

**ESTUDIOS SOBRE LOS DEPOSITOS DE AZUFRE EN LA MINA
DE “EL VINAGRE”, PURACE**

POR
IMRE MEGYESI

INFORME No. 1424

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, 1962

CONTENIDO:

RESUMEN	113
ABSTRACT	113
KIVONAT	114
INTRODUCCIÓN	115
FISIOGRAFÍA REGIONAL	117
FISIOGRAFÍA LOCAL	117
DATOS HISTÓRICOS	117
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.	119
MINERALIZACIÓN	121
LABORES DE PREPARACIÓN	123
DESCRIPCIÓN DE LOS NÚCLEOS	125
RESUMEN DE LAS PERFORACIONES	135
LABOREO SUBTERRÁNEO	135
GEOLOGÍA MINERA	138
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS	138
ANÁLISIS	140
PRODUCCIÓN ANTERIOR	141
CONDICIONES HIDROLÓGICAS	141
TRATAMIENTO DEL MINERAL DE AZUFRE.	143
CÁLCULO DE RESERVAS	144
CONCLUSIONES	151
BIBLIOGRAFÍA	152

R E S U M E N

El Puracé es el único volcán en actividad dentro de un grupo de volcanes pliocénicos del batholito Cauca-Patía, en la Cordillera Central de Colombia. Las erupciones son explosivas y las rocas eyectadas son andesitas-augitas. El cono superior del volcán está construido por lavas andesíticas, bombas, lapillis y cenizas, y el inferior, por tobas de andesita y dacita.

Los estudios y perforaciones revelaron datos importantes sobre los depósitos de azufre, la potencia y magnitud de la zona mineralizada. Comprobaron que la mineralización del azufre ocurre en las rocas porosas de tobas de andesita y dacita en forma de impregnación y relleno de fracturas (azufre frío).

En la superficie se abrieron doce pozos, los cuales revelaron cuatro capas mineralizadas y aumentaron la reserva probada a más de cuatro millones de toneladas y la reserva probable se calcula en dos millones de toneladas aproximadamente.

El tratamiento del mineral aún requiere muchos ensayos, pero estamos convencidos de que la planta de flotación combinada con el autoclave japonés podría dar resultados satisfactorios.

Las cifras de valorización y cálculos para la vida de la mina sirven para realizar nuevas inversiones.

La exploración geológica se llevó a cabo con éxito; por lo tanto, la Compañía Industrias Puracé, S. A. puede realizar nuevas inversiones de capital para mejorar el proceso de tratamiento del mineral de azufre.

Consideramos que la compañía está en condiciones de abastecer las necesidades del país durante cincuenta años sin realizar nuevas perforaciones en la superficie.

A B S T R A C T

Puracé is at present the only active vent of a group of Pliocene volcanoes at northern edge of the Cauca-Patía batholith in the Cordillera Central of Colombia. The eruptions of Puracé are of explosive character. The upper cone is built of andesitic lavas, bombs, lapilli and ashes. The lower part of the volcano is made up of thick flows of dacite.

The studies and perforations revealed important data concerning the tenor and extent of the mineralized zones of the sulfur deposit.

They proved that the sulfur mineralization occurs in the porous andesite and dacite tuffs as impregnations and fracture filling (cold sulfur).

Twelve test holes were drilled, revealing four mineralized zones which augment the proven reserve to more than four million tons and the probable reserves are calculated at approximately two million tons.

The treatment of the mineral still needs much study but we are convinced that with the flotation plant in combination with the Japanese autoclave the results may be very satisfactory.

The valorization figures and the calculated reserves of the mine are the basis for the modernization of equipment.

The results of the geological exploration were favorable thus the Compañía Industrias Puracé, S. A. can now dedicate new investments of capital to improve the process of the treatment of the sulfur mineral.

We consider that the company has the necessary mineral reserves to supply the requirements of sulfur of the country for fifty years without the need of more test holes.

K I V O N A T

Puracé az egyedüli ma is működő vulkán egy pliocén vulkán csoporton belül, melyek a Cauca - Patía batoliton foglalnak helyet a Cordillera Centralban. A vulkáni kitörések robbanási jellegűek. A vulkán kúpjának felső része andesit lávából, andesit bombából, lapliból és vulkáni hamuból van felépítve, míg az alsó része andesit tufából és dacit tufából áll.

A tanulmányok és furások fontos adatokat szolgáltatottak a kénlevegő, és annak kiterjedéséről és vastagságáról. Bebizonyították, hogy az ásványi előfordulás a porózus dacit és andesit tufában foglal helyet impregnáció és hasadékitöltési formában. (Hidrogén).

A felszínről nyitott tizenkét kut kimutatott négy ásványos réteget és több mint négy millió tonnával emelték a megkutatott készletet, míg a valószínű készlet körülbelül két millió tonnára becsülhető.

A kénvesztésből való gazdaságos kinyerése még sok kísérletet igényel, de biztosak vagyunk benne, hogy az écomoso üzem a japán autoclave kombinációjával kielégítő eredményt szolgáltat.

A jelentésben közölt adatok a bányák élettartására vonatkozólag alapul szolgálhatnak a berendezések modernizálására.

A geológiai tanulmányok sikerrel végződtek és ezáltal a Co. Industrias Puracé, S. A., befektetéseket eszközölhet az kinyerési folyamat modernizálására.

I N T R O D U C C I O N

La Compañía Industrias Puracé ha solicitado la colaboración de la División de Minas y del Servicio Geológico Nacional, para estudiar la situación de la explotación del azufre en la mina de “El Vinagre”, con el fin de hallar nuevas reservas de este mineral que en la actualidad son de gran importancia.

El trabajo se realizó con estudios geológicos en el terreno, evaluación de las perforaciones anteriores, estudios y perforaciones pandas en la mina y reconocimiento del tratamiento del azufre.

Los equipos de perforaciones “Long Year” y “Pack Sack” comenzaron una exploración geológica en el área de la concesión de la mina de “El Vinagre” el 1º de noviembre de 1961, bajo la supervigilancia del señor Bozidar Virijevic.

Las perforaciones proyectaron no sólo aumentar las reservas probadas, sino obtener conocimientos sobre la potencia, magnitud y calidad de la zona mineralizada.

El estudio geológico preliminar nos estimuló para seguir adelante con un plan por medio del cual intentamos centralizar los trabajos mineros dando la posibilidad de abrir nuevos niveles para los trabajos subterráneos. De esta manera, todos los sitios para las perforaciones fueron indicados al lado noroeste de la mina, esperando, además, encontrar en esa área mayor concentración del mineral.

Al principio las autoridades de la mina, ignorando el plan del Servicio Geológico, comenzaron las perforaciones según su criterio; naturalmente estos trabajos fueron nulos, siendo su resultado, pérdida de tiempo y de tuberías; pero en los últimos días del mes de noviembre, el suscrito visitó la mina e insistió en llevar a cabo sus proyectos, los cuales fueron autorizados por la Gerencia de la Compañía, empezando a principios de diciembre, las perforaciones al lado noroeste de la mina.

Los resultados se presentaron pronto. En el pozo número 2 “Min-minas”, se atravesaron cuatro capas mineralizadas y el contenido promedio de azufre sobrepasó al del anterior. Desafortunadamente como el punto no estaba bien localizado en el terreno, no se alcanzó la profundidad deseada; por lo tanto, no se consiguieron los detalles necesarios desde el punto de vista minero, aunque sí se aumentó la reserva probada.

La comprobación de las cuatro capas mineralizadas y la mala localización de los puntos, forzaron al geólogo a revisar los proyectos y a efectuar nuevos cambios, teniendo en cuenta el deseo de la compañía, de no investigar en niveles inferiores al que actualmente tienen en la mina.

Siguiendo con las perforaciones se comprobó un límite estructural de los depósitos del mineral al lado noroeste. En los pozos números 4 y 6, no se presentaron la tercera y cuarta capa mineralizada.

Terminado el sexto pozo se continuó la perforación del lado noroeste, donde antes se había pensado en investigar por medio de túneles, ya que la continuación de la zona principal era evidente.

Los resultados de estos trabajos fueron satisfactorios dejando cumplida en esta forma, la misión encomendada al Ministerio por la citada compañía.

FISIOGRAFIA REGIONAL

El Puracé forma la cima de una serie volcánica de la Cordillera Central, conocida como Sierra de Coconucos y llamada, también, la Sierra del Puracé.

Este volcán está situado más o menos 85 kilómetros al sur del Nevado del Huila, a 5.750 metros sobre el nivel del mar, siendo la más alta cima volcánica de Sotará (4.850 metros). Ochenta kilómetros al Sureste se halla el cono volcánico de Pan de Azúcar (4.670 metros), el cual parece estar completamente apagado. La Sierra del Puracé se extiende más o menos 25 kilómetros hacia el Sureste; la última cima del Sur es el Pico de Paletará (4.482 metros).

El Puracé forma la cima de un grupo de tres volcanes de los cuales actualmente, es el único en actividad, pues el Sotará y Pan de Azúcar se encuentran latentes o durmientes. La Sierra del Puracé, junto con el volcán Sotará, hacia el Oeste, a ambos lados del valle del río Cauca, forman su cabecera; pero este río se origina aproximadamente 35 kilómetros al Sur, en el Páramo del Buey, de donde desciende y sigue hacia el Este.

En esta parte de Colombia tienen origen sus más grandes ríos; está situada sobre un batholito de edad terciaria intruído en los estratos más antiguos de la Cordillera Central. La Sierra del Puracé, así como los volcanes activos y durmientes de la región, aparentemente representan la salida de magmas en relación con la subida de ese batholito.

FISIOGRAFIA LOCAL

Los ríos San Francisco y Vinagre que bajan del volcán Puracé tienen valles escarpados. El valle del río Vinagre que posee la fuente en el cono del volcán, muestra evidencias de corrientes de lodo en la parte superior.

El agua del río Vinagre es muy ácida. Según los análisis químicos tiene más de 1% de ácido sulfúrico y, más o menos, 1% de ácido hidróclórico. Varias fuentes termales vierten sus aguas en este río cuyo curso superior atraviesa estratos gruesos de la zona mineralizada.

DATOS HISTORICOS

El volcán Puracé existió desde la época del Plioceno y evidentemente ha sido activo dentro del tiempo histórico. HUMBOLDT menciona por primera vez las actividades volcánicas del Puracé en 1801 y más tarde BOUS-SINGAULT en el año 1831, pero ninguno de los dos dejaron descripción alguna.

A. STUEBEL describe en su informe la erupción ocurrida el 18 de noviembre de 1827 y, según parece, a pesar de sus persistentes esfuerzos, no consiguió acercarse al cráter.

WILHELM REISS (1921), compañero de STUEBEL, con quien estudió varios volcanes del Ecuador y Colombia, fue el primer científico que describió el Puracé y el cráter del volcán después de su ascenso en noviembre de 1868. REISS menciona varias erupciones violentas entre diciembre de 1849 y 1852. Después de éstas la cima de la montaña bajó aparentemente. Los habitantes de las poblaciones cercanas emigraron y la ciudad de Popayán fue cubierta por una capa de ceniza. También describe otra que ocurrió el 4 de octubre de 1869 y que estuvo acompañada por terremotos y grandes corrientes de lodo.

El 25 de mayo de 1889 se registró una nueva que, —según las memorias de los habitantes—, ocasionó numerosas víctimas y destruyó varias casas de la región, así como también en Popayán, la iglesia de San José y algunos edificios.

Una el 12 de octubre de 1925 y otra el 5 de noviembre del mismo año, son las primeras registradas en este siglo.

I. FRIEDLAENDER (1927), quien también menciona otra en septiembre de 1926, que estuvo acompañada por fuego y ceniza, observó las erupciones desde lejos y su esfuerzo por subir a la cima fue infructuoso.

No se registraron nuevas erupciones hasta abril de 1946, cuando, según los habitantes de Puracé, una fuerte explosión sacudió la región perjudicando la iglesia de la población; este terremoto también fue sentido en Popayán.

El 27 de abril de 1947, cuando V. OPPENHEIM subió al cráter, ocurrió una nueva; la columna de humo en esta ocasión alcanzó hasta 1.000 metros de altura aproximadamente. Días antes cayeron ceniza y lapilli a una distancia, más o menos, de 10 millas del volcán. El 26 de mayo de 1949, una nueva explosión acompañada de terremoto y gran cantidad de cenizas y bombas, causó la muerte a 17 estudiantes de la Universidad del Cauca, quienes se proponían alcanzar la cima del volcán.

El terremoto del 11 de junio de 1949, que fue experimentado por OPPENHEIM y su compañía, fue probablemente ocasionado por una erupción explosiva, la que no se pudo observar porque una densa nube cubrió la montaña.

De los datos disponibles acerca de la actividad del Puracé durante más de un siglo, se deduce que el volcán ha disminuído ligeramente su carácter explosivo, según se aprecia en las últimas erupciones registradas. Cuando el autor del presente informe llevó a cabo su visita, no había cenizas ni humo visibles; pero los géysers estaban en actividad y lanzaban vapor a considerable altura. También pudo observar que el cono del volcán estaba en parte cubierto de nieve.

La carencia de observaciones sistemáticas imposibilita determinar el período de las erupciones, así como el desarrollo del cono y del cráter.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

Nomenclatura.

Las rocas encontradas dentro de la concesión pertenecen a la familia de las andesitas; pero dentro de ellas existe mucha diferencia, que algunas veces se aprecia solamente bajo el microscopio. A continuación describimos las diferentes rocas piroclásticas de Puracé.

Tobas de explosión.

Aquellas cuyos componentes se han depositado directamente "in situ", después de salir de una abertura volcánica, a diferencia de las otras tobas volcánicas de tipo más común, cuyos elementos han sufrido arrastre.

Toba cristalina.

Roca volcánica compuesta, en gran parte, de fragmentos de cristales.

Toba perlítica.

Roca volcánica compuesta de elementos clásticos diminutos.

Toba pumítica.

Roca volcánica muy porosa y ligera, parecida por su aspecto, a la piedra pómez.

Toba traquítica.

Toba vítrea. Roca volcánica que integra las mal llamadas cenizas, o sea, el polvo, compuesto principalmente de fragmentos de vidrio muy fracturado.

Toba volcánica.

Roca compuesta de fragmentos piroclásticos consolidados, algunos de los cuales pueden distinguirse a simple vista. Si los fragmentos grandes tienen mayor tamaño que la nuez, la roca se llama brecha o aglomerado volcánico. Según que los componentes que predominen, sean trozos de cristales, de rocas o de vidrios, se tratará de toba cristalina, lítica o vítrea, respectivamente.

Toboso - a

Formado de piedra toba. Sin embargo, el renombrado Toboso de la Mancha, debe su nombre a la abundancia de una especie de cardo llamado toba en la localidad.

Andesita.

