

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Minería

GEOLOGIA Y MINERIA DE LA MINA CAUDALOSA GRANDE

TESIS DE GRADO

BLADIMIRO SANCHEZ AGUILAR

Promoción: '59

LIMA - PERU

1966

INDICE GENERAL

PREFACIO

SUMARIO Y CONCLUSIONES

PRIMERA PARTE

ASPECTO GENERAL

1°.- SECCION: GENERALIDADES

Capítulo I La Mina Caudalosa Grande

- 1.- Situación y medios de comunicación
- 2.- Clima y vegetación
- 3.- Condiciones generales
- 4.- Descripción de la propiedad minera
- 5.- Historia

2°.- SECCION: GEOLOGIA

Capítulo II Fisiografía

Capítulo III Geología Regional

- 1.- Estratigrafía
 - A.- Rocas sedimentarias
 - B.- Grupo volcánico
 - C.- Depósitos modernos
- 2.- Rocas Igneas
- 3.- Geología Estructural
- 4.- Geología Histórica

Capítulo IV Geología Económica

- 1.- Características generales del yacimiento

- 2.- Estudio de las fracturas Caudalosa y San Pedro
 - A.- Generalidades
 - B.- Veta Caudalosa
 - C.- Veta San Pedro
- 3.- Mineralización Hipógena (Primaria) de las fracturas
 - A.- Mineralogía
 - B.- Distribución de los minerales y valores
 - a.- Minerales hipógenos en general
 - b.- Minerales hipógenos individuales
 - C.- Textura de los minerales
 - D.- Paragénesis de los minerales
 - E.- Alteración de la roca encajonante
- 4.- Controles estructurales y petrográficos
- 5.- Afloramientos
- 6.- Oxidación de los sulfuros y enriquecimiento supérgeno
- 7.- Profundización de la mineralización
- 8.- Reservas de mineral
 - A.- Principios generales:
 - a.- Muestreo
 - b.- Clasificación del mineral
 - c.- Gravedad específica

- d.- Dilución, potencia de las vetas y castigo de las leyes
- e.- Valor de la unidad de cada metal
- f.- Costo de Operación
- g.- Mineral que entra a las reservas
- h.- Cuadros de reservas de mineral

3°.- SECCION: MINADO SUBTERRANEO EN EL YACIMIENTO DE CAUDALO SA

Generalidades

Capítulo V Prospección y Exploración

- 1.- Consideraciones generales
- 2.- Programa

Capítulo VI Desarrollo

- 1.- Generalidades y método empleado
- 2.- Descripción de las labores de desarrollo
 - A.- Pique 3E
 - B.- Cortadas, galerías y laterales
 - C.- Chimeneas
 - D.- Estocadas
- 3.- Consideraciones del equipo empleado
- 4.- Programa
- 5.- Cuadros estadísticos de desarrollo

Capítulo VII Preparación y Tajeado

- 1.- Consideraciones generales
- 2.- Descripción del método de tajeado: "Tajeo

ascendente por corte y relleno con techo inclinado"

A.- Preparación del tajeo

B.- Arranque del mineral

C.- Extracción del mineral

D.- Sostenimiento del tajeo

3.- Seguridad y supervisión

4.- Equipo empleado

5.- Factores influyentes en el método de tajeado

Capítulo VIII Servicios auxiliares de la mina

1.- Transporte y extracción del mineral

A.- Transporte subterráneo

B.- Izaje del mineral a superficie

2.- Aire comprimido para la mina

A.- Equipo empleado

B.- Izaje del mineral y su transporte exterior

3.- Drenaje de la mina

4.- Ventilación de la mina

SEGUNDA PARTE

PROYECTO DE EXPLOTACION

NIVEL 490 VETA CAUDALOSA

Necesidad de un nuevo método de explotación

Capítulo IX Crítica del método de explotación: "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo inclinado"

- 1.- Consideraciones generales
- 2.- Condiciones de aplicación
- 3.- Recuperación y pérdidas de mineral en la explotación
- 4.- Personal empleado. Velocidad de avance. Rendimiento hombre-guardia
- 5.- Seguridad del personal en los tajeos
- 6.- Características favorables en este método
- 7.- Desventajas del método
- 8.- Problemas en la explotación

Capítulo X Elección de un nuevo método de explotación: "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal"

- 1.- Consideraciones generales
- 2.- Condiciones de aplicación
- 3.- Estudio del método de explotación:
 - A.- Preparación del tajeo
 - B.- Arranque

C.- Extracción del mineral

D.- Sosténimiento del tajeo: Empleo de pernos de roca (Rock bolts) y relleno de los espacios vacíos

4.- Equipo y material empleado

5.- Recuperación y pérdidas de mineral en la explotación

6.- Personal empleado. Velocidad de avance. Rendimiento hombre-guardia

7.- Seguridad del personal

8.- Características favorables del método

9.- Desventajas del método

10.- Inversiones nuevas

Capítulo XI Costos de Operación en los dos métodos de tajeados

1.- Generalidades

2.- Costo de operación en el método "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo inclinado"

3.- Costo de operación en el método "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal"

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

FOTOGRAFIAS

GRAFICOS

MAPAS

PLANOS

PREFACIO

Este trabajo que presento como proyecto para obtener mi grado de Ingeniero de Minas, corresponde al inicio de mi carrera profesional efectuada en la Mina Caudalosa Grande de "Corporación Minera Castrovirreyña S.A." Los dos años de estadía en este yacimiento dedicados al trabajo práctico decidieron que efectuase un estudio teórico de él que he terminado y pongo a consideración de Uds.

Las dificultades naturales por falta de Laboratorios y gabinetes para llegar a conclusiones científicas las he superado mediante ayuda de estudios científicos en minas similares.

Este trabajo consta de dos partes, la primera dedica da al conocimiento general del yacimiento que comprende tres secciones: Generalidades que trata del conocimiento geográfico del yacimiento y de la historia de la propiedad.

La siguiente sección es Geología que estudia el aspecto geológico del yacimiento, describiendo lo conocido para llegar a conclusiones de carácter estructural, histórico y económicas, para terminar conociendo las reservas de mineral de la mina.

La última sección Minado Subterráneo en el Yacimiento de Caudalosa, describe el método de explotación que se emplea en la mina.

La segunda parte de este trabajo después de hacer una crítica del método actual de explotación, analiza las ven

tajas y desventajas que tiene para llegar a la conclusión que por razones de carácter económico y de orden social es necesario el cambio del método de explotación a uno más eficiente y de menor costo. Continúa con el estudio del nuevo método de explotación elegido para conocer sus ventajas en el aspecto técnico y económico, este último por medio de los costos en las operaciones de tajeado.

Al tratar estos temas en la forma limitada que lo hago, pido disculpas por las omisiones cometidas.

Finalmente agradezco sinceramente al Ing. Ernesto Beartl por las facilidades prestadas, así también al Ing. Alfredo Patrucco, Ing. Carlos Alvarado P. e Ing. Jorge Delgado R. En forma especial al Ing. Eli Rocha Velásquez por la valiosa ayuda que me ha prestado al revisar mi trabajo.

BLADIMIRO SANCHEZ A.

Lima, Mayo de 1966.

SUMARIO Y CONCLUSIONES

1.- La mina Caudalosa Grando se encuentra situada en la región minera de Castrovirreyna, perteneciente al distrito de Pilpichaca, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica, con la siguiente posición geográfica:

13° 11' 09.68" de Latitud Sur

72° 12' 01.34" de Longitud Oeste de Greenwich

y a una altura promedio de 4,640.00 m. s. n. m.

2.- Tiene como única vía de comunicación la terrestre, con dos itinerarios diferentes: Lima-Pisco-Castrovirreyna-Caudalosa y Lima-Huancayo-Huancavelica-Caudalosa. Esta mina está ubicada en la zona de Puna o Alto Andina, y tiene un clima frígido con dos épocas bien marcadas: época de lluvias de Octubre a Mayo y la época de sequía de Mayo a Septiembre.

3.- La región es pobre en recursos naturales, su flora es escasa, no tiene agricultura, su ganadería se reduce a los auquénidos, mano de obra escasa y deficiente. Enfermedades frecuentes las bronco-pulmonares.

4.- Con respecto a la historia de la mina, es posible que fue explotada desde la época Incaica, pero durante la Colonia desde 1,591 se conoció y explotó el asiento minero de Castrovirreyna. En el S. XVIII Caudalosa contaba con Planta de Beneficio ubicada a orillas del río Sinto. Durante la República se siguió explotando la mina Caudalosa y en 1,850 el Coronel

Salaverry era el dueño de este yacimiento; a fines del S. XIX fue adquirida por la familia Picasso formándose la Sociedad Minera Caudalosa con el Sr. Arias-Carracedo, quien poco tiempo después vendió sus acciones a la familia Picasso constituyéndose la empresa como Corporación Minera Castrovirreyna S.A. El progreso de la mina ha continuado y actualmente explota 250 T.M. de mineral que se benefician en su planta de Concentración.

