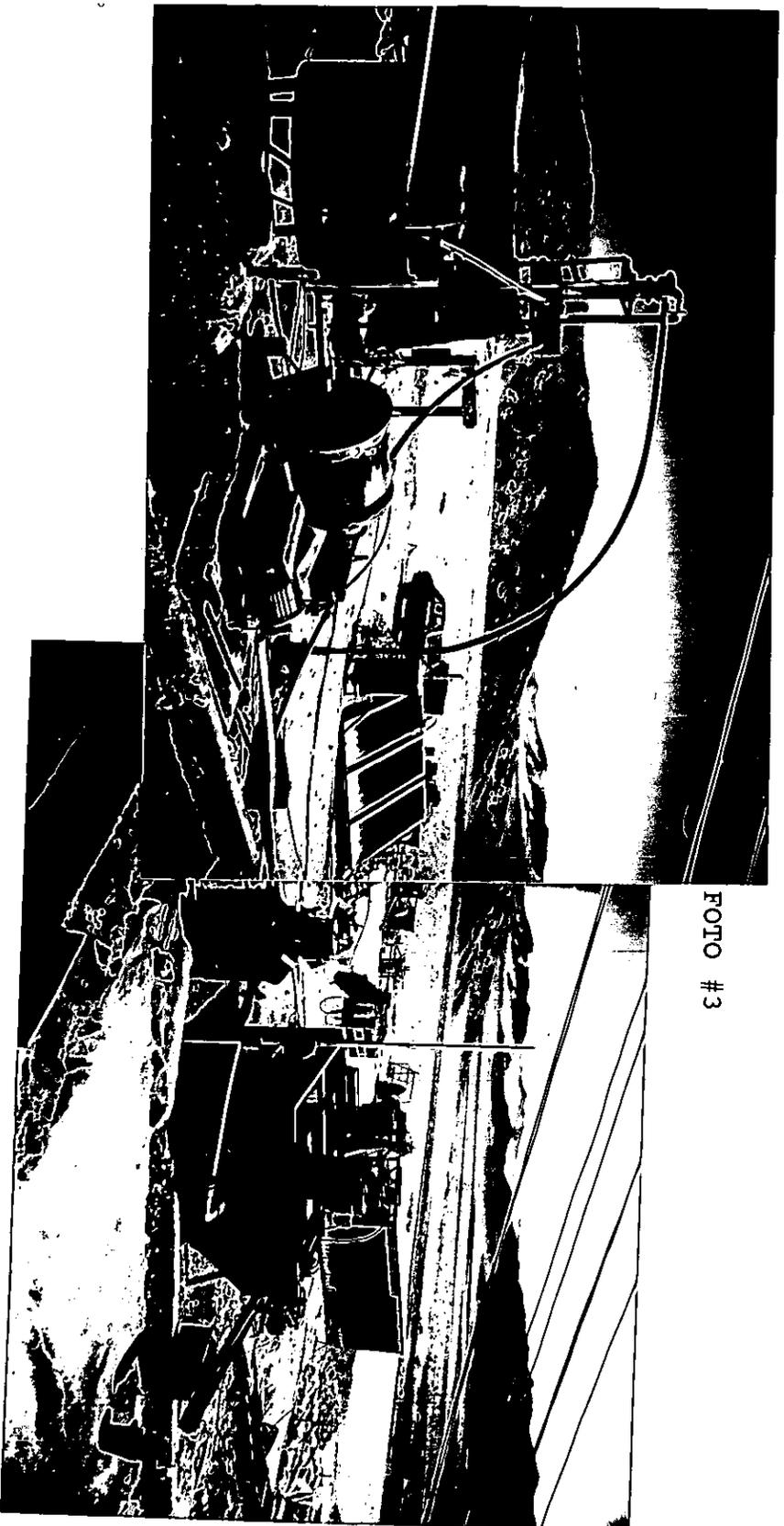


FOTO # 3

El mineral es recibido en un estanque de almacenamiento para posteriormente ser molido a malla #100 Tyler, el circuito es cerrado por lo que se utiliza un hidrociclón para repasar todo el sobre tamaño, posteriormente el mineral es alimentado a las celdas de flotación, flotando el oro y el descarte que corresponde a mineral oxidado es llevado a las celdas de agitación.