Roca volcánica correspondiente, por su composición y textura, a las denominadas porfiritas, y por su composición, a las rocas plutónicas, llamadas dioritas; su textura, microlítica pilotaxífica o hialopilítica se com-

pone de plagioclasa o andesita o mezcla de ambos con uno o más de los minerales máficos, biotita, hornblenda y piroxenos. Cuando la textura es porfiroide, los fenocristales son de oligoclasa, andesita, biotita, etc. La andesita es roca compacta o vacuolar, áspera al tacto o finamente granosa, de color gris oscuro o negro, y de su masa se destacan a veces manchitas blanquecinas de feldespatos. La moderna distinción entre andesita y basalto no depende de la existencia o falta de olivino o de las relativas proporciones entre los minerales félsicos y máficos, sino de la diferencia de composición de las plagioclasas.

Pertenecen las andesitas a la primera fase de emisión de rocas eruptivas terciarias en América, donde tienen enorme desarrollo, especialmente en la zona andina, circunstancia de donde se deriva su nombre. Su peso específico varía de 2.50 a 2.85. Composición: 46% plagioclasa, fenocristales zonares 31%, hornblenda parte en fenocristales con o sin piroxeno y biotita, 3% mena y apatito, 20% base vítrea, andesina, sanidina, cuarzo.

Andesita augítica.

La que encierra en su matriz microlitos de augita.

Andesita con cuarzo. V. Dacita.

Nombre que califica a la familia de rocas volcánicas correspondientes por composición y textura, a las porfiritas, con cuarzo y sólo por composición a las rocas plutónicas denominadas dioritas cuarcíferas, pues su textura consiste en una matriz microlítica o vítrea, donde se destacan fenocristales; a veces tienen, también, textura pilotaxífica. Los feldespatos que contienen son plagioclasas próximas a la andesina y a la oligoclasa en lo que se diferencian las dacitas de las riolitas, con las que a veces se han confundido.

Según la composición de la plagioclasa, distinguió IDDINGS tres tipos de dacita: la *ungaita*, con oligoclasa; la *shastita*, con andesina; la *bandaita*, con labradorita. Este último tipo puede considerarse una variedad del basalto cuarcífero; 46% de plagioclasa, 30% de cuarzo, 5% de fenocristal, 9% de ortosa, 8% de clorita pseudomórfica, 5% de fenocristales de biotita y hornblenda, 2% de mena y apatito.

Andesita cuarzosa.

Andesita con fenocristales de cuarzo corroídos en los bordes. El análisis químico revela igual composición que en la dacita normal.

Andesita labradórica.

Andesita con fenocristales de labrador; equivalente efusivo de gabrodiorita.

Andesita nefelínica.

Variedad de andesita con nefelino; equivalente efusivo de diorita nefelínica.

Estructura regional.

El batholito de Cauca-Patía forma la base del volcán. Sobre el granito se encuentra gneis de edad prepaleozoica y la parte superior de la serie está compuesta por formaciones sedimentarias del Grupo Dagua (Jurásico-Cretáceo Inferior). Este último se compone de liditas, pizarras y esquistos arcillosos negros. ALVARADO & HUBACH mencionan en el informe número 243 "Exploración de la región de Puracé" que, en la región de Puracé el Cretáceo puede ocultarse en el terreno que aflora sobre el lado oeste del Cauca, entre el Puente de Coconuco y el Puente de Puracé.

Los estratos del Mesozoico y Paleozoico están cubiertos por una capa piroclástica y andesítica del piso Popayán. Plioceno-Reciente.

En el área de la concesión afloran solamente las rocas representativas del Piso Popayán y la mineralización se manifiesta en esas rocas piroclásticas; a continuación detallamos la geología de Puracé.

Lavas de dacita de color rojizo aparecen ligeramente inclinadas, en partes casi horizontales, formando la parte inferior del volcán hasta la cota, más o menos, 3.800 metros. Ellas forman una pared de lava muy pendiente en la parte noroeste del volcán. Arriba de los 3.800 metros el cono piroclástico está constituido por lava de andesita de color negro, intercalada con gran cantidad de toba de andesita, cenizas y grandes bloques de andesita.

Por estas razones, el Puracé tiene una construcción compuesta. La capa dacítica en la base está cubierta con andesita y materiales piroclásticos. El cráter principal tiene, más o menos, 500 metros de diámetro y está totalmente lleno de cenizas, tobas y otros materiales piroclásticos. Un pequeño cráter secundario se halla situado en el flanco este.

Dos fumarolas se observan a 150 metros, más o menos, del cráter en el flanco oeste del volcán. La menor está situada un poco al Norte y arroja vapor a períodos regulares de tiempo. La otra fumarola, un poco más abajo, hacia el Sur, formó una cueva ancha en el flanco; está rodeada por corrientes de lava y azufre.

La gruesa capa de material piroclástico forma el cono compuesto principalmente de lapilli, grandes bloques de andesita provenientes del muro del cráter. Las bombas de lava no son frecuentes y una gran cueva cerca a la segunda fumarola, es la fuente del río Vinagre.

MINERALIZACION

Los depósitos se clasifican como yacimientos volcánicos que se han formado por la oxidación imperfecta de emanaciones magmáticas relacionadas con erupciones volcánicas. Su importancia desde el punto de vista comercial es económica, aunque el costo de recuperación siempre es superior al de las que se depositaron como material sedimentario, o por la reducción de sulfatos con desprendimiento de sulfuro hidrógeno (H_2S) que al oxidarse deposita azufre.

Las emanaciones magmáticas ricas en H_2S ascienden a través del cráter, grietas, fracturas y fallas, depositando azufre donde existen condiciones favorables, tales como presión, temperatura, etc., especialmente

donde la presencia del oxígeno lo permite. Generalmente, las emanaciones magmáticas impregnan las rocas en mayor o menor intensidad, según el grado de porosidad y abundancia de grietas y fracturas.

La principal falla es la del río Vinagre, que se formó durante la primera erupción y tiene un papel muy importante en la mineralización. Las fallas suelen ser las vías de los gases ascendentes, especialmente cerca a varios centros; por lo tanto, es evidente que la mineralización ocurrió a lo largo de dicha falla.

Existieron y existen ideas pesimistas que no atribuyen mucha importancia a la mineralización y económicamente descartan el área. Los representantes de esa idea deben haber tenido en cuenta solamente los depósitos secundarios de azufre, lo que ocurre en el sitio del socavón antiguo. Verdaderamente esa ocurrencia no tiene valor industrial; pero considerando que las fuentes termales que depositaron el azufre debieron atravesar las capas mineralizadas, la investigación y evaluación del área cobra mucha importancia.

El mineral de azufre salió del volcán con los materiales piroclásticos, es decir, la mineralización tiene la misma edad que las formaciones geológicas, aunque no todas las erupciones llevaron rocas mineralizadas.

Por ese aspecto todos los lados del volcán deberían estar mineralizados; sin embargo, no es así.

En las zonas del suelo de poca pendiente, las masas de materiales arrojados por el volcán son denudados y arrastrados por el viento como verdaderas dunas lixiviadas por las lluvias y socavonadas por las corrientes de agua. Las diversas particularidades que tal denudación origina, requieren la atención del geólogo. Si la capa que cubre el suelo se compone de lapilli y piedra pómez, la lluvia se absorbe inmediatamente y sólo cuando en el fondo se ha acumulado una cantidad de agua exorbitante, se precipita impetuoso y súbito caudal de fango, piedra y agua; pero si la cubierta del suelo consiste en cenizas, éstas se aglutinan con las primeras gotas y forman una capa completamente impermeable entre la cual corren paralelamente y se cruzan numerosos arroyuelos, que llevan consigo buen acopio de materiales sólidos; así resulta que llegan materiales volcánicos a zonas donde nunca pudieron alcanzar directamente las erupciones.

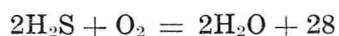
A consecuencia de la denudación y erosión, la zona mineralizada ha sufrido muchos cambios y solamente los trabajos de reconocimiento. —por medio de perforaciones— puede revelar la magnitud de ésta.

Tampoco existen datos directos de la actividad volcánica del Puracé. El autor supone que la mineralización ocurrió solamente del lado suroeste del volcán y no en la periferia del cono, porque el material piroclástico salió por un lado y no verticalmente.

Es erróneo suponer que todas las erupciones llevaron cenizas y productos de sublimación de azufre.

Como conclusión puede decirse que se presenta la zona mineralizada en dos formas: depósitos primarios en tobas volcánicas y depósitos secundarios, por el arrastre de los primeros.

En una zona cerca a la superficie se llevó a cabo la siguiente reacción:



A pesar de la irregularidad de la presencia del mineral podemos determinar aproximadamente las capacidades y características geológicas de los depósitos de azufre. Las perforaciones aumentaron considerablemente las reservas de la mina y en el futuro, la explotación del azufre no corre riesgo ni dificultad.

El beneficio neto será elevado si de alguna manera podemos mejorar la recuperación sin alzar los costos de tratamiento.

Los resultados químicos de las muestras tomadas de los núcleos presentaron un promedio de 30% de azufre sin tener en cuenta los núcleos de azufre cristalizado.

La zona mineralizada se extiende desde la falla del río Vinagre hasta unos doscientos metros de distancia hacia el Noroeste donde las capas mineralizadas inferiores están limitadas por andesita estéril. Al lado sureste de la mina, la extensión de la zona se desconoce, pero suele aumentar la potencia y calidad de ella.

En la cercanía del lecho del río Vinagre, el depósito del mineral sufrió arrastre y descomposición por las aguas superficiales; por lo tanto, la calidad y potencia de la zona mineralizada es muy variable, lo que está comprobado por los trabajos mineros y por las perforaciones realizadas en la mina.

LABORES DE PREPARACION

PERFORACIONES

La Industria Azufrera de Puracé realizó tres perforaciones en la zona del lado noroeste de la mina. Con los sondeos se comprobó la presencia del área mineralizada y en términos generales, se efectuaron con éxito; pero desde el aspecto geológico minero, es necesario decir que la perforación no alcanzó a atravesar el yacente de la zona mineralizada y tampoco comprobó la continuidad de ésta un poco más lejos del río Vinagre.

Los citados sondeos han debido efectuarse en frente de los avances subterráneos para obtener mejor rendimiento en el arranque.

Considerando esos aspectos sugerimos un plan para aumentar la reserva probada y solucionar los problemas de los trabajos subterráneos, en la forma explicada en la introducción.

La comprobación del depósito de azufre requiere perforaciones en un sistema de red en que los pozos están ubicados a una distancia no mayor de 30 metros uno de otro. En el caso de El Vinagre no se pudo seguir este plan, debido al tiempo limitado y a otros factores que sólo permitieron realizar el trabajo según las necesidades; por consiguiente, se investigó por medio de pozos un área muy grande, con el objeto de aumentar la reserva de la mina, dando por resultado nuevas inversiones para el mejoramiento de la planta de recuperación.

En la numeración de los pozos aceptamos los de la mina, que fueron usados en los análisis químicos y en el archivo de los núcleos, aunque esto no es razonable, porque el primer pozo no fue proyectado ni terminado.

La formación geológica es semejante a la que se comprobó en los estudios anteriores.

Andesita. Megascópicamente es una roca de color negro o gris oscuro, compacta. Bajo el microscopio presenta textura pilotáxica constituida por granos de plagioclasa o andesina, o mezcla de ambos, con uno o más, de los minerales máficos; biotita, piroxenos y hornblenda. La plagioclasa es abundante en cristales fragmentados y turbios.

El cuarzo aparece en granos xenomorfos, con bordes granulados.

Los minerales máficos muchas veces son abundantes.

Las proporciones aproximadas de los minerales son las siguientes:

Plagioclasa 46 % ; fenocristales zonares 31 %, mena y apatita 3 %, base vítrea, andesina, sanidina, cuarzo 20 %.

La dacita. Es casi la misma roca con componentes iguales pero las proporciones de los minerales varían, principalmente en el contenido del cuarzo. 46 % de plagioclasa, 30 % de cuarzo, 9 % de ortosa, 8 % de clorita, 5 % fenocristales de biotita, 2 % mena y apatita.

Descripción Petrográfica de las Cenizas y Tobas Volcánicas.

Los materiales finos son de color gris oscuro y gris claro. Estas cenizas bajo el microscopio aparecen constituidas por partículas de vidrio vesicular, fragmentos de plagioclasa, magnetita, biotita, cuarzo, etc., los cuales son fundidos en macro o microcristales de azufre.

RESUMEN DE LOS POZOS "MINMINAS"

- a) Primer pozo: Negativo;
- b) Segundo pozo: No se profundizó hasta la capa principal. Se comprobaron tres capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 77'. Promedio S = 30%.
- c) Tercer pozo: Mal localizado. Comprobó cuatro capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 87' y el de la mina. Promedio S = 30%.
- d) Cuarto pozo: Comprobó dos capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 46'. Promedio S = 25%.
- e) Quinto pozo: Comprobó dos capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 75'. Promedio S = 30%.
- f) Sexto pozo: Comprobó dos capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 44'. Promedio S = 28%.
- g) Séptimo pozo: Comprobó dos capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 249'. Promedio S = 35%.
- h) Octavo pozo: Comprobó cuatro capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 59'. Promedio S = 35%.
- i) Noveno pozo: Comprobó cuatro capas mineralizadas. Espesor total del mineral: 120'. Promedio S = 35%.

DESCRIPCION DE LOS NUCLEOS

POZO NUMERO 1 — C. V. C.

- 0' - 23' Capa vegetal. Arcilla negra.
- 23' - 39' *Dacita*. Capa compacta de color rojizo. Microscópicamente en la masa se destacan manchas de feldespato y cuarzo. Aspera al tacto. Muestra trazas de azufre. Microscópicamente: En la masa vítrea compuesta por fenocristales de feldespato, ocurren fenocristales de plagioclasa, menor cuarzo y biotita con magnetita.
- 39' - 48' *Dacita tobosea*. Roca compacta de color pardo. Grano fino. Microscópicamente: muestra gran vesicularidad llena por magnetita y diminutos cristales de feldespato.
- 48' - 94' *Andesita augítica*. Roca compacta de color negro. Grano fino. Microscópicamente: en la masa vítrea compuesta por vidrio y fenocristales de labradorita hay fenocristales de labradorita, manchas de magnetita, augita, biotita y hornblenda.
- 94' - 101' *Dacita*.
- 101' - 110' *Arcilla negra*. No recuperación.
- 110' - 198' *Dacita tobosea*. Roca porosa de color rojizo. Buenas manifestaciones de azufre. En la base del intervalo ocurre intercalación de toba andesítica.

Resultado del análisis químico:

110' - 120'	S = 27 %
120' - 130'	S = 31 %
130' - 138'	S = 21 %
138' - 145'	S = 42 %
145' - 150'	S = 40.6 %
150' - 160'	S = 39 %
160' - 165'	S = 42 %
165' - 170'	S = 40.4 %
170' - 175'	S = 43.2 %
175' - 180'	S = 30 %
180' - 185'	S = 34.4 %
185' - 190'	S = 28 %

198' - 238'	<i>Toba de dacita</i> . Roca porosa de color blanco-rojizo. Poca manifestación de azufre. En la base del intervalo aparece dacita porfirítica.
238' - 240'	<i>Dacita porfirítica</i> . Roca compacta de color pardo. En la masa fundamental manchas de feldespato y cuarzo. Microscópicamente: Los fenocristales de feldespato son muy corridos y reemplazados por cuarzo y azufre.