5.- La región presenta rasgos fisiográficos propios de la zona alta de la Cordillera. La Cordillera Occidental cruza la provincia de Castrovirreyna de S.E. a N.O. y sus cumbres forman la línea del divortium aquarum de las aguas del Pacífico y Atlántico. La Cordillera en esta región ha sufrido erosión intensa desde que emergió del mar en la época Senónica hasta terminar el gran levantamiento de los Andes a fines del Terciario Superior y Cuaternario. En la época Cuaternaria se encontró cubierta por glaciares que al desaparecer dejaron expuestas sus superficies a los agentes de denudación. Actualmente se forman sedimentos modernos en las cuencas de las lagunas cuyos desagües forman importantes ríos, el Pampas y Sinto.

6.- Esta región se encuentra cubierta por gruesos mantos volcánicos en discordancia con las rocas sedimentarias que afloran a la periferie de esta formación. Se ha identificado calizas del Senónico (Cretácico Superior) y Capas Rojas del Terciario Inferior.

Las rocas volcánicas presentan estructura estratifi-

cada y son de composición variada siendo la más abundante la andesita. La formación volcánica se le puede clasificar perteneciente al Terciario Medio.

7.- En la quebrada de Ancucucho se ha reconocido el afloramiento pequeño de un intrusivo clasificado como Micrograno.

8.- Los derramos volcánicos tienen un espesor aproximado de 1,000 m. y se encuentran cruzados por fracturas y fallas, muchas de ellas mineralizadas. Las fracturas del yacimiento de Caudalosa se han formado por esfuerzos de tensión y corte encontrándose ordenadas en el tipo de estructuras "en echelón".

9.- Es difícil conocer la Geología Histórica de la región porque los mantos volcánicos cubren las rocas más antiguas pero se puede hacer una correlación a partir del Cretácico Superior durante el cual emergió los Andes del mar. A fines del Cretácico y comienzos del Terciario Inferior se produjo una nueva trasgresión. En el Eocénico Medio se produjo un plegamiento muy intensivo, seguido de un volcanismo muy intenso que alcanzó hasta el Oligocénico durante el cual se ha formado el "grupo volcánico" de Castrovirreyna. Después se produjo plegamiento e intrusión de cuerpos ígneos pequeños a las rocas volcánicas durante el Oligocénico. Siguió una etapa de erosión continental y fallamiento en bloques durante el Miocénico Superior o Pliocénico Inferior. Siguió el levantamiento de los

Andes; fallamiento normal y plegamiento subordinado durante el Pliocénico y Cuaternario.

10.- El yacimiento Caudalosa es de origen Hidro termal perteneciente al tipo de yacimiento Epitermal que se ha formado a poca profundidad y baja temperatura.

11.- El yacimiento Caudalosa está formado por dos fracturas, Caudalosa y San Pedro, originadas por esfuerzos de tensión y corte.

12.- La fractura Caudalosa tiene un rumbo promedio de N. $66^{\circ} 00'$ O., buzamiento variable de 73° S. a 70° N. y potencia promedio de 1.60 m. Presenta las estructuras tipo "anillo cimoides" y "en echelón" con salto al sur. Tiene cajas formadas y bien definidas con débil alteración por acción de las soluciones mineralizantes, no hay reemplazamiento. Las cajas han sufrido desplazamiento presentando panizo con espejos y estrías.

13.- La fractura San Pedro tiene un rumbo promedio de N. $66^{\circ} 15'$ O., buzamiento variable de 62° S. a 70° N. y potencia promedio de 1.5 m. Presenta la estructura "en echelón" con salto al sur. Tiene cajas bien formadas y definidas, que presentan menor alteración que en la anterior estructura. Las cajas han sufrido movimientos que han formado panizo con espejos y estrías.

14.- En las dos vetas se ha reconocido 22 minerales hipógenos siendo los de mayor valor económico por su ley y a-

bundancia los siguientes: tetraedrita, galena, esfalerita, chalcopyrita, polibasita y pirargirita.

Estos minerales se han depositado en las fracturas formando masas informes, hilos y bandas de potencia variable. En las dos vetas se reconoce la existencia de "clavos de mineral", dos en Caudalosa y uno en San Pedro, sin tener mayor conocimiento de ellos.

15.- Los minerales tienen textura variable: crustificada, compacta, en escarpola y lamelar. El reconocimiento de la paragénesis o deposición de los minerales es incompleto sabiendo sólo que han ocurrido varias fases de mineralización con soluciones de diferente naturaleza, las que han originado una débil alteración en la roca encajonante: silicificación, kaolinización y ceritización.

16.- Las vetas presentan las siguientes propiedades:

- .- La veta Caudalosa en el nivel 490 presenta gradual pérdida de potencia con cambio de buzamiento al Norte.
- .- La roca encajonante no cambia sino en niveles profundos mayores a los 1,000 m.
- .- Los afloramientos de las vetas no presentan sus materiales propios que han desaparecido por el trabajo

jo.

.- No se ha reconocido disposición zonal de los minerales, identificándose sólo la zona de minerales primarios o hipógenos.

.- Los minerales forman cuerpos mineralizados que se conocen con el nombre de "Clavos".

17.- La profundización o terminación de la mineralización es difícil de predecir, conociendo sólo que las estructuras, la roca encajonante y la mineralización no han sufrido cambio en profundidad que signifique no poder encontrar mineral a mayor profundidad.

18.- En la determinación de las Reservas de Mineral de la mina, se tiene la siguiente clasificación:

Mineral Probado

Mineral Probable y

Mineral Posible.

Para los metales se considera los siguientes precios:

Pb	12.5	¢/lb.	Ag.	102.2	¢/Oz.
Zn.	9.5	¢/lb.	Au.	35.0	¢/Oz.
Cu.	28.5	¢/lb.			

que se emplea para obtener el valor de los coeficientes por unidad de cada metal:

Pb. 1% on T.M. \$ 0.512 Ag. 1 Oz. on T.M. \$ 0.822

Zn. 1% en T.M. \$ 0.286 Au. 1. Oz. on T.M. \$11.851
Cu. 1% " \$ 3.527

19.- El costo de Operación asumido por T.M. de mineral explotado es de \$ 8.73 y toda tonelada de mineral con un valor igual o mayor a esta cantidad más el 20%, es decir \$ 10.48, forma las reservas de Mineral Probado Comercial.

20.- El minado subterráneo en el yacimiento de Cauda losa comprende las siguientes operaciones:

Prospección y Exploración

Desarrollo

Preparación y Tajeado.

21.- La prospección está limitada a la búsqueda subterránea de nuevas vetas. La exploración que debe poner al descubierto nuevas estructuras mineralizadas, se realiza por galerías, cortadas, laterales y por la lumbrera 3E., labores que son a la vez desarrollo de la mina, pues forman los caminos de acceso y transporte de mineral.

22.- Los trabajos de prospección, exploración y desarrollo están sujetos a un programa que se elabora a principios de cada año y se trata de realizar.

23.- El método de tajeado en este yacimiento es conocido con el nombre de "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo inclinado", en bloques de 30 m. de largo por 40 m. de alto.

En este método durante su laboreo se emplean las siguientes

operaciones: Preparación.

- Arranque

- Extracción y

- Sostenimiento

- La preparación sigue dos procedimientos: a) Por medio de subniveles a cada lado de la chimenea central de donde empieza el arranque del mineral y

 - b) Corte desde el techo de la galería.

- El arranque del mineral se hace en capas oblicuas de 1.5 m. de alto y 1.5 m. de largo hasta alcanzar 15 m. de longitud.

- El mineral derribado se echa a la chimenea de extracción por lampeo a pulso y el espacio vacío se rellena con roca estéril.

En este método de explotación, un tajeo tiene dos chimeneas de relleno y una chimenea de extracción de doble compartimiento.

24.- Los trabajos tienen seguridad y fácil supervisión.

25.- Los trabajos de explotación tienen eficientes servicios auxiliares:

- Transporte de mineral en el interior de la mina por carros mineros y locomotora a batería.

- Izaje del mineral a superficie por medio de un winche con jaula sin contrapeso instalado

en el pique 3E.

- Planta de compresoras que suministra aire comprimido para el trabajo y ventilación de la mina.
- Cámaras de bombeo y bombas centrífugas en el interior de la mina para extraer el agua a superficie.
- Ventilación natural de la mina controlada por puertas.

26.- El estudio crítico del método de explotación en uso "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo inclinado" nos muestra las siguientes propiedades más importantes:

- Se aplica bajo condiciones de buzamiento, rumbo, potencia, naturaleza del mineral y roca encorajante que se pueden calificar como buenas para este método.
- Tiene una recuperación incompleta del mineral, debido a pérdidas en puentes, pilares y finos.
- Cada tajeo emplea cuatro hombres obteniendo una velocidad promedio de arranque de un disparo cada 3.2 guardias con un rendimiento promedio de 0.764 T.M. de mineral por hombre-guardia.
- La seguridad de trabajo es menor que en otros métodos por tener el piso y techo inclinados,

el sostenimiento difícil y dos puntos de arranque en un tajeo.