FOTO #4



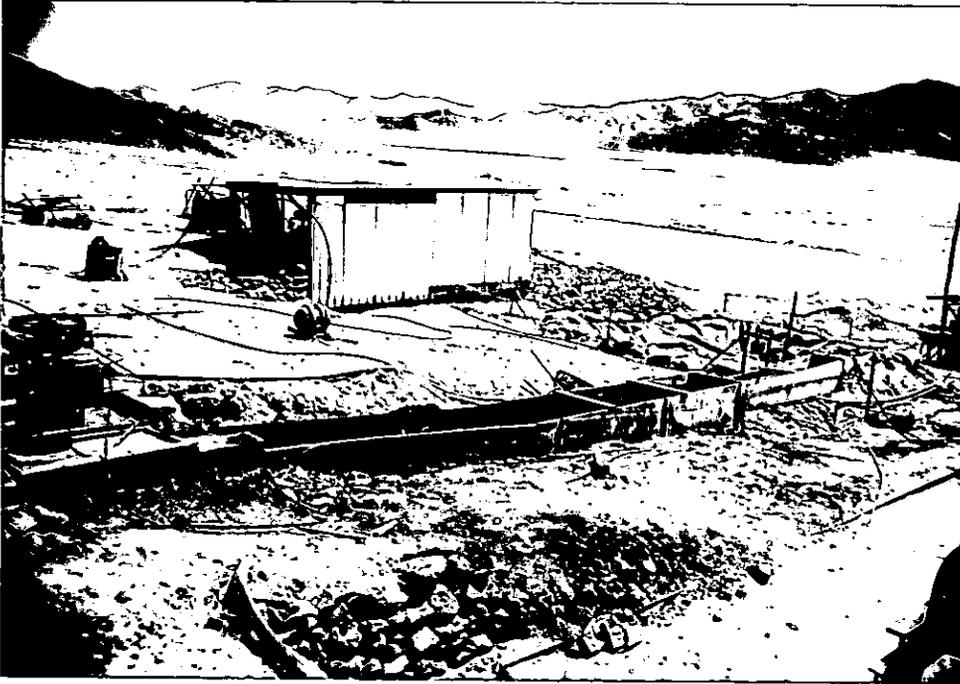
En esta foto se aprecia las celdas de flotación en la parte posterior de la imagen, y los estanques de agitación al frente en ella se aprecia los ductos de desagüe por donde se extrae el mineral ya procesado y las soluciones son retiradas por revalse.

FOTO #5



Los estanques de agitación se construyeron en cemento y los equipos se protegieron contra la corrosión.

FOTO #6



Las canaletas de decantación, se ubican posterior a la agitación y tienen la finalidad de separar la fase sólida de la líquida.

FOTO #7



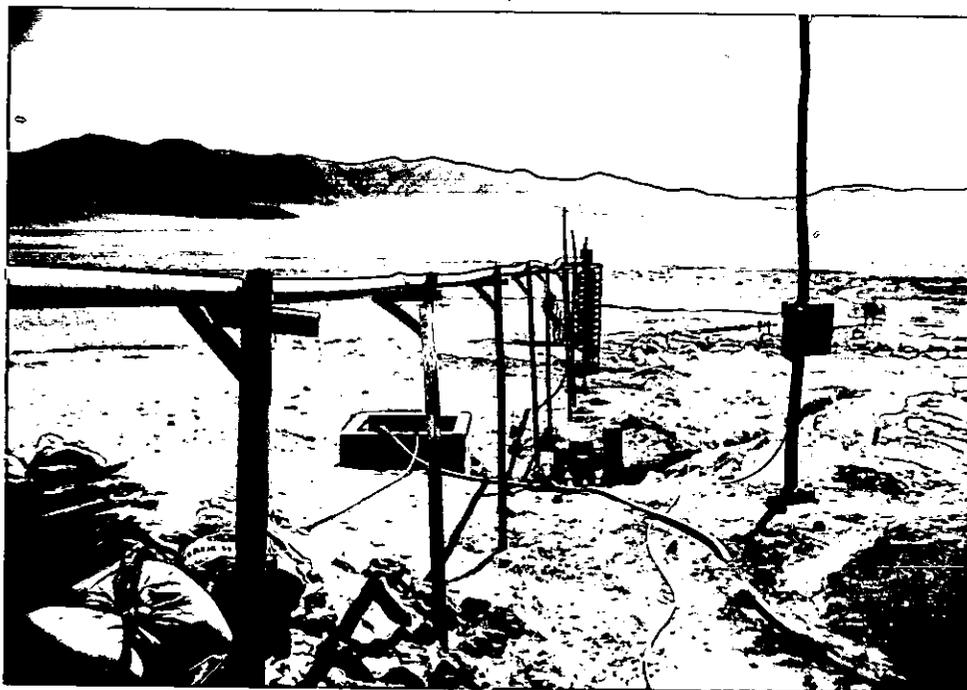
En esta imagen se presenta los dos estanques (E) y (F) de Solución a recircular y Solución rica respectivamente.