240' - 246' *Dacita porfirítica*. Con buena manifestación de azufre.

Nota. — Aparentemente la perforación no alcanzó a atravesar la zona mineralizada.

* * *

POZO NUMERO 2 — C. V. C.

- 0' - 11' Capa vegetal. Arcilla negra.
- 11' - 17' *Andesita augítica anfibólica*. Roca compacta de color negro, áspera al tacto. En la masa negra se destacan manchas de feldespato y anfíbol. Microscópicamente: en la masa vítrea aparecen fenocristales de feldespato, anfíbol, augita y magnetita. La masa consiste en microcristales de feldespato.
- 17' - 26' *Dacita porfirítica*. Roca compacta de color blanco-rojizo. En la masa gris clara se destacan cristales de feldespato y cuarzo. En la parte superior del intervalo la roca es de color gris, mientras la base es rojiza. En la parte mediana aparecen intercalaciones de los dos. Manifestación pobre de azufre. Contenido promedio: S = 10%.
- 26' - 28' *Toba de dacita*. Descompuesta por aguas subterráneas.
- 28' - 64' *Toba de dacita*. Roca semiporosa de color rojizo. Entre 34' y 46' aparece una intercalación de toba gris. El conjunto contiene núcleos, granos y venas de azufre mineral. La zona gris no está mineralizada.
Contenido de azufre: S = 33%.
- 64' - 90' *Dacita*. La parte superior no contiene azufre. La inferior, tiene intercalaciones con tobas volcánicas donde ocurren manifestaciones de azufre.

Contenido:

80' - 85'	S = 39 %
85' - 90'	S = 57 %

- 90' - 107' *Toba de dacita*. Roca porosa de color pardo-rojizo. Rica en azufre.

Contenido:

90' - 95'	S = 45 %
95' - 100'	S = 42 %
100' - 105'	S = 3 %

- 107' - 117' *Toba de andesita arcillosa*. Roca compacta de color gris claro, con o sin manifestaciones pobres de azufre.
- 117' - 151' *Toba volcánica*. Roca porosa de color blanco-rojizo. Buenas manifestaciones de azufre.

Contenido:

115' - 120'	S = 24 %
120' - 125'	S = 32 %
125' - 130'	S = 27 %
130' - 140'	S = 36 %
140' - 145'	S = 40 %
145' - 150'	S = 45 %
151' - 155'	<i>Toba de andesita</i> . Manifestaciones pobres de azufre.
155' - 166'	Arcilla negra.
166' - 177'	<i>Toba de andesita</i> . En parte arcillosa. Manifestaciones pobres de azufre.
196' - 206'	<i>Toba de andesita</i> . Manifestación pobre de azufre.
206' - 222'	<i>Dacita porfirítica</i> . Roca compacta gris clara. En la masa gris se destacan cristales de feldespato y cuarzo. Manifestación pobre de azufre.

* * *

POZO NUMERO 3 — C. V. C.

0' - 11'	<i>Capa vegetal</i> . Arcilla negra.
11' - 28'	<i>Andesita augítica hornblenda</i> . Roca compacta de color negro, áspera al tacto; en la masa negra se destacan cristales de feldespato y hornblenda. Microscópicamente: en la masa vítrea aparecen fenocristales de plagioclasa, hornblenda, magnetita y augita.
28' - 31'	<i>Dacita traquítica</i> . Roca compacta de color blanco-rojizo.
31' - 61'	<i>Dacita tobose</i> . Roca semicompacta de color rojizo. En partes está descompuesta por agua subterránea. Manifestación pobre de azufre.
61' - 96'	<i>Toba de andesita</i> . Roca semiporosa de color gris claro. En la masa gris se destacan manchas de feldespato. En el intervalo ocurren intercalaciones con tobas negras. Buena demostración de azufre. Promedio: S = 13.5%.
96' - 100'	<i>Toba de dacita</i> . Roca porosa. Buena demostración de azufre. Promedio: S = 28.5%.
108' - 112'	<i>Toba de andesita</i> . La cima rica en azufre. Promedio: S = 40%.
112' - 145'	<i>Andesita tobose</i> . Roca compacta, en partes descompuesta, arcillosa. Pocas manifestaciones de azufre. Contenido: S = 23.3%.

- 145' - 153' No recuperación.
 153' - 158' *Arcilla gris oscura.*
 158' - 163' *Arcilla negra blandita.*
 163' - 168' *Dacita.*
 168' - 173' *Dacita porfirítica.*
 173' - 208' *Toba de andesita.*
 208' - 216' *Andesita gris oscura.* Roca compacta. La cima es tocosa y la base porosa.

POZO NUMERO 1 — "MINMINAS"

Cota 3.615.50 m
 Profundidad: 146'
 Comienzo de perforación Noviembre 5 de 1961.
 Terminación de la perforación Noviembre 24 de 1961.

Nota. Los resultados son negativos. Se perforó por las autoridades de la mina; en 146' la tubería se pegó. No existen descripciones de los núcleos. Según los perforadores, las formaciones geológicas fueron las siguientes:

- 0' - 54' Andesita tocosa.
 54' - 80' Toba volcánica. Mineralizada.
 80' - 146' Toba de andesita.

POZO NUMERO 2 — "MINMINAS"

Cota 3.654.69 m
 Profundidad: 250'.
 Comienzo de la perforación Diciembre 4 de 1961.
 Terminación de la perforación Diciembre 15 de 1961.

- 0' - 35' *Andesita augítica.* Roca compacta de color negro.
 35' - 50' Toba volcánica de color gris oscuro con buena manifestación de azufre:

30' - 35'	27.45 %
35' - 40'	31.83 %
40' - 45'	37.22 %
45' - 50'	36.95 %

- 50' - 60' *Toba andesítica.* Roca semiporosa de color gris oscuro. Manifestación pobre de azufre.

50' - 55'	15.23 %
55' - 60'	15.38 %

60' - 102'	<i>Andesita</i> . Roca negra, compacta.
102' - 122'	<i>Toba de andesita</i> . Manifestación de azufre:
101' - 104'	21.00 %
104' - 109'	40.00 %
109' - 112'	14.00 %
112' - 119'	10.00 %
119' - 122'	6.00 %
122' - 153'	<i>Andesita</i> . Roca negra. En base intercalaciones de toba blanca.
153' - 190'	<i>Toba de andesita</i> . Buena manifestación de azufre.
155' - 160'	30.31 %
160' - 165'	35.21 %
165' - 170'	26.44 %
170' - 175'	21.45 %
175' - 180'	22.22 %
180' - 185'	43.10 %
185' - 190'	17.27 %
190' - 223'	<i>Andesita porfirítica</i> . Color gris oscuro.
223' - 250'	<i>Dacita porfirítica</i> . Color gris claro.

Nota. El punto no fue localizado a pesar de las advertencias del Servicio Geológico, pero la alteración de distancia no ocasionó cambio en los resultados esperados.

Las autoridades de la mina suspendieron las perforaciones en 250' sin dar aviso al Servicio Geológico; por lo tanto, el pozo no alcanzó la principal capa mineralizada.

POZO NUMERO 3 — "MINMINAS"

Cota	3.635.44 m
Profundidad:	230'.
Comienzo de la perforación	Diciembre 16 de 1961.
Término de la perforación.	Enero 14 de 1962.

0' - 29'	<i>Andesita augítica</i> . Roca compacta de color negro.
29' - 31'	<i>Toba de andesita</i> . Roca semicompacta de color gris. Buena manifestación de azufre.
29' - 31'	36.38 %
31' - 46'	<i>Toba volcánica</i> . Roca semiporosa de color gris-rojizo. Buena manifestación de azufre con núcleos de azufre cristalizado.
31' - 35'	45.38 %
35' - 41'	49.27 %
41' - 46'	16.38 %

46' - 54'	<i>Toba andesítica</i> . Roca semicompacta. Pobre manifestación de azufre.	
46' - 54'		9.30 %
54' - 95'	<i>Andesita</i> . Roca compacta de color negro.	
95' - 122'	<i>Dacita porfirítica</i> . Roca semicompacta de color gris-rojizo. Manifestación de azufre.	
95' - 100'		14.19 %
100' - 105'		14.23 %
105' - 110'		46.00 %
110' - 117'		23.14 %
117' - 122'		50.00 %
122' - 147'	<i>Andesita</i> . Roca compacta de color negro con intercalaciones de dacita.	
147' - 161'	<i>Toba de andesita</i> . Color gris oscuro. Buena manifestación de azufre.	
147' - 151'		26.00 %
151' - 155'		32.32 %
155' - 161'		42.60 %
161' - 162'	Azufre cristalizado. 100%.	
162' - 170'	<i>Andesita tobácea</i> . Roca porosa de color gris oscuro. Poca recuperación debida probablemente al azufre cristalizado.	
162' - 170'		32.36 %
170' - 180'	<i>Andesita porfirítica</i> .	
180' - 190'	<i>Dacita porfirítica</i> de color blanco.	
190' - 201'	<i>Dacita porfirítica</i> .	
201' - 213'	<i>Dacita porfirítica</i> con azufre cristalizado.	
213' - 230'	<i>Andesita descompuesta</i> de color gris.	
213' - 218'		15.31 %
218' - 230'		16.39 %

Nota. El pozo debió haber sido localizado desde la entrada de la mina, como el Servicio Geológico lo había previsto; pero las autoridades de la mina desatendieron nuevamente las insinuaciones y el pozo atravesó el techo de ésta.

POZO NUMERO 4 — "MINMINAS"

Cota	3.680.01 m
Profundidad:	385'.
Comienzo del trabajo.	Enero 19 de 1962.
Terminación de la perforación	Febrero 5 de 1962.

0' - 56'	Andesita augítica. Roca compacta de color negro.
56' - 82'	Toba volcánica de color gris. Pobre manifestación de azufre.
56' - 60'	19.66 %
60' - 70'	32.00 %
70' - 80'	23.00 %
82' - 85'	Toba andesítica color gris oscuro.
80' - 86'	11.00 %
85' - 130'	Andesita augítica.
130' - 150'	Toba andesítica. Manifestación de azufre.
130' - 133'	36.61 %
133' - 138'	28.28 %
138' - 143'	25.12 %
143' - 146'	49.00 %
146' - 151'	35.80 %
150' - 170'	Toba andesítica. Poca manifestación de azufre.
159' - 164'	19.60 %
164' - 170'	15.50 %
170' - 225'	Andesita tocosa.
225' - 345'	Dacita porfirítica.
345' - 370'	Toba volcánica de color gris claro. Pobre manifestación de azufre.
370' - 375'	Andesita.
375' - 385'	Toba volcánica. Pobre manifestación de azufre.

Nota. Se trazan las cuatro zonas mineralizadas de las cuales solamente las dos primeras son explotables.

POZO NUMERO 5 — "MINMINAS"

Cota	3.657.97 m
Profundidad:	333'.
Comienzo del trabajo.	Febrero 6 de 1962.
Término del trabajo	Marzo 30 de 1962.

0' - 85'	Andesita augítica.
85' - 115'	Toba volcánica. Buena manifestación de azufre.
85' - 88'	33.00 %
88' - 93'	29.00 %
93' - 97'	20.00 %
97' - 105'	31.00 %
105' - 114'	34.00 %

115' - 148'	Andesita augítica.
148' - 177'	Andesita descompuesta de color gris, en partes arcillosa.
177' - 197'	Toba de andesita de color gris claro.
197' - 275'	Toba de andesita de color gris claro.
275' - 333'	Toba volcánica de color gris claro. Buena manifestación de azufre.

275' - 280'	35.00 %
280' - 285'	28.00 %
285' - 290'	32.00 %
290' - 296'	32.00 %
296' - 301'	34.42 %
301' - 307'	25.33 %
307' - 312'	31.00 %
312' - 320'	36.96 %
320' - 325'	17.99 %

Nota. El pozo se terminó 28' abajo del nivel de la entrada de la mina en roca de dacita.

POZO NUMERO 6 — "MINMINAS"

Cota	3.651.80 m
Profundidad:	385'.
Comienzo del trabajo.	Febrero 26 de 1962.
Término del trabajo	Marzo 13 de 1962.

0' - 45'	Andesita augítica.
45' - 70'	Toba volcánica de color gris claro. Manifestación de azufre.

45' - 50'	35.00 %
50' - 55'	35.00 %
55' - 60'	38.00 %
60' - 65'	41.00 %
65' - 70'	16.00 %

70' - 103'	Andesita augítica.
103' - 122'	Toba volcánica. Manifestación de azufre.

103' - 110'	31.00 %
110' - 114'	40.00 %
114' - 119'	32.00 %
119' - 122'	24.00 %

122' - 157'	Andesita augítica.
157' - 176'	Toba andesítica de color gris claro. Pobre manifestación de azufre.
176' - 191'	Toba de andesita descompuesta con incrustaciones de malachita y carbonato de hierro,

- 191' - 226' Andesita augítica compacta.
 226' - 311' Toba de dacita descompuesta, parte arcillosa.
 311' - 385' Andesita augítica con intercalaciones de arcilla.

Nota. La tercera y cuarta capa mineralizada no se presentaron en el perfil del pozo.

POZO NUMERO 7 — "MINMINAS"

Cota 3.624.88 m
 Profundidad: 232'.
 Comienzo del trabajo. Abril 9 de 1962.
 Término del trabajo Abril 17 de 1962.

- 0' - 44' Andesita augítica. Roca negra compacta.
 55' - 82' Toba de dacita. Buena manifestación de azufre.

55' - 61'	3.66 %
61' - 68'	30.66 %
68' - 81'	27.66 %
81' - 84'	24.66 %

- 82' - 108' Dacita con poco mineral.
 108' - 230' Toba volcánica con buena manifestación de mineral.

108' - 113'	39.66 %
113' - 123'	29.00 %
123' - 132'	32.23 %
132' - 157'	46.66 %
157' - 185'	32.66 %
185' - 205'	32.66 %
205' - 232'	20.00 %

- 230' - 232' Dacita.

Nota. La perforación se suspendió 30' bajo nivel del piso de la mina.

POZO NUMERO 8 — "MINMINAS"

Cota 3.664.14 m
 Profundidad: 266'.
 Comienzo del trabajo. Mayo 1º de 1962.
 Término del trabajo Mayo 10 de 1962.

- 0' - 20' Toba de andesita.
 20' - 45' Toba de dacita, con buena manifestación del mineral.

20' - 27'	34.33 %
27' - 32'	54.33 %
32' - 39'	38.66 %
39' - 45'	34.66 %

45' - 75'	Dacita gris rojiza.	
75' - 84'	Andesita.	
84' - 104'	Dacita con mineral.	
	84' - 95'	33.00 %
	95' - 104'	41.66 %
104' - 110'	Dacita. Roca blanca sin manifestación de azufre.	
110' - 115'	Toba volcánica con buen mineral.	
	110' - 115'	46.00 %
115' - 125'	Dacita.	
125' - 145'	Andesita.	
145' - 257'	Dacita.	
257' - 266'	Toba volcánica con buena manifestación de azufre.	
	257' - 266'	31.66 %

Nota. El pozo se abandonó por dificultades técnicas y por consiguiente, los perforadores del Ministerio son responsables. Se perdieron 90' de tubería, botella y broca.