- Como ventajas tiene un bajo costo de preparación, arranque, extracción y sostenimiento. Buena ventilación, el mineral es fácil de extraer y los espacios vacíos se rellenan.

Como desventajas en su aplicación, no permite el escogido del mineral en la labor, el mineral arrancado se diluye y pierde, su rendimiento es bajo y limitado por hombre-guardia, hay inseguridad en el trabajo y presenta dificultad por tener el piso inclinado y por último su adaptación a las irregularidades del yacimiento no es fácil.

27.- El nuevo método de explotación elegido "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal", en bloques de 30 m. de largo por 40 m. de alto.

28.- Las condiciones de aplicación del nuevo método son las mismas, y su aplicación comprende las siguientes operaciones:

Preparación
Arranque
Extracción y
Sostenimiento.

La preparación de un tajeo sigue dos procedimientos:

- a) Corriendo un subnivel horizontal a lo largo del tajeo y dejando un puente con la galería, de donde se empieza el arranque.
- b) Corte a partir del techo de la galería sin dejar el puente.

El arranque del mineral se hace en capas horizontales de 2.1 m. de alto por 2.4 m. de largo hasta alcanzar la longitud del tajeo 30 m. Se usa un piso de tablas.

El mineral arrancado se transporta a la chimenea de extracción por medio de un cucharón o rastrillo mecánico.

- El sostenimiento de las paredes del tajeo se hace con pernos para roca de alta tensión.

Los espacios vacíos dejados por el mineral se rellenan con desmonte.

En este método de explotación, un tajeo tiene una chimenea de relleno y una chimenea de extracción de doble compartimento.

29.- La aplicación de este método requiere del em-

pleo de las máquinas y herramientas usadas en el método anterior y de nuevas máquinas:winche de dos tambores con rastrillo, máquina empernadora, llave torque y gata hidráulica.

30.- El estudio analítico del nuevo método de explotación "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal" nos muestra las siguientes propiedades más importantes:

- Mejor recuperación del mineral que en el método anterior. Se eliminan pérdidas por pilares, los puentes se recuperan fácilmente y el mineral fino se pierde menos por el uso de pisos artificiales. La dilución del mineral se compensa con el escogido del mineral en la labor.
- Emplea dos hombres por tajeo, obteniendo una velocidad de arranque de un disparo cada 2.3 guardias con rendimiento de 3.2 a 2.6 T.M. de mineral por hombre-guardia.

Las condiciones de seguridad son mejores que en el método anterior. Se controla fácilmente las cajas y su sostenimiento es fácil.

- Sus principales ventajas son: elevado porcen-

taje de recuperación de mineral, extracción rápida y selectiva, arranque selectivo del mineral, relleno de los espacios vacíos, poco consumo de madera, mayor seguridad de trabajo, buena ventilación, emplea menos personal y consigue mayor rendimiento por hombre-guardia con menor costo de tajeado, y es fácilmente cambiabile por otro.

Como desventajas tiene: los espacios vacíos son más difíciles de rellenar, siempre se producen pérdidas de mineral, el relleno que se emplea es costoso, se tienen que hacer nuevas labores para el relleno, cada tajeo tiene rendimiento limitado, se presentan dificultades con el acarreo de mineral y el transporte de desmonte en el interior de la mina, se necesita personal más capacitado, en el sostenimiento se emplean pernos que son importados y se necesitan hacer inversiones nuevas en máquinas y herramientas.

31.- El Costo de Operación de "Corporación Minera Castrovirreyna S. A." está formado en la siguiente forma:

Costo de Operación: Costo de Minado
Costo de Beneficio
Costo de Desarrollo
Gastos Generales.

Costo de Minado: Costo de Tajeado
Gastos Distribuibles
Gastos Directos.

Costo de Tajeado: Costo de Arranque
Costo de Extracción
Costo de Sostenimiento.

32.- Los costos del método de explotación en uso en cinco años son:

Año	Costo de Operación	Costo de Minado	Costo de Tajeado
1,961	\$197.00	\$121.10	\$ 39.29
1,960	"134.18	" 87.99	" 32.72
1,959	"132.28	" 88.86	" 26.68
1,958	"125.94	" 90.32	" 37.47

33.- El Costo de Operación del nuevo método de explotación es diferente debido a su costo de tajeado diferente, considerando el resto de costos iguales. El nuevo Costo de Tajeado por sus gastos es el siguiente:

Jornales	\$ 10.32	por T. M.
Materiales	\$ 23.15	"
Varios	\$ 2.57	"
<hr/>		
COSTO DE TAJEADO:	\$ 36.04	por T. M.

El Costo de Minado es:

Costo de Tajeado	\$ 36.04	
Gastos Distribuibles	\$ 53.87	
Gastos Directos Mina	\$ 27.94	
<hr/>		
COSTO MINADO-----	\$ 117.85	por T. M.

Y el nuevo Costo de Operación es:

Costo Minado	\$ 117.85	
Costo Beneficio	\$ 56.65	
Costo de Desarrollo	\$ 3.02	
Gastos Generales	\$ 16.32	
<hr/>		
COSTO DE OPERACION :	\$ 193.84	por T. M.

34.- Concluyendo que el nuevo método de explotación elegido "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal" es más eficiente por tener un mayor rendimiento hombre-guardia y más económico porque el Costo de Operación es menor.

PRIMERA PARTE

ASPECTO GENERAL

SECCION I

GENERALIDADES

CAPITULO I

LA MINA DE CAUDALOSA GRANDE

1.- Situación y medios de comunicación

Los yacimientos de minerales de la Corporación Minera Castrovirreyna S. A. se encuentran ubicadas en la región minera de Castrovirreyna, que pertenece al distrito de Pilpichaca, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huanavelica.

Estos yacimientos están formados por: Mina Caudalosa Grande, mina Reliquias y mina Madona; teniendo la mina Caudalosa Grande la siguiente posición geográfica:

13° 11' 09.68" de Latitud Sur
72° 12' 01.34" de Longitud Oeste de Greenwich

Dichos datos se han obtenido del Servicio Geográfico Nacional del Ejército.

La mina Reliquias, se encuentra aproximadamente al S. 53° W. a 4.5 Km. en línea recta de Caudalosa y la mina Madona, se encuentra aproximadamente al N. 80° E. a 1.75 Km. en línea recta de Caudalosa.

Ver Mapa Geográfico Región Minera de Castrovirrey-
na N^o 37.- Plano Geológico Región Minera de Castrovirrey-
na. Provincia Castrovirrey, N^o 41.- Plano de Minas Región Mine-
ra de Castrovirrey. Provincia de Castrovirrey, N^o 38.

Las instalaciones de la compañía, así como la cor-
tada Edelweis que da acceso al Pique 3 E se encuentran a
4,640.0 m. sobre el nivel del mar.

En Caudalosa se ha registrado una declinación mag-
nética variable en diferentes años, conociéndose las siguien-
tes:

año de 1929	9°	36'	57"
año de 1955	5°	12'	16"
año de 1959	5°	57'	para el mismo

lugar.

Caudalosa, en la actualidad, sólo cuenta con la
vía de comunicación terrestre, que le da acceso de Pisco en
la Costa y de Huancavelica en el Centro.

Si partimos de Lima, se puede determinar dos iti-
nerarios de viaje a Caudalosa. El primer itinerario vía
Pisco es el más corto y se puede realizar en automóvil o ca-
mioneta.

El siguiente cuadro resume el viaje de Lima a Caudalosa vía Pisco:

CUADRO 1

Itinerario a Caudalosa vía Pisco

<u>Viaje</u>	<u>Distancia</u>	<u>Tiempo H.</u>
Lima - Pisco	269.0	3
Pisco - Castrovirreyña	160.0	5
Castrovirreyña - desvío a Caudalosa	30.0	1
Desvío Caudalosa - mina Caudalosa	6.0	0.25
	<hr/>	<hr/>
Lima - mina Caudalosa	465.0	9.25

La Panamericana Sur que une Lima con Pisco es una pista con excelente asfalto y el servicio es diario y abundante. De Pisco a Caudalosa la carretera es afirmada y buena, salvo en épocas de lluvias, de Diciembre a Marzo, que se malogra un poco.

A la mina hay movilidad diaria, los camiones que sacan el concentrado de mineral a Pisco mantienen un servicio de transporte regular y eficiente.