FOTO #8



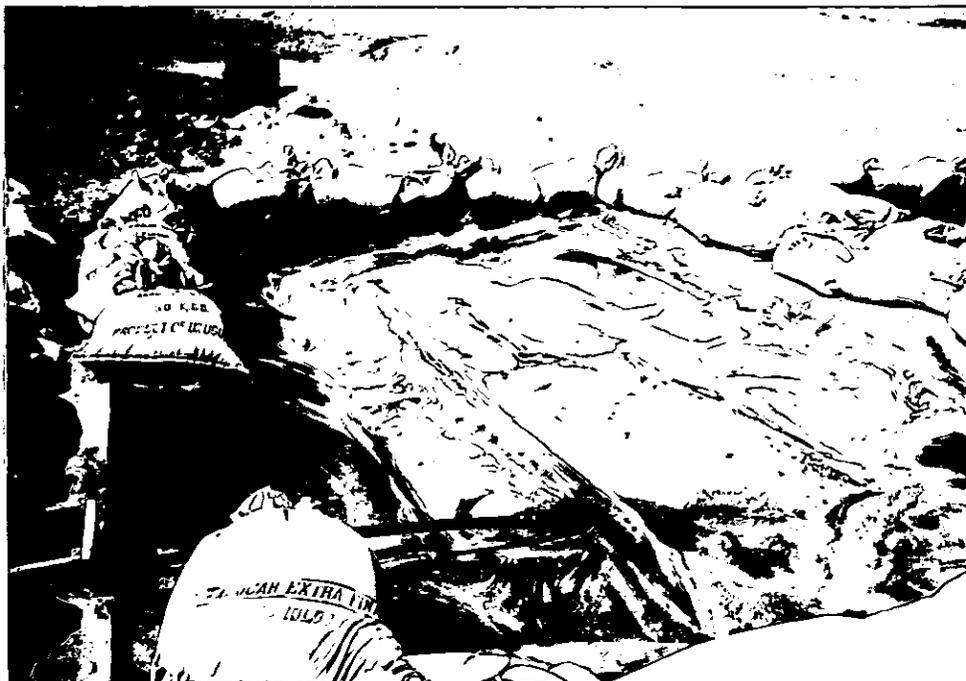
En esta toma se aprecia la cañería que transporta los ríos a una concentración gravitacional y los estanques de evaporación y cristalización.

FOTO #9



En esta imagen se aprecia con mayor claridad la cañería antes mencionada, la espiral y la bomba de recirculación de las soluciones.