POZO NUMERO 9 — "MINMINAS"

Cota	3.662.81 m
Profundidad:	302'.
Comienzo del trabajo	Mayo 25 de 1962.
Término del trabajo	Junio 7 de 1962.

0' - 40'	Andesita augítica.	
40' - 46'	Toba de dacita. Roca color gris con mineral.	
46' - 63'	Andesita tocosa.	
63' - 73'	Toba de dacita, con mineral.	
	63' - 73'	31.33 %
73' - 123'	Andesita.	
123' - 136'	Toba de dacita con mineral.	
	123' - 136'	38.33 %
136' - 155'	Dacita.	
155' - 185'	Andesita.	
185' - 211'	Dacita.	
211' - 302'	Toba volcánica con mineral.	
	211' - 219'	49.33 %
	219' - 230'	32.33 %
	230' - 235'	31.00 %
	235' - 240'	10.00 %
	240' - 245'	60.66 %
	245' - 253'	58.00 %
	253' - 264'	56.00 %
	264' - 269'	58.33 %
	269' - 275'	57.66 %
	275' - 281'	36.00 %

281' - 287'	32.00 %
287' - 294'	47.33 %
294' - 302'	41.66 %

RESUMEN DE LAS PERFORACIONES

Las perforaciones comprobaron que:

- 1º—La mineralización ocurre en tobas de dacita y tobas volcánicas de dacita.
- 2º—No todas las erupciones llevaron material mineralizado.
- 3º—Las capas mineralizadas sufrieron arrastre en partes.
- 4º—Las capas de dacita están cubiertas con capas de andesita.
- 5º—Las zonas más ricas en azufre son las tobas de dacita.
- 6º—El piso de la zona mineralizada es dacita porfirítica y andesitas descompuestas y arcillosas.
- 7º—Las perforaciones fueron deficientes para comprobar si la zona mineralizada se repite a mayor profundidad.
- 8º—Entre los pozos números 4 y 5, 6 y 3 de “Minminas”, existe un límite estructural por lo cual, de esta línea hacia el Noroeste, la tercera y cuarta capa mineralizadas (las dos inferiores) no aparecieron. (Ver mapa de perforación).

LABOREO SUBTERRANEO

El laboreo subterráneo se efectúa por pilares y galerías. Las propiedades de las rocas permiten los avances sin entibar las galerías.

La explotación de rocas supone arranque, carga y transporte. El arranque se efectúa por medio de explosivos y la explotación en bancos; para esto se utiliza el martillo de aire; la carga se hace mediante máquinas de volteo y el transporte con volquetas de la mina a la trituradora.

La zona mineralizada se compone de tres bancos:

a) El banco superior, donde la impregnación de azufre se presenta en tobas blancas de andesita cuarcítica; el contenido de azufre en este banco es de 25%, que es más bajo que el promedio;

b) En la parte media, el azufre se presenta en tobas rojizas de andesita y su tenor es muy alto, con un promedio del 45% y en algunas partes llega hasta el 50%;

c) El banco inferior de la zona mineralizada se compone de tobas grises o andesita arcillosa en descomposición. El contenido en azufre se rebaja de nuevo al 25% aproximadamente.

Las zonas mencionadas son irregulares entre sí y en una mina planificada, no es posible dirigir los trabajos exclusivamente hacia el centro de la parte mineralizada. El cortar las bandas pobres de azufre, no significa empobrecimiento del mineral.

Asímismo, el rebanar el techo de la zona mineralizada, no quiere decir que sea el límite de ésta. En la documentación de la mina es necesario anotar el tipo de rocas explotadas y la clase de éstas que hayan quedado en el piso o en el techo, para que en el futuro puedan recuperarse.

Para un mayor rendimiento, aconsejamos realizar el trabajo en la siguiente forma:

1. Usar perforaciones para tener controlado el avance, o sea, que antes de atacar de frente, deben hacerse perforaciones en el techo, piso y horizontalmente. Con la evaluación de los núcleos, se pueden escoger los bancos más mineralizados y si es necesario, crear un nuevo nivel.

De esta manera se evita perder la zona más interesante, como sucedió anteriormente; pues se comenzó la explotación por el centro de la zona mineralizada, y una irregularidad en el piso trajo como resultado la subida de nivel de los pisos de las galerías. Como consecuencia, se explotaron mineralizaciones más pobres que el promedio y con los pisos colgantes se cortó el techo de la zona mineralizada. Esta situación hizo creer en un falso empobrecimiento en el límite de esta zona. En realidad, éste no existe, sino que el azufre, o la zona más rica, quedó sepultada en el piso de las galerías.

Para solucionar este problema, recomendamos realizar perforaciones en todas las galerías de la mina actual o por lo menos, en tres puntos. Los análisis químicos de los núcleos, definieron la cantidad de azufre que quedó en los pisos. Es conveniente hacer un mapa que muestre el contenido de azufre, como el que se encuentra en el presente informe.

2. El hallazgo de andesitas negras al lado SW no significa el límite de la zona mineralizada, sino irregularidades en el techo; en presencia del autor se comprobó que ésta continúa en la misma dirección hacia un nivel más bajo. En la perforación realizada en la galería "Cero SW" a un metro del frente, se descubrieron más de 20 m de la zona en el piso, y en la perforación horizontal, después de 22 m, se halló la zona mineralizada.

Recomendamos avances hacia el S de la galería "Cero SW", conservando el nivel del piso que tiene dicha galería en la cruzada "Cero N". En la misma galería podría investigarse mejor el área de esta dirección.

3. Asímismo, recomendamos avanzar con la misma galería hacia el Sureste en la dirección del pozo número 2, C. V. C., para la investigación del área hacia el Sureste y buscar límite de la zona.

Estas galerías o túneles no representan ningún sobrecargo para la mina porque los túneles seguirán en mineral y la producción no disminuiría. Al contrario, sirven para abrir nueva entrada de la mina, que facilitaría el transporte del mineral y la ventilación de ésta.

4. Al sur de la entrada actual puede abrirse una carretera o hacer una clavada a lo largo de la quebrada, de tal manera que puedan construirse galerías en ángulo recto.

5. Desde la cruzada diez se puede subir a la tercera capa por medio de tambores y vaciar el mineral por éstos.

6. Para el arranque de las capas superiores se pueden abrir socavones al lado de la colina.

2835 mure
 35 Andesita.
 38 mureca
 5
 1
 0735

* * *

uación se describen los núcleos de las perforaciones realiza-
 a.
 da de la misma, se indican los perfiles de los pozos, así como
 abajos proyectados.

Pozo número 1. Cruzada con gal. 4.

0' - 45' Toba de dacita blanca. Roca mineralizada.

Pozo número 2. Cruzada con gal.

0' - 45' Andesita y dacita descompuesta.

45' - 51' Toba de dacita. Roca mineralizada.

Pozo número 4.

0' - 20' Dacita tocosa. Mineral pobre.

20' - 61' Andesita descompuesta. No mineralizada.

Pozo número 5.

0' - 30' Andesita descompuesta.

30' - 58' Dacita tocosa. Roca mineralizada.

Pozo número 6.

0' - 35' Toba de dacita blanca. Roca mineralizada.

Pozo número 7.

0' - 35' Andesita descompuesta. No mineralizada.

Pozo número 8.

0' - 55' Andesita descompuesta. No mineralizada.

Pozo número 9.

0' - 10' Andesita arcillosa.

10' - 25' Andesita tocosa. Mineralizada.

25' - 37' Andesita arcillosa.

Pozo número 10.

0' - 5' Andesita descompuesta, gris claro.

5' - 25' Andesita tocosa. Mineralizada.

25' - 30' Andesita arcillosa.

Pozo número 11.

0'	–	5'	Toba de dacita. Mineralizada.
5'	–	15'	Andesita arcillosa.

Nota. Los pozos no investigaron sistemáticamente toda el área de la mina, lo que había podido ayudar a las proyecciones de los pozos superficiales.

Los pozos comprobaron una zona estéril a la altura de la Cruzada Cero. No se efectuaron perforaciones en los frentes del trabajo subterráneo.

GEOLOGIA MINERA

Techo de la zona mineralizada.

Se presentaron dos rocas diferentes en color pero muy parecidas en composición. En el lecho del río Vinagre el techo de la zona aparentemente es dacita blanca. En la mina, hacia el Suroeste, aparecen andesitas gris oscuras con poca o ninguna manifestación de azufre. Visiblemente esas últimas rocas en la cima de la zona significan el arrastre de la dacita.

Zona mineralizada.

Se compone de tres áreas bien distintas y con límites muy irregulares entre sí. En el centro está situada una toba de dacita de color rojizo con buena mineralización de azufre. El contenido promedio es de 45% de S. En la cima de ese banco se presentan tobas de dacita blanca y tobas de andesita con manifestaciones más pobres de azufre que la anterior.

Yacente de la zona mineralizada.

El yacente de la zona mineralizada actualmente conocida, consiste en andesitas descompuestas, arcillosas y dacitas porfiríticas. Se desconoce la estructura a mayor profundidad.

Explicación del mapa de contenido.

En el mapa de contenido se indican los sitios de las muestras tomadas. Las letras representan las iniciales de la persona que las ha tomado. El numerador indica el número de la muestra y el denominador representa el contenido del azufre. En la descripción de las muestras deben anotarse los sitios exactos, zona, clase de roca, piso y techo.

DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

Muestra N° 39. Andecita augítica.

Macroscópicamente: Roca compacta de color gris oscuro, áspera al tacto; en su masa gris se destacan manchitas blanquecinas de feldespatos.

Microscópicamente: En la masa vítrea aparecen fenocristales de andesina, menor hornblenda, ambas muestran resorción en la margen. Pocos cristales de augita, biotita y cuarzo.

Muestra N° 40.—*Toba volcánica.*

Macroscópicamente: Roca porosa de color pardo, áspera al tacto; la masa se compone de feldespato alterado de color y pocos granos de cuarzo.

Microscópicamente: Textura vítrea construída completamente de feldespato. Pocos granos de cuarzo, biotita y magnetita.

Muestra N° 30. *Andesita tobosa.*

Macroscópicamente: Roca semiporosa de color gris oscuro, con cristales monoclinicos de azufre.

Microscópicamente: La masa vítrea está fundida por azufre donde se destacan fenocristales de plagioclasa.

Muestra N° 34. *Toba traquítica.*

Macroscópicamente: Roca muy porosa de color gris claro con fenocristales rómbicos de azufre; en las fracturas de la roca ocurren cristales monoclinicos de azufre.

Muestra N° 23. *Toba vítrea.*

Macroscópicamente: Roca porosa de color rojizo, completamente homogénea.

Microscópicamente: Consiste totalmente en masa vítrea.

Muestra N° 27. *Dacita tobosa.*

Macroscópicamente: Roca semiporosa de color gris rojizo, áspera al tacto, con buen contenido de azufre.

Microscópicamente: Fundida en azufre.

Muestra N° 24. *Toba de andesita pumítica.*

Roca porosa de color gris. Yacente de la zona mineralizada.

Muestra N° 33. *Toba de andesita.*

Roca compacta de color gris oscuro. Del techo de la zona mineralizada.

Muestra N° 19. *Toba de dacita.*

Macroscópicamente: Roca porosa de color rojizo. En la masa se destacan cristales de feldespato y cuarzo. Del techo de la zona mineralizada.

Microscópicamente: En la masa vítrea aparecen fenocristales de ortoclasa y cuarzo.

Muestra N° 18. *Andesita augítica.*

Muestra N° 31. *Toba traquítica.*

Muestra N^o 28. *Toba traquítica.*

Muestra N^o 26. *Toba vítrea de dacita.* Con Azufre.

Muestra N^o 22. *Toba vítrea de dacita.* Con azufre.

Muestra N^o 25. *Andesita angítica.*

A N A L I S I S

A continuación se inserta el resultado de los análisis efectuados por el ingeniero ENRIQUE ALVAREZ, en el Laboratorio de la Empresa "Industrias Puracé, S. A."

"El Vinagre, septiembre 23 de 1961

Resultados de los análisis hechos para determinación del porcentaje de azufre sobre las muestras tomadas por el doctor IMRE MEGYESI, en los terrenos de la Concesión que tiene la empresa 'Industrias Puracé, S. A.' para la explotación y beneficio de mineral de azufre.

N ^o muestra	Referencia	Porcentaje azufre
1.	X - 1 P	43.0 %
2.	X - 2	32.3 %
3.	1. M-29	42.8 %
4.	1. M-30	13.5 %
5.	1. M-31	40.0 %
6.	1. M-32	29.5 %
7.	1. M-33	37.5 %
8.	G. 108-112	40.2 %
9.	G. 112-145	23.3 %
10.	G. 100-108	28.5 %
11.	G. 96-100	41.5 %
12.	G. 61- 96	13.5 %

Nota.—Estos análisis se hicieron por el método de Tostión y por lo tanto, los sulfuros también se tuestan.

La corrección se hizo con base en la curva hecha por el doctor KITARO HAYASE, ya que él hizo cerca de cincuenta análisis por el método de Tostión y por el método de bisulfuro de carbón.

(Firmado),

Enrique Alvarez, Administrador encargado".

PRODUCCION ANTERIOR

Historia.

En el año de 1944 el trabajo se comenzó en forma muy rudimentaria, un poco más arriba de la mina actual en la cercanía del río Vinagre, donde se encontraron depósitos de azufre originados por las aguas termales que pasan a través de capas que contienen este elemento; pero el arranque y transporte eran muy deficientes.

En 1946 se obtuvo el contrato con el Ministerio de Minas y Petróleos y al año siguiente se presentó una oposición legal que suspendió el trabajo. En 1950 se reanudó la explotación de azufre, pero nuevamente la dificultad en el transporte impidió un buen rendimiento. El mineral era tratado en Puracé, en hornos que luego fueron sustituidos por autoclaves.

En 1951 se contrató la planta de recuperación con la Chemical Construction Corp.; pero ésta fracasó porque el método empleado no fue el apropiado para esas rocas y la Compañía perdió gran parte del capital invertido.

En 1956 comenzó el trabajo con algunos cambios en la planta, y la empresa, poco a poco se recuperó; pero en la actualidad se teme una nueva declinación motivada por un supuesto empobrecimiento de la zona mineralizada.

A continuación suministramos datos de la producción anual:

1948 - 1952	(promedio anual)	1.686 toneladas métricas	
1953		2.700	" "
1954		5.200	" "
1955		5.500	" "
1956		5.000	" "
1957		5.240	" "
1958		6.797	" "
1959		8.581	" "
1960		9.042	" "
1961	(aproximadamente)	10.000	" "

El azufre se utiliza en las fábricas de ácido sulfúrico en Barranquilla, Cali, Medellín y Bogotá, en las industrias del azúcar y el caucho, y también, en la fabricación de soda, pólvora, pintura, sulfuro de carbono, insecticidas, etc.