El itinerario vía Huancayo es más largo y el viaje se puede realizar en tren, en automóvil o en camioneta. El siguiente cuadro resume el viaje Lima-Huancayo-Caudalosa:

CUADRO 2

Itinerario a Caudalosa vía Huancayo

<u>Viaje</u>	<u>Distancia Km.</u>		<u>Tiempo H.</u>	
	Carre.	Tren	Carret.	Tren
Lima - Huancayo	312	332	7.00	8.5
Huancayo - Huancavelica	130	142	3.00	3.5
Huancavelica - Desvío Caudalosa	92	-. -	2.25	-. -
Desvío Caudalosa - mina Caudalosa	0	-. -	0.25	-. -
Lima - mina Caudalosa.	540	474	12.50	12.0

El Ferrocarril Central del Perú brinda un buen servicio diario de pasaje y carga de gran volumen de Lima-Huancayo. De Huancayo a Huancavelica hay un buen servicio diario de tren y autovagón para pasajeros y carga. De Huancavelica a Caudalosa el viaje es por carretera afirmada contándose en la actualidad con servicio diario de ómnibus de Huancavelica - mina Caudalosa - Castrovirreyna, que contribuye grandemente al movimiento de pasajeros de esta región.

La Carretera Central en general es buena hasta Huancayo estando asfaltada de Lima a Casapalca y de La Oroya a Huancayo, siendo posible que muy pronto se termine el asfalto de toda la carretera Lima - Huancayo. De Huancayo a Huancavelica la carretera es afirmada y se mantiene traficable en época de sequía llegando a ser intransitable en época de lluvias y muchas veces a paralizar el tráfico debido a los frecuentes derrumbes que cubren la carretera.

2.- Clima y Vegetación

Esta región se encuentra en la zona de la puna o Alto Andina (Weberbauer) encima de los 4,600 m.s.n.m.

Debido a la falta de observatorios meteorológicos en la mina y en las cercanías, el clima de la región se va a estudiar por su posición geográfica, su altura, y por las observaciones ocasionales realizadas en la zona y en áreas parecidas.

El clima del lugar es frígido pudiéndose anotar los siguientes datos:

Temperatura media	12°C
Máxima en invierno (Julio 1957)	16°C
Mínima en invierno (Julio 1957)	-10°C

Temperatura en el mes más cálido 17°C
(Setiembre 1958)

Temperatura en el mes más frío
(Diciembre 1958) -12°C

La época de lluvias en la región, coincide con la estación de verano para el Hemisferio Sur.

La época de sequía es la estación de invierno y comprende de Mayo a Setiembre.

Las precipitaciones de verano influyen grandemente en la minería de la zona, las aguas meteóricas se infiltran por las fisuras y vacíos de las fracturas y atacan a los sulfuros descomponiéndolos, principalmente a la pirita y chalcopirita dando lugar a la formación de aguas ácidas. Estas aguas ácidas contienen cobre en las que el sulfato (Cu_2SO_4) diluido se reconoce por su color verduzco. Además, el agua dificulta las instalaciones, construcción y explotación de los tajeos en el interior de la mina, llegando a ocasionar desprendimientos de techos en los tajeos y galerías.

La Flora de esta región, que está ubicada muy por encima de los 4,600.0 m.s.n.m., es llamada por Weberbauer Alto Andina y se caracteriza por tener plantas arrosetadas y almohadilladas que apenas se elevan de la superficie del sue

lo. Sin embargo algunas gramíneas se elevan unos 50 cm. de la superficie de la tierra y crecen en forma de manojos separados (ichu).

La principal vegetación está formada por césped de puna (*Baccharis serpillifolia*), las gramíneas dispuestas en manajo, el ichu (*Festuca scirpifolia*); la Turbera *distichia*, conocida como champa, y la vegetación de las rocas y pedregales, formada por líquenes, briofitas y helechos.

3.- Condiciones generales

La Corporación Minera Castrovirreyna S. A., explota las propiedades mineras de Caudalosa, Reliquias y Madona en forma muy activa, encontrándose actualmente empeñada en aumentar su producción, contando para tal objeto con el equipo minero necesario sin llegar a una mecanización completa de sus trabajos.

Caudalosa cuenta con Casa de Fuerza que produce energía eléctrica a base de dos motores Diesel, Planta Compresora de Aire, Planta Concentradora de minerales por flotación, maestranza y talleres, y dentro de la mina, instalaciones de bombas de agua para el drenaje, y estaciones para cargar las baterías de las locomotoras eléctricas.

Reliquias y Madona cuentan con Planta Compresora de aire para los trabajos mineros de su respectiva zona.

Como se deduce de lo expuesto anteriormente, la región es pobre en recursos naturales, no tiene agricultura, ni bosques para extraer madera y tampoco ganadería salvo la de auquénidos (llamas, alpacas, etc.).

La mano de obra para la mina es muy escasa y deficiente, debido a lo cual se trae personal de regiones próximas mediante el sistema de "enganches". En general los productos alimenticios de primera necesidad se traen de Pisco, Huancayo y Lima, el personal obrero viene de Lircay, Huancayo u otras provincias más lejanas.

La maquinaria, equipo y combustible para la mina se aprovisiona por Pisco.

Caudalosa se encuentra rodeada de lagunas y glaciares, siendo el agua abundante en la zona; a pesar de ello, durante la "época de sequía" el agua aprovechable es escasa, por tal razón se ha tenido que hacer construcciones e instalaciones especiales para represar el agua, elemento indispensable para la Planta Concentradora, Casa de Fuerza, Compresoras y otros servicios importantes. Ver Fotografía N^o 4 y N^o 6.

Caudalosa se encuentra ubicada en la ladera SW del cerro Caudalosa, posición que no le permite utilizar las aguas de la laguna Orcococha con el fin de obtener energía eléctrica más barata; a la vez está en zonas de deshielos y los riachuelos que se forman son pequeños y no tienen un caudal de agua apreciable que pueda ser aprovechado en la instalación de una hidroeléctrica; sin embargo, se ha hecho estudios y proyectos preliminares del río Chiris, que queda aproximadamente a 20 Km. en línea recta al W de Caudalosa, con el objeto de conocer si se puede instalar una planta hidroeléctrica aprovechando sus aguas que son apreciables durante todo el año, la que proporcionaría energía más barata que la obtenida actualmente, prestaría servicios a otros centros mineros vecinos y pueblos del lugar, en especial a Castrovirreyna, capital de la provincia, la que contaría con adelanto y progreso.

Esta región, por la altura a que se encuentra, carece de enfermedades endémicas como verruga, paludismo y otras que son características de lugares más bajos. Debido a la altura y al frío, las enfermedades más frecuentes son del tipo bronco-pulmonares y la escasez de alimentos causa una marcada deficiencia en los niños y adultos. Estas enfermedades son responsables de la mayor parte de las defunciones en los niños.

4.- Descripción de la propiedad minera

Con el objeto de dar a conocer en forma amplia la mina Caudalosa, adjunto al presente estudio, planos de superficie y subterráneos y fotografías que en forma objetiva describen las propiedades de la Corporación. Fácil es imaginar que una descripción escrita de las propiedades de la Compañía sería muy larga, por lo que dejo el conocimiento de ellas a la información gráfica que acompaña al presente estudio.

5.- Historia

Es muy probable que el yacimiento de Caudalosa y en general algunos de la región de Castrovirreyña hayan sido trabajados durante la época Pre-Hispanica, explotación que pudo ser posible si se piensa que las vetas en aquella época tenían minerales superficiales muy ricos en plata, fáciles de tratar y extraer este metal precioso por los métodos que conocían y practicaran en esos años, hecho que está reforzado por la existencia de minas en la región, que llevan nombres en quechua como es el caso de la mina Astohuaraca; sin embargo, las noticias de ello son sólo simples comentarios. (Ing. A. Masías).

Durante la Colonia los yacimientos minerales de

la provincia de Castrovirreyna, fueron muy importantes por su contenido de minerales ricos en plata. Las minas más importantes se extienden alrededor de las lagunas: Orcococha (mina San Genaro, Madona y Caudalosa), Choclococha, San Francisco (mina Matilde), Pacococha (mina Carmen y Lira) y La Virreyna (mina Yunque y Moscardó).

Montesinos en sus "Anales del Perú" comenta:

"Año de 1591, era mucha la riqueza que se sacaba en el asiento de Castrovirreyna, que descubrió el año antes 23 de Setiembre Don Antonio PérezGriego".

"Era tanta la riqueza que el Virrey Garcia mandó formar allí un pueblo y nombró primer corregidor de él a Don Pedro Mesías de Córlova del hábito de Santiago, y Alguacil Mayor de la Real Audiencia de los Reyes".

En la "Memoria de los Virreyes" capítulo de los Mineros se lee:

"La ciudad de Castrovirreyna tuvo convento de Franciscanos, varias iglesias, un hospital y trabajaban 2,000 mitayos".

Según el historiador Don Ricardo Palma, la decadencia de Castrovirreyna comenzó en 1666. Carlos IV encomen

dó al Intendente Vivar, devolver el auge a Castrovirreyna pero no lo pudo conseguir".