FOTO #10



Primera cancha de secado y cristalizado

FOTO #9



Estanque de cristalización

FOTO #12



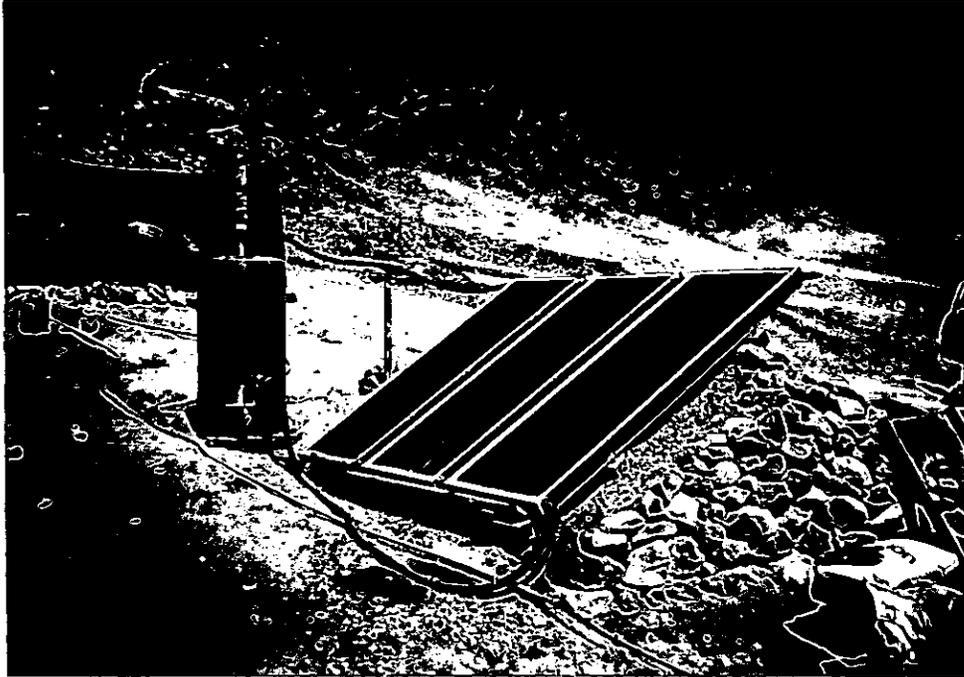
Estanque de solución rica.

FOTO #13



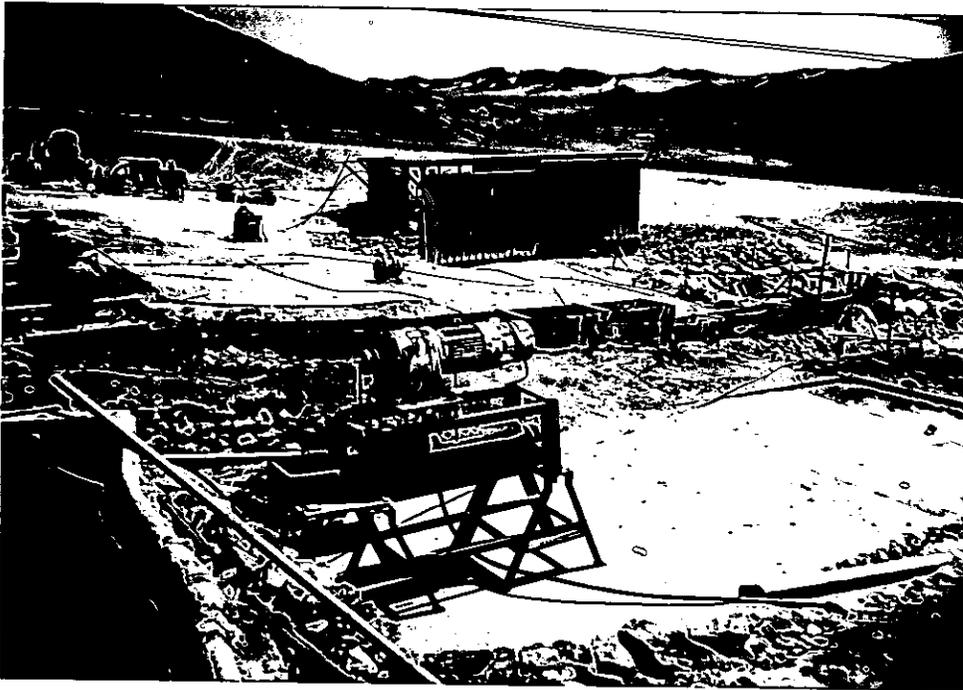
Estanque de solución a recircular

FOTO #14



Calefactor Solar, y estanque de transferencia de calor.

FOTO #15



Tambor aglomerador, ubicado posteriormente a la flotación de oro para recuperar el material grueso.