CONDICIONES HIDROLOGICAS

Al lado NW de la mina se presentó un problema de aguas subterráneas, al cual tratamos de buscarle alguna solución.

Las aguas subterráneas provienen de depósitos superficiales que penetran a través de tobas porosas y fracturadas; el agua circula lentamente, tanto en sentido lateral como descendente, hasta alcanzar la zona

de equilibrio o de fuentes profundas que alimentan las fisuras (¿Nivel freático?)

La zona mineralizada tiene pendiente negativa NW y se espera un aumento del fluido en esta dirección. Las masas porosas, como las tobas andesíticas, deben considerarse como posibles depósitos de agua hacia la profundidad. Las rocas de tipo andesita-augítica, son prácticamente impermeables y pueden cerrar el paso a flujos ascendentes, pero debe tenerse en cuenta que están fracturadas y con el laboreo pueden adquirir cierta permeabilidad.

Consideramos que el problema de infiltración de agua, no es grave y puede solucionarse con bombas.

Si se presenta la situación opuesta, recomendamos usar el método "Chemical Grouting" que está probado económica y prácticamente en la minería, con muy buenos resultados.

USO DE VAPOR Y FUENTES TERMALES PARA LA PLANTA DE RECUPERACION

La idea de la perforación por vapor natural para el uso de la planta surgió de algunos señores accionistas de la empresa.

Estudiando las posibilidades consideramos que el trabajo corre mucho riesgo aunque teóricamente no es imposible.

Es muy difícil el hallazgo de las grietas conductoras del vapor ascendente y se requiere un equipo especial de perforaciones. Además creemos que el costo de este trabajo será superior al de los gastos actuales del abastecimiento de energía.

Tampoco es económico captar y conducir el vapor de las fumarolas a la planta.

El agua de las fuentes termales podría usarse, pero las condiciones son muy desfavorables.

En el tratamiento del mineral necesitamos 235 kilovatios/hora de energía. Para producir esta energía por medio de una planta termoeléctrica es indispensable:

- a) Una fuente de 200 Galón/Min. a 82°C.
- b) Una producción de agua de 1.000 Galón/Min. a 5°C.
- c) Una capacidad de la planta de 9.300 Lb./H de vapor.

El costo de la termoeléctrica sería el siguiente:

Generador:	250 KW/H	US\$ 25.000	Aprox.
Evaporador:	2.000 pies cuadrados de superficie	20.000	"
Condensador:	1.000 pies cuadrados de superficie	10.000	"
Calentador:	1.800 pies cuadrados de superficie	18.000	"
	Subtotal	US\$ 73.000	
	Montaje.	27.000	"
	TOTAL	US\$ 100.000	"

TRATAMIENTO DEL MINERAL DE AZUFRE

El mineral es transportado en volquetas hasta la trituradora donde desmenuzan las rocas hasta obtener un tamaño promedio de 3 pulgadas. De la trituradora, el mineral pasa en vagones a los autoclaves donde se extrae el azufre con vapor de 70 libras por pulgada. El azufre refinado es 99.8 % puro.

De autoclave sale el azufre líquido por medio de un tubo a la secadora de aire, antes de lo cual se trata con agua y vapor para disminuir la temperatura. El azufre seco es molido y empacado.

Sistema de flotación. Planta por instalar.

TRITURACION MOLINO	{ a $\frac{3}{4}$ " menos de 28 mallas 75 toneladas/día, capacidad.
TANQUE ACONDICIONADOR	{ Alimentado con ACPM.
PLANTA DE FLOTACION	{ se flota el azufre: abajo quedan las gangas, capacidad: 20 - 30 toneladas/día. Cola final: 3% S.
TANQUE AGITADOR	{ entra 65% S 35% sólidos ganga.
AUTOCLAVE JAPONES	{ sale 95% S sólido y sucio recirculan las colas: 65%.
FILTRO KELLY	{ la ganga queda sobre las banales S 99%.

El azufre no es bastante puro y en el autoclave japonés necesita dos o tres veces más vapor que en el anterior, pero la recuperación alcanza 95% del mineral original.

Azufre.

Elemento químico número 16, azufre S, su peso químico-atómico es de 32.066. Los conocidos isótopos estables y su abundancia aproximada en tanto por ciento de azufre nativo (S32), es de 95.1 %.

Preparación del elemento.

La extracción del azufre se hace usualmente por tres métodos:

El más importante es el proceso de Frasch, inventado por Hermann Frasch en 1891. De menor importancia son el método Siciliano y una variación del método de Claus.

El proceso Frasch es usado para extraer azufre de los depósitos parecidos a los de Texas y Luisiana. Este consiste en perforar un pozo en la superficie de la tierra hasta las capas de calcita que contiene el mineral de azufre y baja tres tubos colocados concéntricamente, hasta los depósitos mineralizados.

Agua sobrecalentada (165°C) baja a presión hasta los depósitos por el tubo más grande (6 pulgadas) y funde el azufre (temperatura de fundición es 112°C). El aire caliente es forzado a bajar por un tubo más pequeño (1 pulgada), y una mezcla de azufre fundido, agua y aire llega a la superficie por un tercer tubo (3 pulgadas). El azufre no contiene arsénico, selenio o telurio y tiene una pureza de 99.5-99.9% S.

El método Siciliano consiste en amontonar las rocas mineralizadas por el azufre en grandes recipientes llamados "calcaroni", los cuales se inflaman en la cima. El calor de la combustión del azufre en la roca causa la fundición de éste en la base y una vez fundido se derrama en un moldeador donde se solidifica.

Apenas un 60% de azufre del contenido original puede recuperarse.

Variaciones del método Claus, son raramente usadas, para obtener ácido sulfhídrico (H_2S) gaseoso.

Caracteres químicos y uso del producto.

El azufre es un elemento activo que se combina con muchos de los otros elementos conocidos. Puede existir en estado positivo y negativo, y puede formar compuestos iónicos y covalentes; asimismo, compuestos covalentes coordinados.

Usos.

Es muy usado en la vulcanización del caucho, en la fabricación de fertilizantes artificiales, en la industria química, textil, jabonera, industria de cuero, drogas, papel, plástico, etc.

Formas del elemento.

Es estable como rómbico (azufre-A), azufre monoclinico (Azufre-C), azufre plástico, azufre purpurino, azufre líquido, leche de azufre.

Según el estado físico los caracteres varían.

* * *

CALCULO DE RESERVAS

La cubicación del mineral, puesto de manifiesto en forma de impregnación de toba por labores de reconocimiento o preparación, se realiza midiendo el área de la proyección de la masa mineral sobre el plano, multiplicándolo por la secante del ángulo de buzamiento y por la potencia media

de la zona mineralizada. Naturalmente es raro que la mineralización en la zona siga exactamente tales líneas ya que sus contornos son siempre más o menos irregulares. La continuidad de la mineralización de la zona también es más o menos irregular. A pesar de estos inconvenientes, los datos correspondientes a la cubicación son aceptables, si se considera que la reserva fue calculada con un margen de seguridad.

A continuación damos la explicación de los datos usados para la cubicación:

1º *El área.* El tamaño de ésta fue determinado por medio del mapa de reservas de 1:1.000.

2º *Espesor del mineral.* Cada capa mineralizada lleva un espesor promedio calculado de las perforaciones y del depósito del mineral, puesto en manifiesto en la mina.

3º *Peso específico.* El peso específico de las andesitas varía entre 2.50 - 2.85. La andesita de Puracé es de 2.64 pero las tobas de andesita tienen un promedio mucho menor. Según los ensayos realizados en el Servicio Geológico Nacional, el peso específico de las diferentes tobas de la zona mineralizada da un promedio de 1.75. En el presente informe usamos 1.7, para dejar un margen de seguridad.

4º *Pérdida minera.* Generalmente la pérdida del arranque no alcanza más que a un 5-10% empleando el método de galerías; pero en el caso de Puracé (El Vinagre), hasta el presente esa pérdida se calcula en un 20%.

5º *Humedad.* El contenido de agua de las rocas de la zona mineralizada es de 7%.

6º *Mineral recuperable.* Las toneladas del mineral que puedan explotarse con el actual método de arranque, después de haber descontado la pérdida minera y la humedad.

7º *Contenido promedio de azufre.* Se calcula en un 30%.

8º *Pérdida por tratamiento.* Se espera que por las nuevas instalaciones, el 80% del mineral será recuperable, lo que da 20% de pérdida.

9º *Azufre refinado recuperable.* Las toneladas que se recuperen con el actual método de tratamiento.

Reservas probables.

Los depósitos de azufre en esta área están comprobados por afloramientos en la quebrada del río Vinagre.

Reserva probada.

Las cuatro capas mineralizadas están indicadas separadamente en planos de reserva con color amarillo. Las capas están comprobadas en la siguiente forma:

1. Primera capa: P₃, P₄, P₂, P₆.
2. Segunda capa: P₃, P₄, P₂, P₆.
3. Tercera capa: P₅, P₂, P₃.
4. Cuarta capa: Pozos I, II, III de C.V.C., P₇, P₈ y perforaciones horizontales en la mina.

Los análisis químicos llevan los resultados originales sin descuento efectuado por la empresa.

La capa mineralizada se ancha en el lado sureste de la mina, pero puede ser local; por esto en el cálculo de reserva usamos solamente 20 metros de espesor promedio.

R E S E R V A P R O B A B L E

	Bloque I	Bloque II	Total
Area.	55,000 m ²	36,000 m ²	—
Espesor	15 m	15 m	—
Metros cúbicos.	825,000 m ³	540,000 m ³	—
Peso específico	1.7	1.7	—
Tonelada	1,402,500	918,000	—
Pérdida minera 20%	280,500 tons.	183,600 tons.	—
Tonelada	1,122,000	734,400 tons.	—
Humedad 7%	78,540 tons.	51,408 tons.	—
Mineral recuperable.	1,043,460 tons.	682,992 tons.	1,726,452 tons.
Contenido promedio de azufre 35%	365,211 tons.	239,047 tons	604,258 tons.
Pérdida de recuperación 20%	73,042 tons.	47,809 tons.	120,851 tons.
Azufre refinado recuperable..	292,169 tons.	191,238 tons.	483,407 tons.

RESERVA PROBADA

	Primer Manto	Segundo Manto	Tercer Manto	Cuarto Manto	T o t a l
Area	46,900 m ²	46,900 m ²	31,200 m ²	120,200 m ²	—
Espesor.	6, m	6,5 m	10 m	20, m	—
Metros cúbicos	281,400 m ³	304,850 m ³	312,000 m ³	2.404,000 m ³	—
Peso específico..	1.7	1.7	1.7	1.7	—
Tonelada	478,380 tons.	518,245 tons.	530,400 tons.	4.086,800 tons.	—
Pérdida minera 20%	95,676 tons.	103,649 tons.	106,080 tons.	817,360 tons.	—
Tonelada	382,704 tons.	414,596 tons.	424,320 tons.	3.269,440 tons.	—
Humedad 7%	26,789 tons.	29,022 tons.	29,702 tons.	228,860 tons.	—
Mineral recuperable	355,915 tons.	385,574 tons.	394,618 tons.	3.040,580 tons.	4.176,687 tons.
Contenido promedio de azufre	S = 30 % 106,774 tons.	S = 27 % 104,105 tons.	S = 30 % 118,385 tons.	S = 35 % 1.064,203 tons.	— 1.393,467 tons.
Pérdida de recuperación 20%	21,355 tons.	20,821 tons.	23,677 tons.	212,840 tons.	278,673 tons.
<i>Azufre refinado recuperable</i>	85,419 tons.	83,284 tons.	95,708 tons.	851,363 tons.	1.115,777 tons.

Costos de explotación.

Los criaderos poco potentes son más costosos de explotar que los potentes; por debajo de tres metros de potencia, el costo de explotación aumenta mucho más rápidamente y decrece la potencia del criadero. En ese sentido se presenta un contraste en la mina de El Vinagre. A pesar de que la potencia del criadero aumentó, los costos del arranque subieron. El aumento del costo —en parte— tiene explicación, pues el Ministerio de Guerra negó toda ayuda en relación con los materiales explosivos.

En otro sentido el gasto alto no significa un aumento necesario, porque con el aumento de la potencia de la zona mineralizada no se presenta empobrecimiento del material y en consecuencia, no es necesaria la explotación de las rocas con o sin poco mineral de azufre.

En las rocas duras del criadero, cuestan más la perforación y el arranque.

Considerando el costo promedio de siete meses del año 1961, los gastos de explotación se distribuyen en la forma siguiente:

1. Arranque mineral	\$ 4.04	ton. en mineral.
	48.46	ton. en azufre refinado.
2. Transporte de roca	1.50	ton. en mineral.
	18.00	ton. en azufre refinado.
Total	\$ 66.46	ton. en azufre refinado.

Los factores principales del costo de arranque son mano de obra, energía, explosivos, suministros, vigilancia, conservación y reparación de máquinas, amortización del equipo mecánico y la parte proporcional de gastos generales.

Los gastos que representan el cargue, transporte y extracción, son naturalmente accesorios del arranque, por lo cual, los costos se incluyen en estos capítulos.

Costo del tratamiento.

Se compone de los gastos de trituración, tratamiento de azufre refinado, empaque y transporte desde la mina hasta Popayán. Con la instalación de la planta de flotación, el costo del tratamiento aumentará; pero ese aumento no será positivo porque la nueva planta recuperará el 95% del azufre.

Los gastos en el presente se distribuyen así:

Trituración	\$ 7.68	ton. en azufre refinado.
Tratamiento	57.10	" " " "
Empaque	35.00	" " " "
Transporte	12.50	" " " "
Total	\$ 112.28	" " " "

Costo de dirección y administración.

Sin detallar el gasto de oficina y gastos legales, suministramos una suma total. El impuesto incluido se calcula entre 8 - 10 pesos colombianos por tonelada de azufre refinado.

Los gastos generales son \$ 72.37 por tonelada de azufre refinado.

Venta de productos.

El producto de la mina se vende directamente al consumidor. Es necesario satisfacer exigencias comerciales de la pureza del azufre. El valor comercial de una tonelada de azufre refinado de la más baja calidad es de \$ 280.00.

La diferencia entre los ingresos y gastos sirve para calcular el beneficio neto; en esa forma, éste sería de \$ 30.00 por tonelada de azufre refinado.

La cifra suministrada es bastante exacta a pesar de que se desconocen los gastos de instalación y algunas partes de gastos varios.

Beneficio neto.

El beneficio neto de una unidad de mineral es la diferencia entre el valor de la venta y el costo de explotación y tratamiento. En consecuencia, el valor neto puede ser definido como el beneficio que se obtiene por unidad de mineral. Con muy escasas excepciones, para poner en el mercado un mineral o sus derivados, es necesario disponer de instalaciones de laboreo e instalaciones de tratamientos minerales. Como consecuencia, se necesita una inversión inicial de capital, para conseguir los medios necesarios para realizar el trabajo. El costo de explotación depende de los métodos utilizados, del precio de la mano de obra y suministros de energía. En el análisis siguiente se recogen los datos más importantes del costo de instalación de la planta y de explotación.