Otro documento interesante que se ocupa de Castrovirreyna es el derrotero de Monroy, que es sin duda el primer intento en el ordenamiento de los distintos grupos mineros de la región y cuyo título es "Representación dirigida al Virreynato del Perú en Junio de 1769, para el restablecimiento del mineral de Castrovirreyna en el departamento de Huancavelica, fundada en el reconocimiento que hizo de ese mineral don Alvaro de Monroy".

En el siglo XVIII se instalaron las oficinas de beneficio de minerales de Santa Inés y San José, esta última se ubicó a orillas del río Sinto donde se beneficiaban los minerales de Caudalosa por lixiviación de hiposulfito de sodio con previo tostado clorurante.

En 1812 se publicó en Cádiz el Manifiesto del Intendente de Huancavelica Don Juan Vives de Echaverría con rasgos referentes al mineral de Castrovirreyna en el que se puede leer: "Ofrecí al Rey es verdad a principios del año 1,808, que con el tiempo verificaría la extracción anual de un millón de marcos de plata en piñas del mineral de Castrovirreyna", como se deduce el mineral de esta región era muy rico en plata.

La guerra de la Independencia, paralizó temporalmente los trabajos de las minas de Castrovirreyna. El Ingeniero Crosnier estudió dicha región y en los Anales de Minas de Francia Tomo II - 1852 París, publicó una interesante memoria sobre los departamentos de Huancavelica y Ayacucho, en la cual habla de las lagunas de Choclococha y Orcococha, del distrito minero de Castrovirreyna, hace una descripción del mineral, describe los trabajos que se ejecutaban en esa época en las minas de Astohuaraca, Caudalosa y San Francisco, hace la descripción de una mina de carbón ubicada a una legua al sur de Castrovirreyna; habla después del paso de la cordillera viniendo de Huancavelica a Castrovirreyna y da información interesante sobre la región y el laboreo de las minas en aquella época, recomendando el levantamiento del plano geológico. (Ing. A. Masías).

El Coronel Salaverry por el año de 1850 formó una compañía para explotar las minas de Caudalosa y Astohuaraca, con este objeto restauró los ingenios de San José y San Sebastián, pero sus bienes fueron embargados por el Gobierno y fueron devueltos nueve años después en completa ruina (1863).

Raimondi en su famosa obra "El Perú", comenta con fecha 15 de Mayo de 1858, que estuvo en la mina Caudalosa de

propiedad de Don Juan Salawerry, mina que ha dado mucha plata y que tiene minerales de pabonado con 40 a 50 marcos de plata acompañados de galena y blenda (1 marco = 230 gramos).

En 1882, los señores Portal e Hijos organizaron la Empresa Minera Castrovirreyna con el objeto de explotar la mina de Caudalosa, reiniciándose los trabajos de explotación que se encontraban abandonados.

Posteriormente, la mina de Caudalosa es comprada por la familia Picasso, formándose la Sociedad Minera Caudalosa con el señor Agustín Arias Carracedo, quien se encargó de trabajar la mina.

Poco después la familia Picasso adquiere todas las propiedades y crea la Corporación Minera Castrovirreyna, S. A. para explotar la mina Caudalosa, ampliando las pertenencias con la adquisición posterior de Reliquias y Madona.

La explotación de la mina en un principio fue a pulso y se hizo uso del pallaqueo o escogido a mano del mineral. En 1946, se instalaron los primeros grupos electrógenos formados por motores Caterpillar, dando lugar a la instalación de compresoras para la explotación de la mina por medio de máquinas neumáticas. En Octubre de 1948 se instaló la Planta Concentradora de minerales por flotación con capa-

cidad para 200 T. M.; planta que contó con el primer equipo instalado en el Perú de Pre-Concentración por el método de "Sink and Float" por medios densos.

En Julio de 1955, se instaló el primer motor Sulzer con capacidad para 535 HP. y 500 KWH; en Noviembre de 1959 se instaló el segundo motor Sulzer más potente de 850 HP y 740 KWH.

En 1959 se instaló la compresora horizontal Gardner Denver de 1,000 pies cúbicos por minuto, que abastece de aire comprimido la mina Caudalosa.

SECCION 2

C E O L C G I A

CAPITULO II

F I S I O G R A F I A

La región de Caudalosa presenta actualmente rasgos fisiográficos característicos de la zona alta de la cordillera. El hecho de encontrarse sobre los 4,600 m.s.n.m. hace que estos rasgos sean el producto de un proceso largo de transformación que comenzó en la época Senónica en que la Cordillera Occidental emergió del mar para formar parte del Continente de América del Sur. Luego siguieron nuevos levantamientos, grandes plegamientos, denudaciones, hundimientos, y procesos volcánicos para terminar con el gran levantamiento de los Andes a su altura presente, ocurrido a fines del Terciario Superior y Cuaternario y que junto a la acción de denudación posterior muestra hoy en día los rasgos fisiográficos característicos de esta región.

En esta zona cordillerana la historia fisiográfica de la región es en términos generales semejante a toda la cordillera occidental.

En la región se presentan sedimentos del Cretácico Superior (Senónico) cubiertos por capas rojas de areniscas y pizarras que presentan potentes capas de conglomerados (Forma-

ción Rímac) pertenecientes a principios del Terciario Inferior y luego extensos mantos de derrames volcánicos de andesita, riolita y productos explosivos compuestos de tobas volcánicas, brechas volcánicas y cenizas que se encuentran yacentes sobre las capas rojas.

La Formación Rímac se extiende debajo de rocas volcánicas en ambos flancos de la cordillera al pasar de Huancaavelica a Castrovirreyna (A. Masías).

El volcanismo en esta región alcanzó grandes proporciones durante el Terciario, antiguos cráteres, mesetas volcánicas, conos o agujas volcánicas, sobresalen de la planicie (Plateau) como restos de la actividad volcánica que alteró la faz de la tierra en esta zona.

Durante el Pliocénico y Cuaternario, los Andes se elevaron hasta alcanzar sus alturas máximas que hoy conocemos. Este levantamiento se produjo alternado con hundimientos o estados de descanso, lo que dio origen a formaciones características de este período. En este proceso los mantos volcánicos se han curvado en forma suave y se han producido fallas y fracturas.

Mc Laughlin, distingue tres episodios en el levantamiento de la Cordillera, ocurridos después de la gran denudación de principios del Cuaternario que formó la puna. En

esta región estos episodios se encuentran representados con caracteres marcados:

Primer Estado, llamado Junín, se han formado valles anchos con pequeño declive, posiblemente es el caso de Pucapampa.

Segundo Estado, de Chacras, acaecido por un levantamiento más importante que el primero, se formaron valles por la profundización de los ríos que se ensancharon después y tienen una suave inclinación. Restos de estos valles se ven cerca de la hacienda San José y Castrovirreyna.

Tercer Estado, de Cañón, último levantamiento cordillerano, durante el cual los ríos han profundizado sus cauces en el subsuelo (Steinmann), formando estrechas y hondas gargantas por donde discurren los ríos. Formación de este estado son los cauces de los ríos Pampas, Huancavelica, Chiris y Sinto.

Aparte de la orogénesis, las alturas de la cordillera han sido modeladas por la glaciación Cuaternaria (Pleistocénico), que cubrió esta región encima de los 4,000 m.s.n.m. En la época actual los glaciares de la zona se encuentran encima de los 5,000 m.s.n.m. (Cerro Palomo).

La Cordillera Occidental cruza la provincia de Castrovirreyna en la dirección SE a NO hasta llegar a la región de las lagunas en que toma la dirección E-O para luego seguir su rumbo primitivo (A. Masías).

La región de las lagunas se presenta como una sucesión de cerros o elevaciones que vienen desde la cumbre del Jespejauar (5,000 m.) entre las lagunas de Orcococha y Choclococha, hasta la cumbre del Cerro Santa Cruz (5,050 m.) en la laguna de Pacococha, en dirección N 70°E, al norte de la laguna Orcococha, para después voltear al sur hasta la laguna San Francisco, punto en que la cordillera cambia de dirección (A. Masías).

Ver Plano Geológico de la región minera de Castrovirreyna, Provincia de Castrovirreyna, Distrito de Pilpichaca, Departamento de Huancavelica, N° 41.

La cumbre de estos cerros, que actualmente muchos aparecen nevados, es la línea del divortium aquarum, que separa las aguas de las lagunas Orcococha y Choclococha a la cuenca del Océano Atlántico, de las aguas de las lagunas San Francisco, La Virreyna y Pacococha a la cuenca del Océano Pacífico.

La Cordillera Occidental en esta parte, ha sufrido una erosión glacial muy intensa. Los extensos glaciares que

cubrieron esta región en la época del Cuaternario (Pleistocénico), labraron las cumbres de la cordillera y excavaron profundos valles.

Huellas de este proceso son los grandes circos glaciares que forman abismos en la parte alta de Reliquias y en San Julián. Valles en U formados por glaciares que se ven en Reliquias y valles suspendidos debido a la acción erosiva de la nieve que se encuentran en Caudalosa y Madona.

Las cuencas de las lagunas Choclococha, Orcococha y San Francisco han sido excavadas posiblemente por la nieve en antiguos y grandes cráteres volcánicos.

Fácil de distinguir hoy en día, son las morrenas terminales que han contribuido a represar el agua de las lagunas. Aparte de estas morrenas se observan bloques erráticos formados por guijarros englobados por barros glaciares que destacan de la superficie en la ladera N del Cerro Choquehuarmi y al lado SW de la laguna Orcococha (Ver fotografía N° 17).

Al retirarse los glaciares a mayores alturas las superficies quedaron expuestas a la acción denudante de la nieve, las lluvias, el viento, los cambios de temperatura y la vida del lugar, que originaron la fracturación y descomposición de las rocas formando los conos de ripio que se observan en las laderas escarpadas de los cerros. Este es un fenómeno que con-

tinúa en la actualidad.

También se produce descomposición de las rocas por reacciones químicas de algunos minerales componentes de ellas, como es el caso de las plagioclasas y feldespatos de las brechas volcánicas que han producido arcillas y caolines. La descomposición de la andesita ha formado tierras ferruginosas (hematita, limonita) que colorean el panorama y resaltan del fondo oscuro de los cerros. También se han formado óxidos de manganeso que tiñen la superficie de color oscuro variando de morado a negro.

Las cumbres de los cerros son de aristas afiladas con conos de escombros poco potentes; en la parte de declive más suave se han depositado arcillas que forman una capa muy delgada de suelo en el que crece una vegetación muy pobre, característica de esta región (Cap. I).

La acción de drenaje de las aguas en la región es bien marcada presentándose grandes áreas de roca desnuda.

Sedimentos modernos se forman hoy en día en las cuencas de las lagunas de Choclococha, Orcococha, San Francisco, La Virreyna y Pacococha.

La laguna Orcococha desagua en la laguna Choclococha y el desagüe de esta laguna forma el río Pampas, afluente del Apurímac. Actualmente el agua de la laguna Choclococha se

ha represado por obras de ingeniería y discurre al Océano Pacífico para ser empleada en la agricultura de la costa (Ica).

El desagüe de la laguna La Virreyna va a la Laguna Pacococha cuyo desagüe se une con el desagüe de la laguna San Francisco para formar el río Castrovirreyna llamado también Sinto, el que se une al río Chiris para formar el río Pisco.

El caudal de estos ríos es variable, dependiendo de los períodos de lluvia y sequía. El río Pampas y el Chiri son de caudal apreciable y llevan agua durante todo el año.

El clima de la región es frígido, debido a la altura que se encuentra; sin embargo, por la posición geográfica del lugar debería ser tropical. Dos grandes factores alteran en general el clima del Perú, la elevación de los Andes y la Corriente Marina de Humboldt. Las características del clima en este lugar se ha tratado en el capítulo anterior.

CAPITULO III

GEOLOGIA REGIONAL

1.- Estratigrafía

A - Rocas Sedimentarias

La región de Castrovirreyna está cubierta por gruesos mantos de productos volcánicos que han cubierto los sedimentos. los que se ven aflorar en la periferia de esta formación volcánica.

Para conocer y exponer la estratigrafía de este lugar hay que deducir de las formaciones de rocas sedimentarias que han sido determinadas en Huachocolpa, Astobamba, Vilca y Huancavelica, todas ellas ubicadas en el lado oriental de la Cordillera Occidental de los Andes.

Estos estratos, están formados por areniscas, calizas y pizarras de colores claros, azulinos o grises y por sus fósiles han sido clasificados como pertenecientes al Senónico o Cretácico Superior (Dueñas, A. Masías). Se presentan grandemente plegados y fallados, posiblemente por los movimientos orogénicos del Cretácico Superior que elevó los Andes sobre el

nivel del mar.

De Astobamba al pasar al lado occidental de la Cordillera ya sea por el abra de Chonta o de Portachuelo, se ve una formación de areniscas y pizarras rojas, que encierran dentro de su masa potentes capas de conglomerados y algunos lechos delgados de roca volcánica porfídica, que se presenta subyacente a la formación volcánica y probablemente se encuentre discordante sobre las calizas senónicas. Esta formación, que se encuentra a lo largo de la Cordillera Occidental, ha sido estudiada por D. H. Mc Laughlin quien la ha clasificado como perteneciente al Terciario Inferior (Formación Rímac) y en esta zona, se le puede distinguir claramente en ambos flancos de la cordillera al pasar de Huancavelica a Castrovirreyña (Masías).

B.- Rocas Volcánicas

Toda la zona minera de Caudalosa se encuentra formada por rocas de origen volcánico que se hallan en discordancia con las calizas del Cretácico Superior y con las capas rojas del terciario.

Estas rocas ascendieron a la superficie por fracturas o cráteres formando grandes derrames o mantos, que se extienden por muchos kilómetros, y masas que se han depositado alrededor de un centro de erupción.

Esta formación es llamada "Terciaria" por A. Masfías, "Formación Subvolcánica" probablemente de edad Terciaria por Erwin Rose K. y a la formación similar del centro es llamada "Grupo Volcánico Terciario" por U. Petersen B.

Los derrames lávicos se extienden de Caudalosa a Reliquias y más allá de Santa Ana a las lagunas de Choclococha, Orcococha y San Francisco; tienen gran potencia y alcanzan por lo menos 1,000 m. de espesor, siendo mayor en el centro de erupción y disminuye a la periferia. Plano Geológico de la Región Minera de Castrovirreyña, N° 41.

Las rocas volcánicas muestran una estructura estratificada fácil de apreciar a la distancia, con suave ondulación y ligera inclinación hacia el NW, resultado de la actividad orogénica que levantó los Andes, posterior a su formación. Esta estructura se ve claramente en los cerros Caudalosa, Machaypata, Reliquias y San Francisco y la variación de su espesor cuando se viaja de Caudalosa a Castrovirreyña. Ver Fotografías No.1, No.3, No.5, No.6, No.7, No.10, No.11 y No.14.

Las rocas volcánicas en mayor extensión son Andesitas, que cubren grandes superficies y han sido determinadas por el estudio de muestras al microscopio.

Las capas de Andesita, que se presentan dando la

impresión de estratos, forman grandes farallones que sobresalen de los escombros de los cerros. Estas rocas son de color verde, gris azulado y rojizas debido a los diferentes minerales que contienen.

Al consolidarse las rocas y por el levantamiento de los Andes, se han producido fracturas y fallas que poco después muchas de ellas fueron mineralizadas, de aquí la importancia de esta formación que es la única que contiene los yacimientos minerales comerciales que tanta fama han dado a la región.

Del estudio de dos muestras de rocas de Castrovi-reyna por el Dr. Germán D. Zevallos se tiene: primera muestra: "la andesita de color verde y de grano fino presenta al microscopio textura fluidal porfiroide con fenocristales de Andesina y Augita común.

Los cristales de augita se encuentran bien formados y por lo general en buen estado de conservación. Cuando están alterados el producto secundario es de un color verde limón, el cual determina a la roca por el color con que ésta se ofrece.

Las plagioclasas se muestran muy fracturadas correspondiendo a una Andesina básica que se encuentra en una pasta microlítica, se cuenta en gran abundancia la magnetita".

La roca es una Andesita augítica.

En otra muestra estudiada, "la textura es muy semejante a la anterior, pero en su composición lleva cristales de hornoblenda transformados a clorita y de generación anterior a la augita.

La pasta es rica en vidrio y no presenta estructura fluidal. Esta roca es una Andesita anfíbol".

La andesita también se presenta en diques que afloran al sur de Pacococha, en San Julián y al NE de Choclococha, además, se presenta en masas y sills teniendo en algunos lugares la estructura amigdaloides.

Otras rocas volcánicas que se presentan son tobas y brechas andesíticas que afloran en la ladera sur del cerro Machaypata,

En la parte E. de Choclococha y al S. de Pacococha se encuentran rocas formadas por riolita, tobas y brechas riolíticas en escasa extensión.

Otra variedad de roca que se presenta en menor cantidad es la obsidiana que encontramos en el cerro Jespejauar y en el cerro Asthuaraca; esta roca es pesada porfiróide, está constituida por material vítreo con escasos fenocristales de plagioclasa principalmente Andesina muy fracturada, mica biotita

y gran diseminación de magnetita que le da el color negro.