1. Gastos de instalación. Instalaciones de laboreo. Planta de beneficio.

Primer establecimiento:

- a) Trabajos de ingeniería, estudios y proyectos;
- b) Maquinaria, suministros y materiales de construcción;
- c) Portes y acarreos;
- d) Montaje.

Conservación:

- a) Reparaciones y conservación;
- b) Mejoras y ampliaciones.

Cargas financieras:

- a) Intereses y amortización del primer establecimiento;
- b) Impuestos y seguros.

Se desconoce el costo.

2. *Gastos de explotación. Mina y taller de beneficio.*

Mina:

- a) Mano de obra. Arranque entibado, transporte;
- b) Suministros. Preparación, alumbrado, ventilación;
- c) Energía. Desagüe.

El costo es de \$ 66.46 por tonelada de azufre refinado.

Taller de beneficio:

- a) Mano de obra. Trituración, clasificación, concentración;
- b) Suministros. Tratamiento de minerales;
- c) Energía.

El costo es de \$ 112.28 por tonelada de azufre refinado.

3. *Dirección y administración.*

Mina:

- a) Gerencia o dirección técnica;
- b) Facultativos, capataces y vigilantes;
- c) Técnicos, topógrafos, muestrador, laboratorista, electricista, mecánico, etc.;
- d) Personal administrativo.

Taller de beneficio:

- a) Metalurgista;
- b) Capataz y vigilante;
- c) Químico o preparador.

El costo es de \$ 72.37 por tonelada de azufre refinado.

4. *Varios.*

Accidentes e indemnizaciones, gastos de oficina, intereses de existencias de suministros, gastos legales, ingeniero consultor, pensiones y gastos extraordinarios, gastos sociales, impuestos de utilidades, regalías, etc.

Se desconoce el costo. La mayoría está incluido en el costo de dirección.

Valuación.

El peso total multiplicado por el valor neto da el beneficio total y sobre éste puede calcularse el valor actual. Es evidente que para calcular exactamente el beneficio previsible es necesario hacer lo mismo con el costo de producción.

El beneficio total que puede obtenerse de la explotación de un criadero mineral, no es de ninguna manera, el valor de la mina. Si fuera po-

sible extraer todo el mineral y venderlo en un período de tiempo muy corto, el beneficio total podría tomarse con gran aproximación como valor de la mina; pero es evidente que esto es imposible y por consiguiente, el elemento tiempo es factor de gran importancia. El ritmo de explotación y el tipo de interés fijado constituyen los otros dos factores.

En relación con lo anterior, podemos suministrar el valor de las reservas, o sea, el beneficio total durante la explotación.

Beneficio total seguro	\$ 1.115.777	tonelada a \$ 30.00	\$ 33.473.310
Beneficio total probable	433.407	tonelada a \$ 30.00	13.002.210
Total.			\$ 46.475.520

Sin embargo, no podemos olvidar que en las inversiones mineras se acepta que el riesgo es notablemente mayor y por lo tanto, se fija un tipo de interés más alto. Las cubriciones de la zona mineralizada son siempre más o menos inciertas; los precios varían, los mercados sufren a veces grandes depresiones y como consecuencia, los beneficios probables pueden reducirse.

* * *

CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye una compilación de datos para el Ministerio de Minas y Petróleos y para la Compañía Azufrera de Puracé, con los cuales se trata de describir la situación actual de los problemas y soluciones para un mayor rendimiento y una mejor organización.

La mina de El Vinagre tiene mucho porvenir a pesar de las dificultades y es de gran beneficio para el país. Con una organización aceptable y con las recomendaciones que suministramos, se pueden bajar los costos y aumentar la producción y el beneficio total.

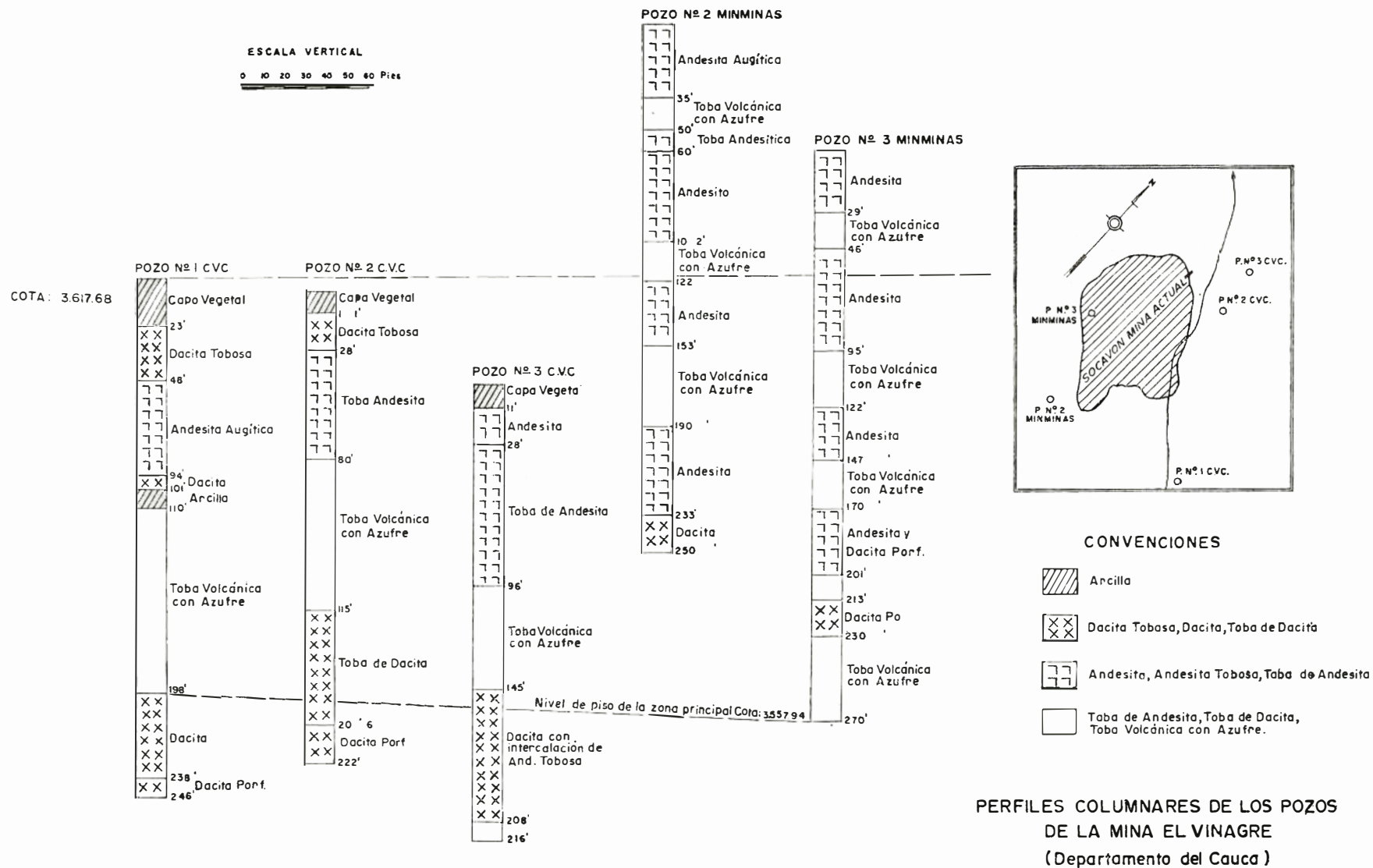
Los trabajos necesarios y las recomendaciones son las siguientes:

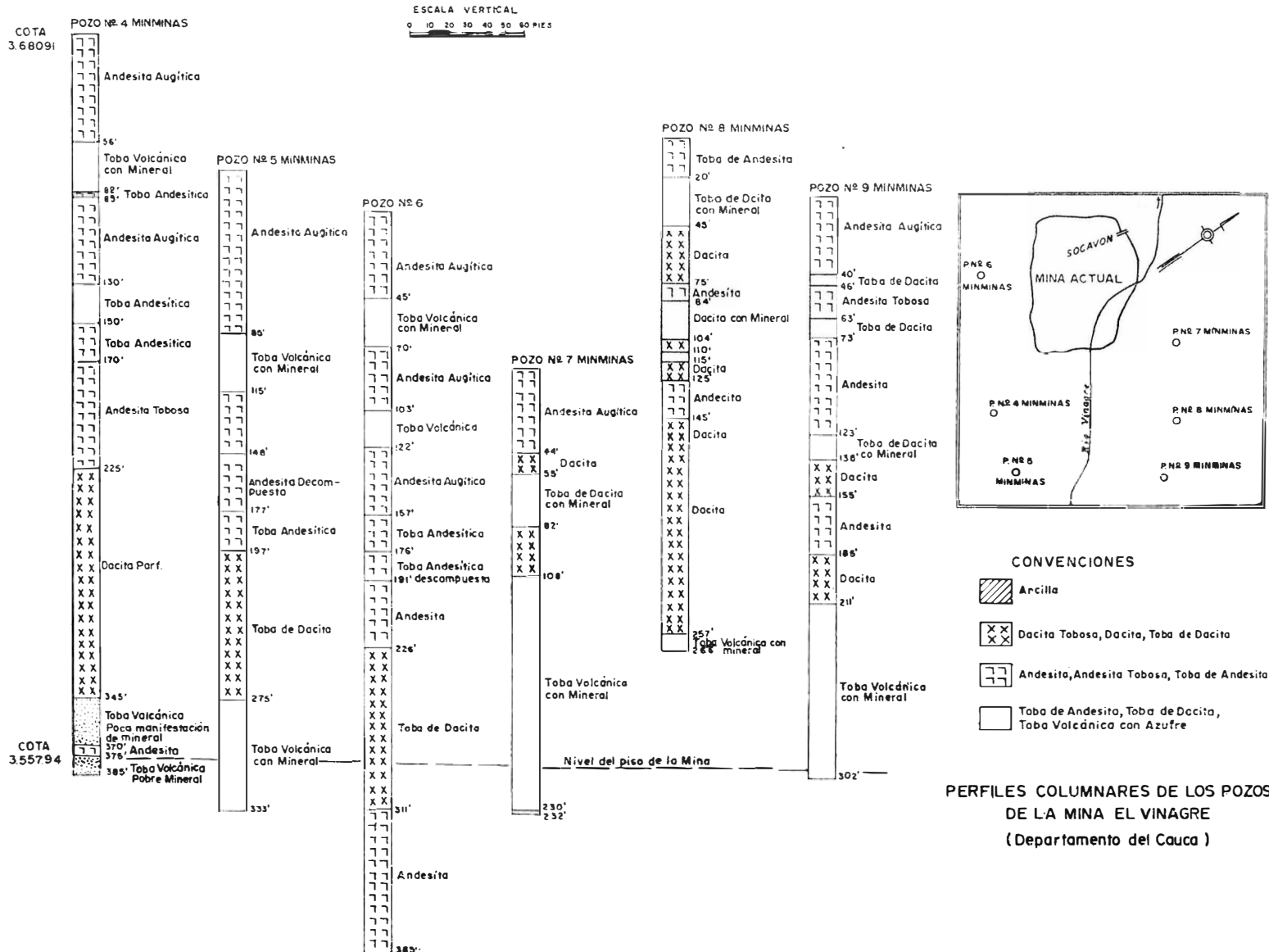
- 1ª—Realizar investigaciones por túneles.
- 2ª—Los trabajos subterráneos deben dirigirse por análisis químicos del mineral.
- 3ª—Instalar la planta de flotación.
- 4ª—Reorganizar el personal técnico y administrativo.

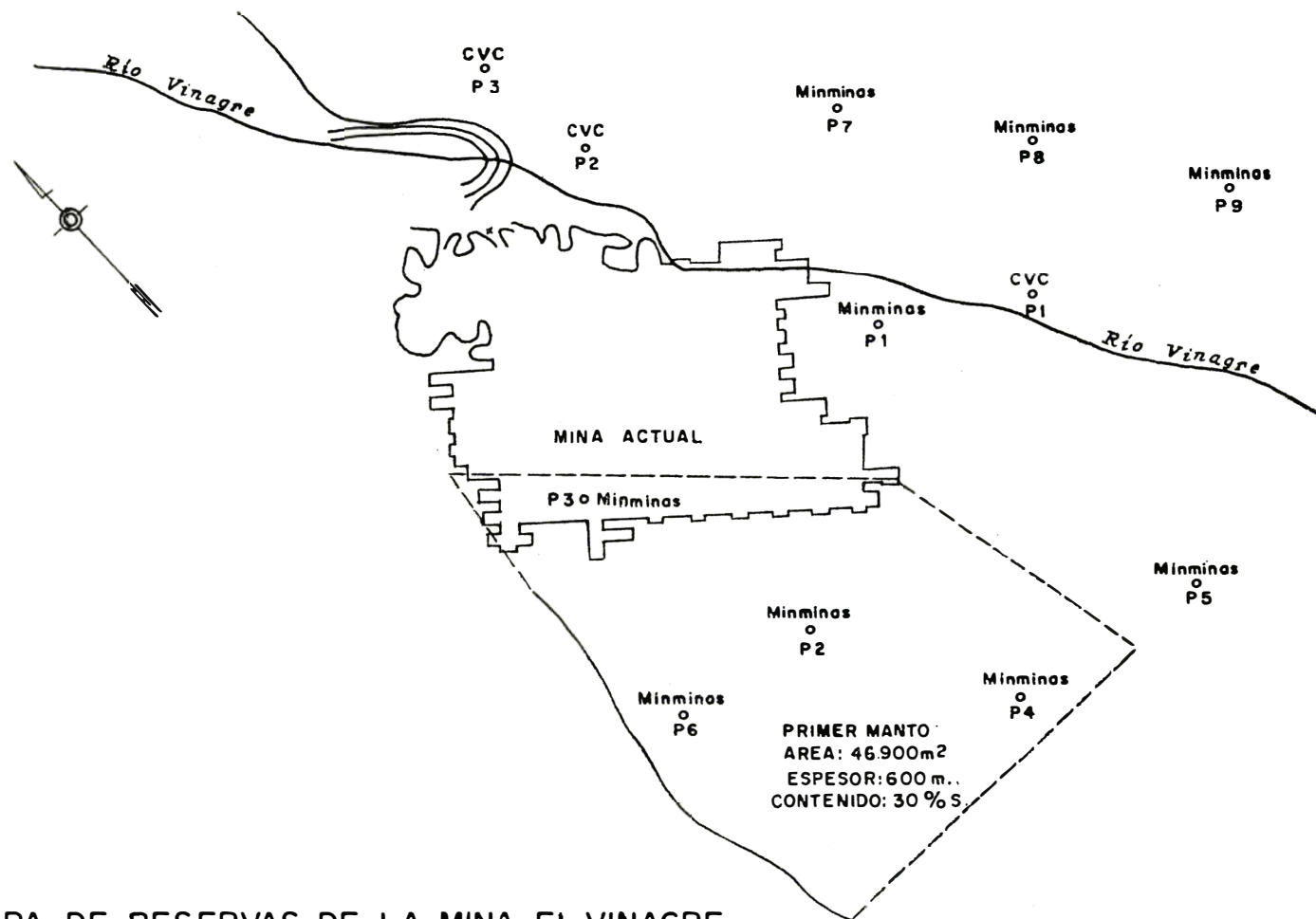
* * *

BIBLIOGRAFIA

- BATEMAN ALAN M.—*Economic mineral deposits*. Published by John Willey & Sons Inc. New York, 1942. Pp. 805.
- CHAMBERLAIN C. THOMAS AND ROLLIN D. SALISBURY.—Geology. Vol. I. Pp. 590-637.
- HUBACH ENRIQUE & ALVARADO BENJAMÍN.—Exploración de la región de Puracé. Servicio Geológico Nacional. *Informe número 243*.
- KEILHACK CONRADO.—*Tratado de Geología Práctica*. Barcelona. Gustavo Gili, editor. Pp. 241-262.
- KARDOS SZADECKZY ELEMER.—*Geokemia*. Akademia Kiado. Budapest, 1955. Pp. 298.
- OPPENHEIM VICTOR.—*The volcano of Puracé*. American Journal of Science. Vol. 248, pp. 171. New Heaven, Connecticut, 1950.
- WOKITTEL ROBERTO.—*Recursos minerales de Colombia*. Tomo X. Pp. 215.
- YOUNG J. GEORGE.—*Elementos de minería*. Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1955.