Para determinar la edad de estas rocas volcánicas resumamos lo dicho anteriormente:

- a).- Esta formación se encuentra en discordancia sobre el Cretácico Superior y las capas rojas del Terciario Inferior (Formación Rímac) lo que prueba que no pertenece a estos períodos.
- b).- Reposando sobre estas capas volcánicas no se ha podido determinar roca sedimentaria alguna, ni siquiera vestigios de ellas dejados por la erosión.
- c).- Así mismo, se ha dicho que los estratos volcánicos muestran una ondulación suave y a veces se encuentran horizontales, por lo que podemos deducir que no han experimentado los movimientos orogénicos que ocurrieron al terminar el Cretácico Superior (Plegamiento Peruano) y a mediados del Terciario Inferior (Plegamiento Incaico), pensando en cambio que estuvieron expuestos al plegamiento que ocurrió en la parte superior del Neogénico (Plegamiento Quichuano).
- d).- Las rocas volcánicas tuvieron que solidificar-

se, fracturarse y fallarse para que posteriormente estas grietas formen los filones mineralizados de la región, probablemente relacionados a un intrusivo.

e).- Rocas posteriores al volcánico son los diques y sills que se encuentran atravesando sus masas.

f).- Posterior es también el Plutónico clasificado como microgranito, que aflora en la quebrada de Ancucucho, donde se encuentra la mina Bonanza y que aparece debajo de las rocas volcánicas.

El afloramiento es pequeño y ha quedado descubierto por la erosión que profundizó los valles.
(Estudio Rocas Igneas).

Los criterios expuestos hacen que clasifique las rocas volcánicas como posiblemente pertenecientes a mediados del Terciario.

C.- Depósitos Modernos

Existen numerosas morrenas, producto de la glaciación cuaternaria en la región de las lagunas, asociadas a depósitos cuaternarios, formados de ripio y arcillas probable-

mente de origen fluvial que se encuentran ubicados al sur de Choclococha. Ver Fotografías N° 15 y N° 17.

En la actualidad se están formando nuevos sedimentos en las cuencas de las lagunas de esta región, originados por el acarreo frecuente de materiales y soluciones que lleva el agua hacia ellas.

Formaciones recientes de origen fluvial se forman en las pampas de la región que se encuentran cubiertas por terrenos vegetales de poco espesor.

2.- Rocas Igneas

Dentro del área de Caudalosa, aparte de las rocas volcánicas estudiadas no se presentan otras rocas intrusivas de importancia. En cambio, en la quebrada de Ancucucho donde se encuentra la mina Bonanza, aparecen afloramientos (en la zona de San Julián) muy pequeños de una roca ácida que ha sido clasificada como microgranito y que según A. Masías (1924) parece ser monzonita. Esta roca plutónica de afloramiento muy limitado ha quedado al descubierto por agentes erosivos que profundizaron los valles y aparece debajo de las rocas volcánicas, evidenciando ser posterior a ellas. Plano N° 41.

El Dr. Germán D. Zevallos ha estudiado al microscopio esta roca y la ha clasificado como un granito anfibólico,

dando la descripción siguiente:

"Macroscópicamente se presenta de color plomo claro, de textura porfirítica, destacándose sobre la pasta que es de color más oscuro, los fenocristales blancos de plagioclasas que llegan a tener hasta 5 mm. de largo y manchas verdosas que a veces constituyen cristales idiomorfos de un anfíbol".

"Al microscopio se observa que la pasta tiene una textura granulítica compuesta de cuarzo y ortosa y en mínima proporción plagioclasas.

De los fenocristales el feldespatos se presenta bien formado, maclado según la ley de la Albita y Carlsbad y corresponde a un oligoclasa andesina.

El anfíbol es una hornoblenda y como minerales accesorios tiene magnetita en mayor cantidad que la epidota".

A este intrusivo que es posterior al batolito de la costa y que ha penetrado hacia arriba el Volcánico Terciario, probablemente debe de estar relacionada la mineralización de la zona (U. Petersen). El mayor conocimiento de este plutónico, su composición, tamaño, forma, edad y relación con los depósitos de minerales, nos daría una mejor interpretación del origen de la mineralización.

3.- Geología Estructural

La Geología Estructural de la zona de Caudalosa se refiere únicamente al grupo volcánico del Terciario, que cubre la región.

Las rocas volcánicas de la región presentan estructura de capas, producto de derrames sucesivos y muestran un plegamiento suave que se observa en los cerros Caudalosa, Machaypata, Reliquias y San Francisco.

Al mismo tiempo que ocurrió el plegamiento de las capas volcánicas, se formaron fracturas y fallas las que poco después muchas de ellas fueron mineralizadas. Esta mineralización debe estar íntimamente relacionada al intrusivo Microgranito-Monzonita que aflora en Bonanza.

Posteriormente, la cordillera de los Andes se levantó hasta su altura actual; según U. Petersen "el levantamiento ha tenido lugar a lo largo de grandes fallas longitudinales" y "los bloks situados entre ellas han sufrido sólo dislocamientos menores".

En la zona de Caudalosa las fracturas principales para su mejor conocimiento las agruparemos de acuerdo a sus nombres locales ya estén mineralizadas o no, posteriormente hablaremos de las fracturas mineralizadas:

a).- Fractura Caudalosa con rumbo (N.G.) N 66° W y buza-

miento 73° S y 70° N.

b).- Fractura San Pedro con rumbo (N.G.) N $63^{\circ} 15'$ W y buzamiento 70° S y 73° N.

Al NW de Caudalosa, distante 1.5 Km. se encuentra la mina Candelaria, que está formada por dos fracturas principales:

c).- Fractura Candelaria con rumbo (N.G.) N 70° E y buzamiento 70° S.

d).- Fractura Oeste con rumbo (N. G.) N 75° E y buzamiento 75° S.

Al NE de Caudalosa distante 1.75 Km. aproximadamente se encuentran:

e).- Mina Madona, que está formada por varias fracturas las que tienen un rumbo promedio (N.G.) N 76° W y un buzamiento de 70° S.

Mina Caudalosa II que está formada por las fracturas:

f).- Fractura Caudalosa II, con rumbo (N.M.) N 85° W y buzamiento 55° N y vertical.

g).- Fractura Americano Gancia con rumbo (N.M.) N 75° E y buzamiento 78° N y vertical.

Mina Pitonisa formada por la:

h).- Fractura Pitonisa de rumbo (N. M.) N 75° W con buzamiento casi vertical.

En el área de Ytanayoc (estación de Triangulación) se encuentran un grupo de fracturas estériles, destacándose de ellas una gran fractura que tiene un afloramiento aproximado de 3 Km. de longitud y un rumbo (N. M.) de N 68° W.

Fallas en el área de Caudalosa, sólo se ha determinado una que el Ing. C. Alvarado ha reconocido en la veta Caudalosa y dice: "en la veta Caudalosa hay una gran falla que desplaza unos 30 m. a la veta por la altura de la sección 360 W del nivel 610 haciendo entre ambos un ángulo de 15° más o menos visto en plano. Esta falla es la que en algunos sitios desde la sección 270 W hasta la 90 W ha detenido la mineralización, resultando toda esa zona pobre".

Las fracturas Caudalosa y San Pedro después de ser rellenadas por las soluciones mineralizantes han sufrido movimientos posteriores, ya sea por esfuerzos de corte o tensión que han desplazado las cajas siendo posible la presencia de más de un desplazamiento.

El desplazamiento de las cajas ha formado en las paredes de ambas fracturas: espejos de falla con estriacio-

nes (slickensides) que tiene una dirección inclinada con la horizontal, panizo, milonita y en algunos lugares, muy escasos, brechas.

Estas fracturas formadas por esfuerzos de tensión en combinación con esfuerzos de corte han originado el tipo de estructura "en echelón" que se caracteriza porque las fracturas se angostan y desaparecen perdiéndose la veta que reaparece más adelante mediante un salto hacia un costado, pero los extremos se traslapan.

Tanto en Caudalosa y Madona existen fracturas secundarias estériles que tienen un rumbo aproximadamente paralelo a las respectivas fracturas de Caudalosa y Madona.

Aparte de las fracturas y fallas no existen en Caudalosa otras formas estructurales como diques, sills o intrusivos ígneos que aporten interés geológico.

Como ya se ha hablado en el estudio de las rocas ígneas, es posible que la mineralización de las fracturas esté relacionada al intrusivo microgranito - monzonita que aflora en Bonanza, situación que aportaría otro elemento estructural. Desafortunadamente poco se conoce de este intrusivo.

En la mina Caudalosa las fracturas de tensión y corte constituyen las únicas guías estructurales para ubicar

los yacimientos de minerales y sus afloramientos son las evidencias más seguras con que se ha contado hasta el momento.

4.- Geología Histórica

La región de Castrovirreyña está cubierta por mantos de derrames volcánicos y productos clásticos que hacen materialmente imposible conocer la Geología Histórica de esta región. Las lavas han ocultado las rocas más antiguas que podrían darnos a conocer la cronología de los diferentes acontecimientos geológicos anteriores al volcanismo, siendo necesario dejar dicho que el conocimiento de la Historia Geológica moderna es incompleto.