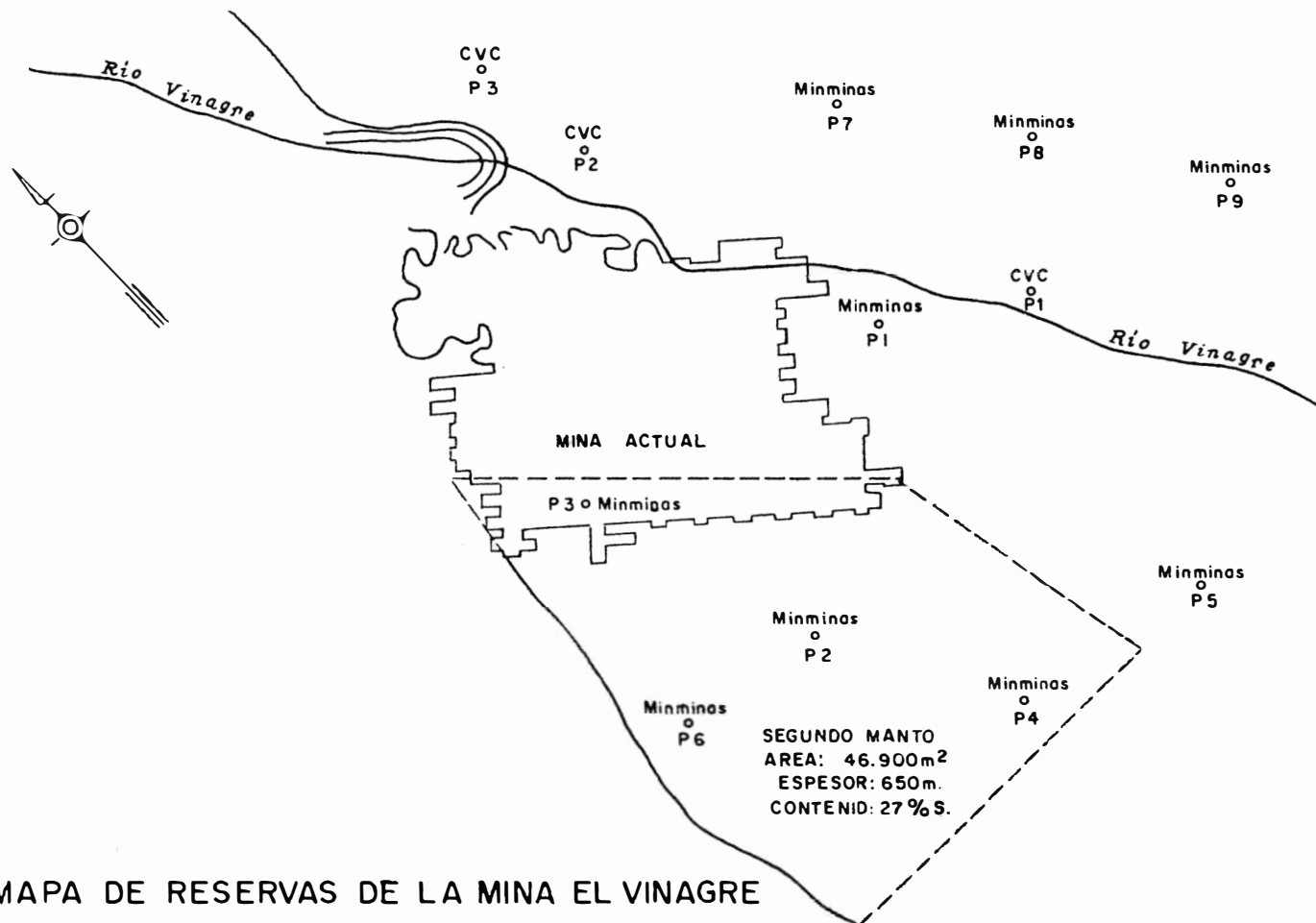






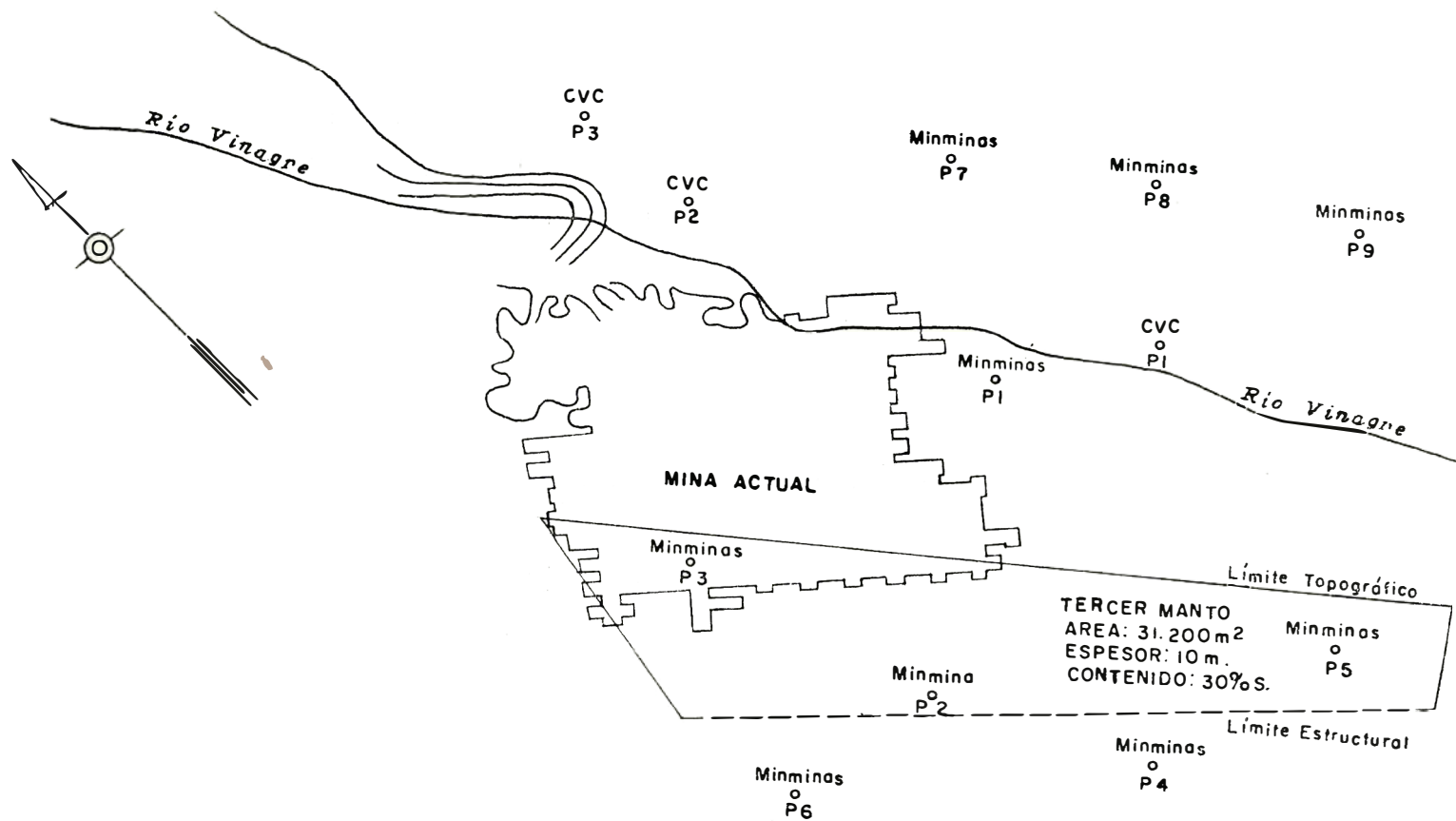
MAPA DE RESERVAS DE LA MINA EL VINAGRE
PURACE—PRIMER MANTO
(Departamento del Cauca)





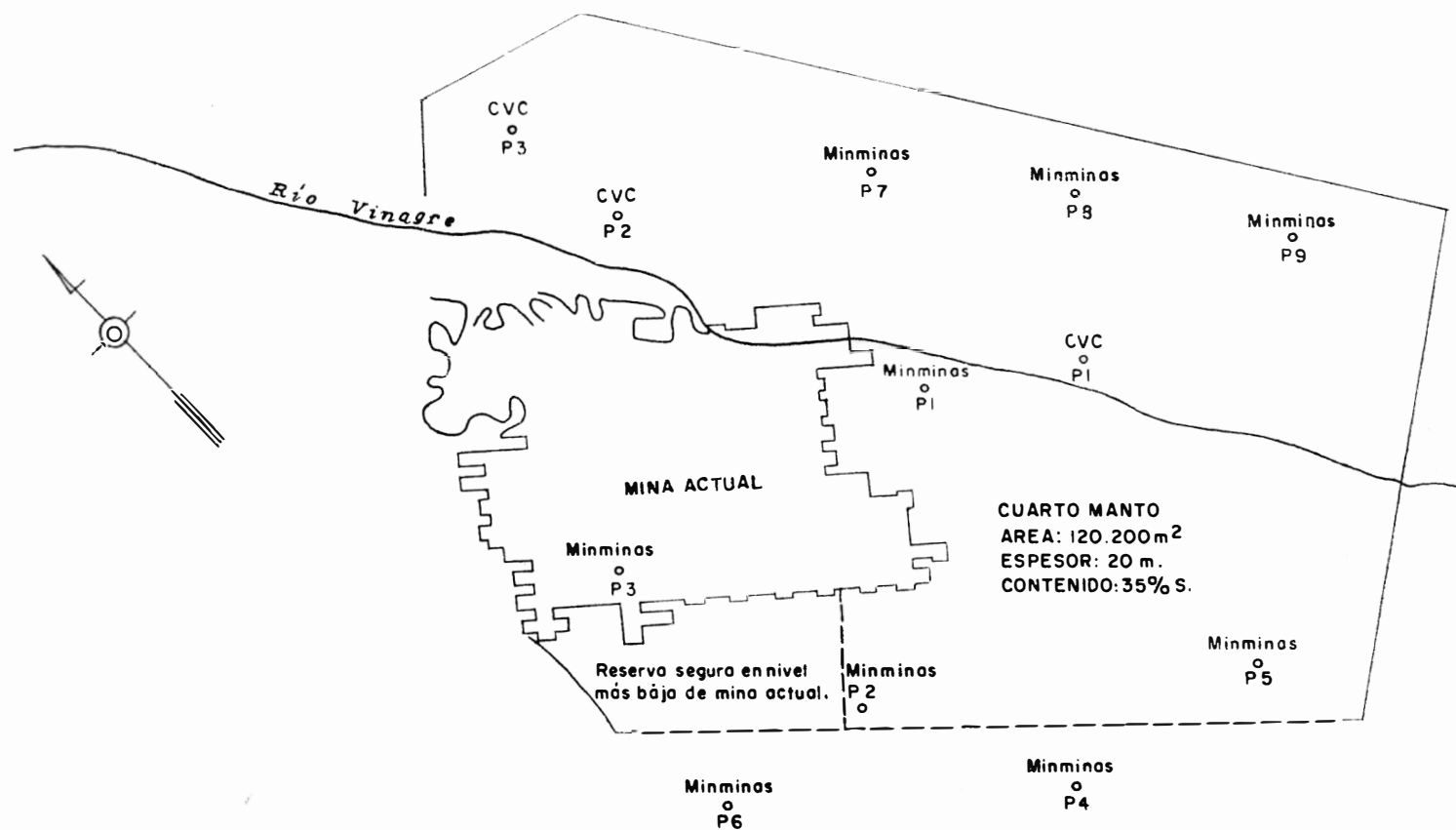
MAPA DE RESERVAS DE LA MINA EL VINAGRE
PURACE—SEGUNDO MANTO
(Departamento del Cauca)





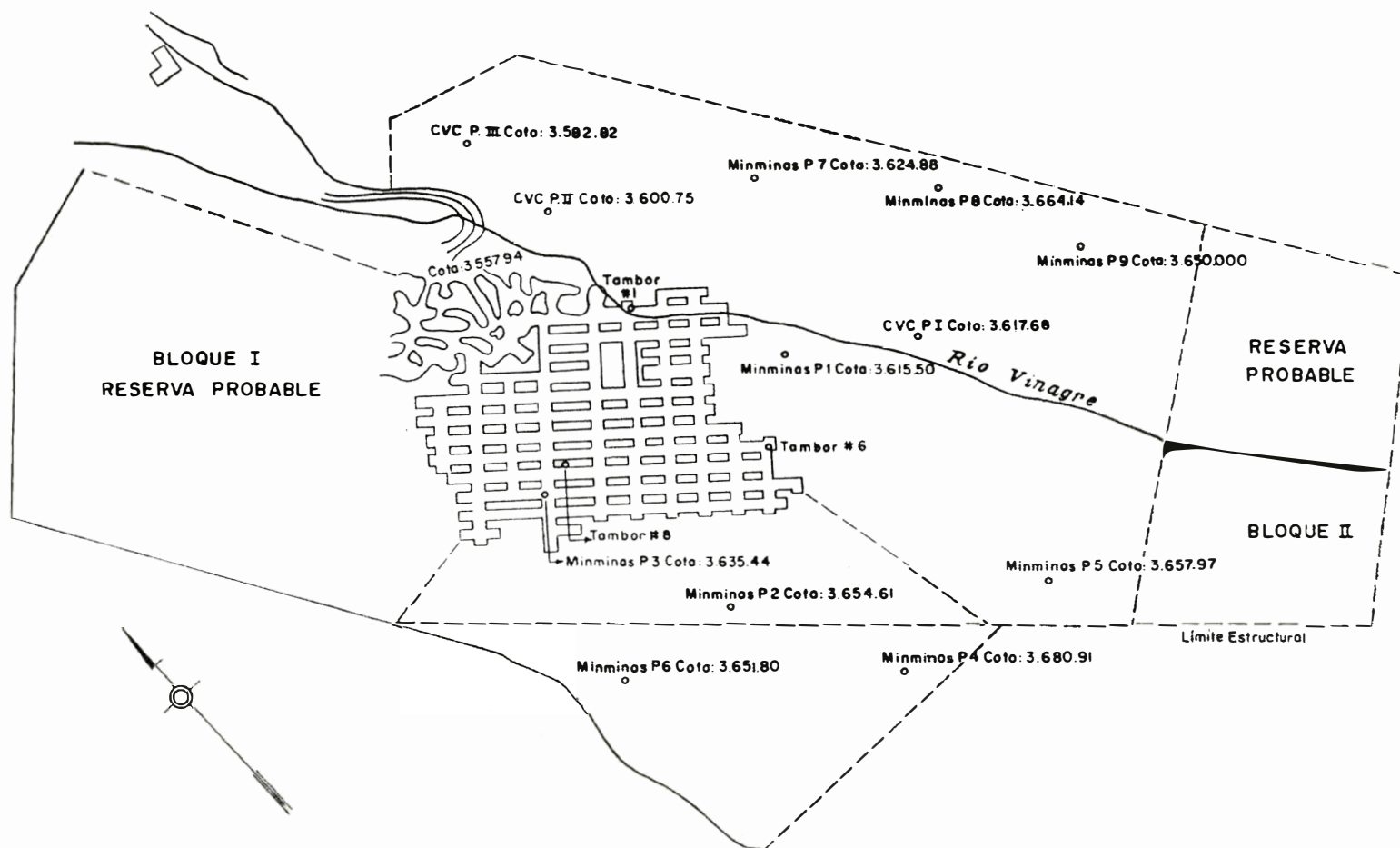
MAPA DE RESERVAS DE LA MINA EL VINAGRE
PURACE—TERCER MANTO
(Departamento del Cauca)





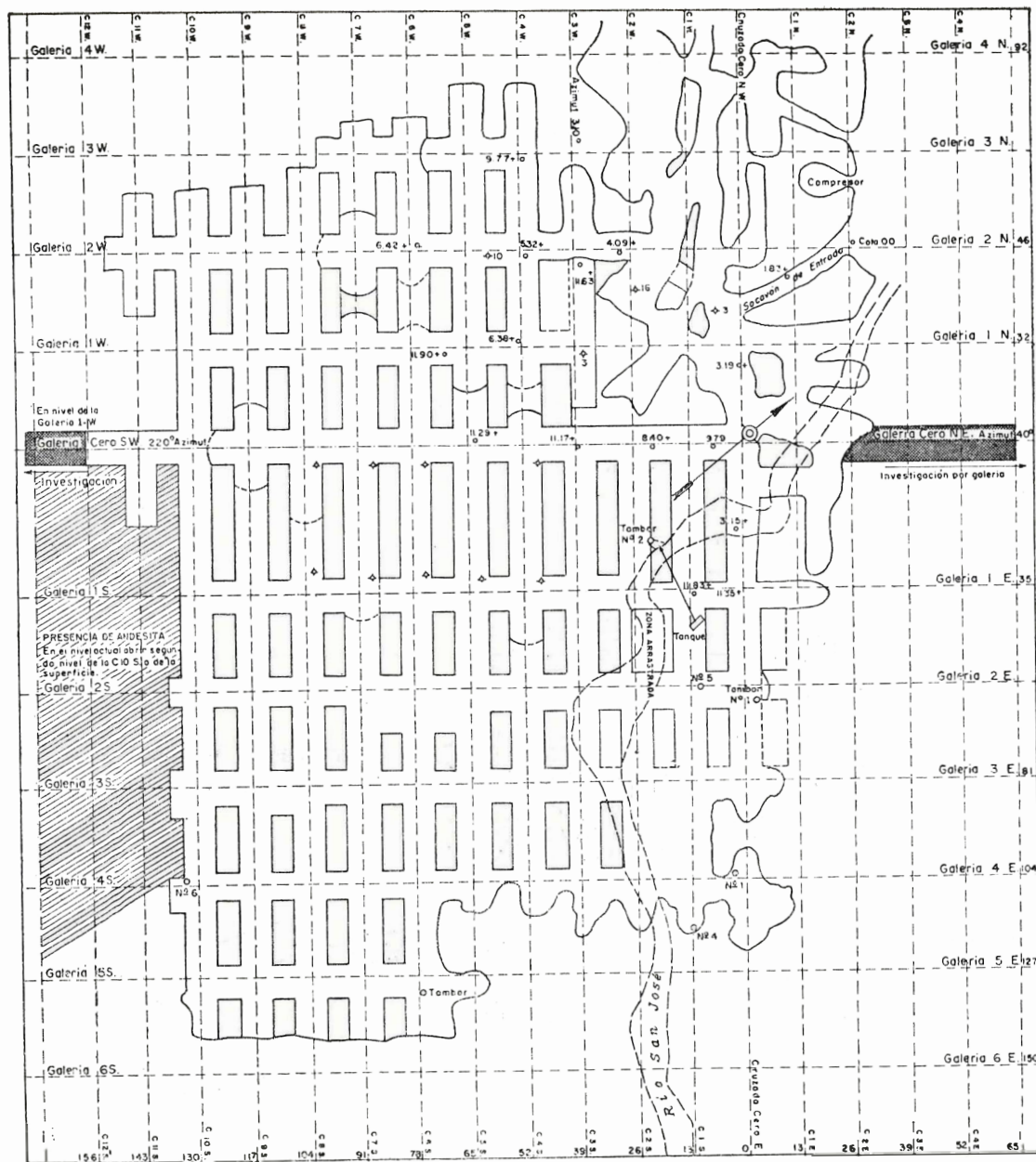
MAPA DE RESERVAS DE MINA EL VINAGRE
 PURACE-CUARTO MANTO
 (Departamento del Cauca)



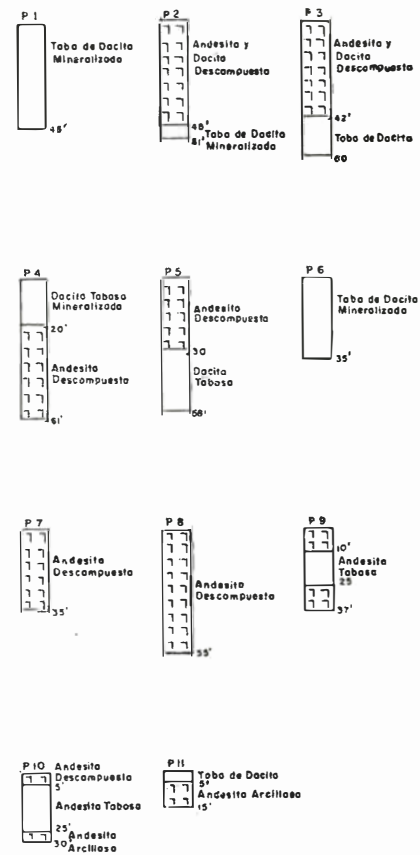


MAPA DE PERFORACIONES CON RESERVAS PROBABLES
MINA DE EL "VINAGRE" (PURACE)



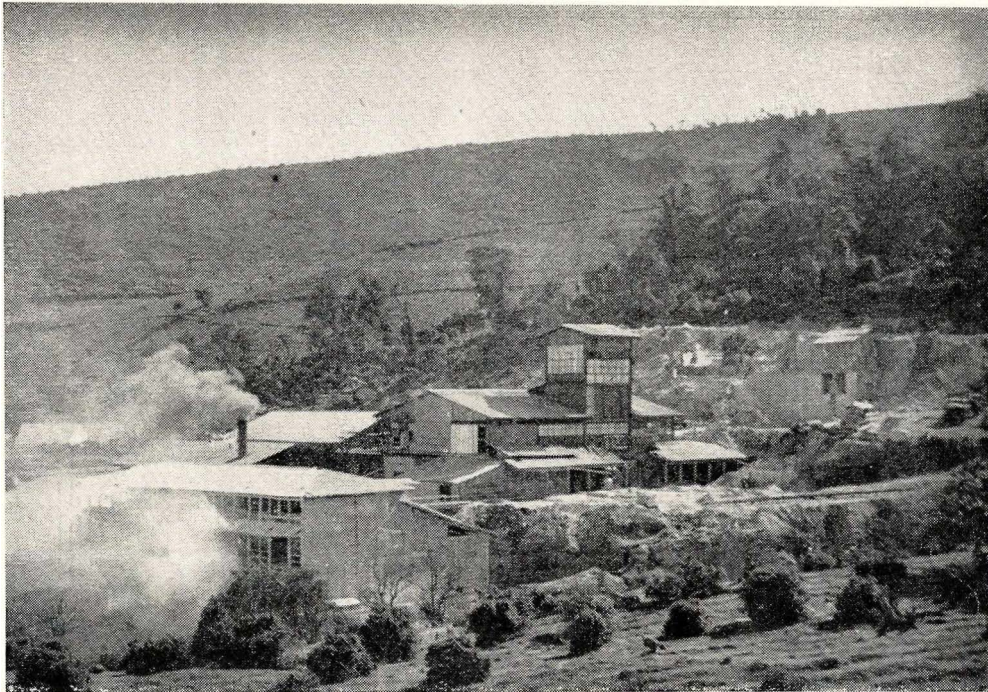


PERFORACIONES EN EL POZO DE LA MINA

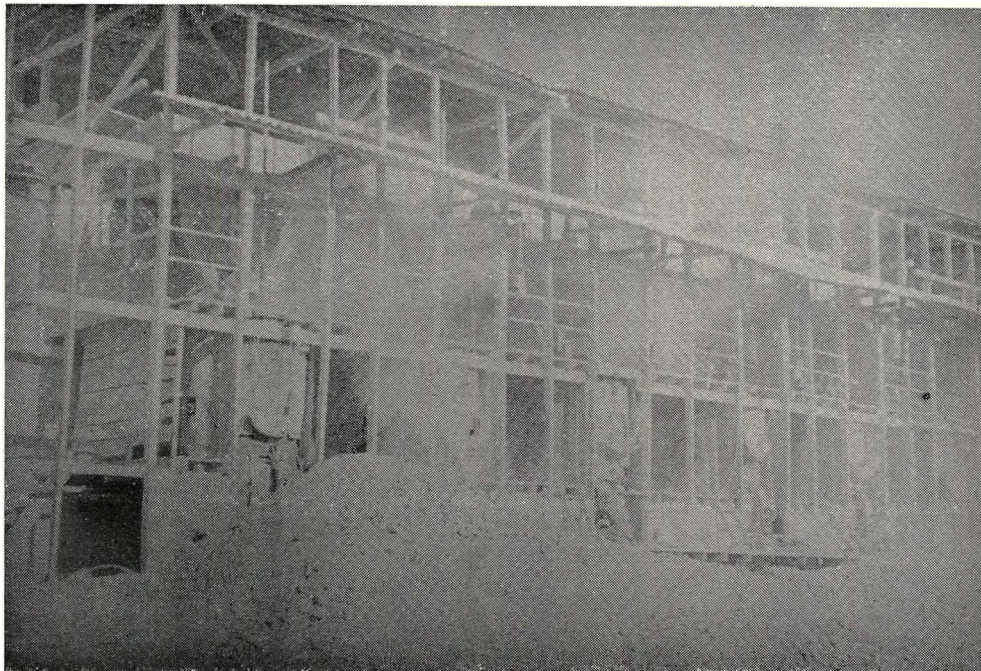


MINA DE AZUFRE EL VINAGRE (Puracé)

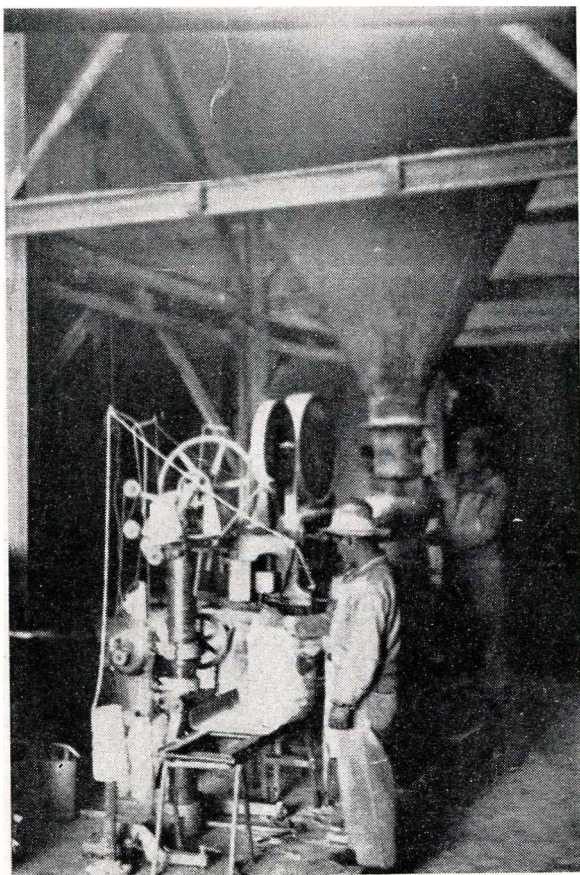




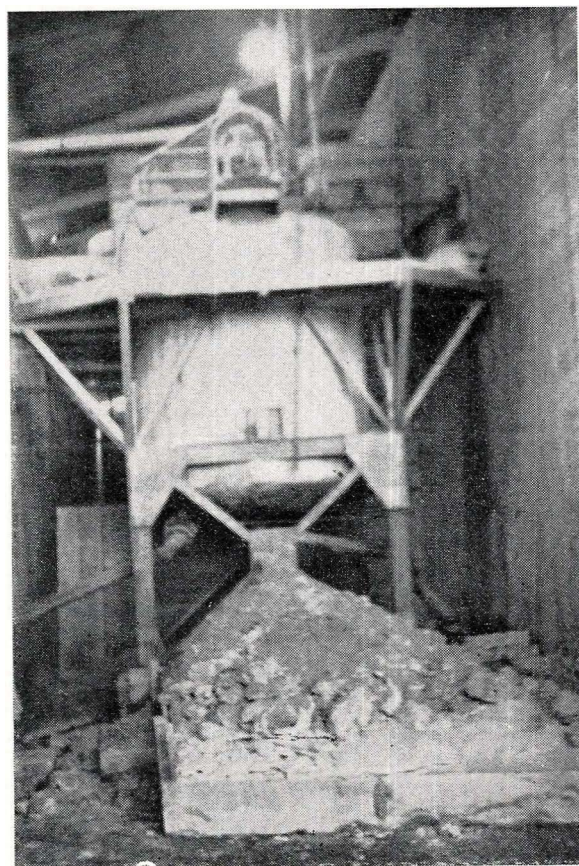
La planta de recuperación.



Autoclaves.



Empaque de azufre.



Autoclave japonés.