Con la información recogida del campo y los estudios sobre la Geología del Perú de prominentes geólogos e ingenieros de Minas (Steinmann, G. Petersen, O. Walter, W. Ruegg, C. I. Lisson, E. I. Dueñas, F. Concha, A. Masías y otros) correlaciono en términos generales la Historia Geológica de esta región a partir del Cretácico Superior que considero interesante por comprender la presencia de los minerales comerciales y porque un estudio más amplio y detallado está fuera de los límites de este trabajo.

En el Mesozoico, a términos del Jurásico y comien-

zos del Cretácico, el mar se encontraba nuevamente cubriendo extensas áreas del continente.

La región de Castrovirreyña se encontró cubierta por el mar durante este período, pues, formaciones sedimentarias pertenecientes a todo el Cretácico se han encontrado en Huachocolpa, Huancavelica, Astobamba y Vilca, que evidencian lo dicho.

Del Cretácico Inferior se ha determinado en Huancavelica y Huachocolpa arcillas y calizas pertenecientes al piso Aptiano (Gerth).

El Cretácico Medio ha sido ubicado en Huancavelica: "Berry y Singewal encontraron y recolectaron abundantes fósiles característicos del piso Cenomaniano".

El Cretácico Superior ha sido determinado por calizas que afloran en Huachocolpa, Huancavelica y Vilca, siendo clasificados como pertenecientes al Senoniano (Dueñas, Bravo).

A mediados del Cretácico Superior o Senoniano emergieron los Andes, probablemente precedidos de plegamientos intensivos, fallamientos e intrusiones de carácter batolítico (Plegamiento Peruano). Encontrándose a fines del Cretácico que la cordillera sobresalía del mar a una altura que no fue

muy pronunciada.

Al finalizar el Cretácico y comienzos del Terciario Inferior es muy posible que se produjo una nueva transgresión y el mar volvió a cubrir en parte el continente acompañado de un volcanismo limitado. Todo esto dio lugar a la formación de nuevos sedimentos continentales intercalados con lechos volcánicos (U. Petersen).

En Santa Ana afloran una serie de capas rojas formadas por areniscas y pizarras rojas, que encierran dentro de su masa potentes capas de conglomerados y algunos lechos delgados de roca volcánica porfirítica. Encima de ellas se ven capas delgadas de calcáreo y un horizonte de roca silícica, cuarcita con fragmentos de jaspe y otras variedades de sílice (A. Masías). Esta formación ha sido clasificada como perteneciente al Cretácico Superior y Terciario Inferior.

En el Eocénico Medio, después de la deposición de las capas rojas se ha producido un plegamiento muy intensivo seguido de una erosión parcial de las capas rojas. (Plegamiento Incaico).

Después de este plegamiento y erosión se produjo un volcanismo muy intenso y de gran variación en su composición a lo largo de la cordillera, que alcanzó probablemente hasta el Oligocénico y durante el cual se ha formado el "grupo vol-

cánico" de la región minera de Castrovirreyna.

Después las rocas volcánicas fueron plegadas e intruidas por cuerpos ígneos pequeños. En muchos sitios se formaron depósitos mineralizados con ellos. El plegamiento, intrusión y mineralización ocurrió durante el Oligocénico (U. Petersen).

En la región de Castrovirreyna se observa el ligero plegamiento de las capas volcánicas, así también la probable presencia del plutón Microgranito-Monzonita que aflora en la quebrada de Ancucucho al que debe estar relacionada la mineralización de la región.

Siguió una etapa de erosión continental que produjo la superficie de puna que es pre-Pliocénica y posterior a la superficie de puna se produjo un fallamiento en bloques a principios del período Valle Junín, que fue seguido de la deposición de capas continentales y de actividades volcánicas. Procesos que probablemente se produjeron durante el Miocénico Superior pero también podrían corresponder al Pliocénico Inferior (U. Petersen).

Formado el estado Valle Junín los Andes se levantaron 3,000 - 4,000 m. durante el Pliocénico y Cuaternario, levantamiento que fue acompañado por extenso fallamiento nor

mal, plegamiento muy subordinado y volcanismo en la parte sur del Perú.

En la región de Castrovirreyna los Andes se han elevado por encima de los 5,000 m.s.n.m. y sus yacimientos de minerales que se caracterizan por tener una mineralización asociada de Pb, Zn, Cu, Fe, Ag, etc., constituyen las minas que se encuentran entre las más altas del Perú, hallándose Caudalosa aproximadamente a 4,650 m.s.n.m.

CAPITULO IV

GEOLOGIA ECONOMICA

1.- Características Generales del yacimiento

El yacimiento de Caudalosa es de origen hidrotermal, es decir que soluciones hidrotermales ascendentes han transportado y depositado los minerales rellenando fracturas pre-existentes bien definidas.

Este yacimiento según la clasificación genética propuesta por M. Bateman, pertenece al grupo de yacimientos formados por Procesos Hidrotermales (4) que han formado vetos por relleno de fracturas (4A). Cuadro 13.

Según la clasificación de W. Lindgren, pertenecen a "depósitos" producidos por procesos químicos de concentración en roca (II-B), efectuada por introducción de sustancias extrañas a la roca y cuyo origen está relacionado a intrusiones ígneas (2-b), y la deposición y concentración de dichas sustancias se ha producido a poca e intermedia profundidad. Depósitos Epitermales a Depósitos Mesotermales. (2-1-2) Cuadro 14.

La clasificación genética de Depósitos Minerales de Schneiderhöhn, ubica al yacimiento en su primer grupo de "yacimientos relacionados a actividades magmáticas intrusivos" y dentro de este grupo, en la clase de Hidrotermales pertenc-

siendo al tipo de yacimientos Epitermal o Mesotermal. Cuadro 15.

De acuerdo a la posición del foco magnético con respecto a la superficie terrestre durante el proceso metalogénico, este yacimiento se clasifica como "depósito Hipabisal" o "depósito Subvolcánico". Cuadro 12.

Como en la región no aflora ningún batolito este yacimiento puede ser clasificado como "depósito criptomagnético" o "depósito criptobatolítico", de acuerdo a la Clasificación de los depósitos mineralizados según su distancia al Foco Magnético y según su posición relativo al batolito, respectivamente. Cuadro 12.

La gran interrogante ante un yacimiento de minerales es llegar a conocer la existencia de mena con valor económico aprovechable, en niveles más profundos y desconocidos, con el objeto de hacer en lo posible mínimos los riesgos en los proyectos futuros de desarrollo y en la política financiera de la empresa. La Geología Económica con auxilio de los métodos geológicos modernos ayuda a responder en parte esta pregunta. (Mc Kinstry).

Este capítulo, que trata del conocimiento de la Geología Económica del yacimiento de Caudalosa, pretende dar a conocer los alcances de su mineralización y comprende el estudio interpretativo de los elementos que forman las vetas Caudalosa y San Pedro, tratando en primer término el estudio de

las fracturas, a continuación, se estudiará la mineralización del yacimiento, para después tratar en forma secundaria los guías estructurales y petrográficas de él. Finalmente el estudio de los afloramientos y la oxidación de los sulfuros y enriquecimiento supérgeno (secundario) del yacimiento.

Creo que con estos conocimientos breves, puesto que no se han realizado estudios de investigación exclusivamente con este propósito, y su interpretación mediante un razonamiento inteligente, se puede llegar a tener cierto criterio de la probable profundización del mineral.

2.- Estudio de las Fracturas Caudalosa y San Pedro

A.- Generalidades

En el área de Caudalosa hay dos grandes fracturas que forman las vetas Caudalosa y San Pedro, las que a su vez conforman el yacimiento de minerales de Caudalosa.

Movimientos tectónicos que engendraron esfuerzos de tensión y corte originaron estas fracturas en los andesitas, rocas volcánicas terciarias que cubren la región. La edad relativa de cada una de ellas es difícil de conocer, siendo posible que su formación sea contemporánea pues muestran rasgos estructurales semejantes y tienen aproximadamente el mismo rumbo N W.

Después de formadas las fracturas éstas han vuelto a sufrir nuevos movimientos tectónicos debido a esfuerzos con

que prepararon el camino y formaron los espacios libres por donde circularon las soluciones hidrotermales que depositaron los minerales y rellenaron los espacios vacíos de ellos.

Evidentemente, después de la etapa de mineralización han ocurrido nuevos movimientos tectónicos que fracturaron los menas, alteraron las cajas de las vetas y originaron fracturas secundarias menores.

B.- Veta Caudalosa

Esta veta ha sido conocida y trabajada desde fines del siglo XVI. En un principio se explotó los minerales de su afloramiento y posteriormente por medio de galerías y piques el mineral más profundo.

La veta Caudalosa es la fractura más grande tanto en sentido horizontal, como vertical. En longitud horizontal se ha reconocido en la distancia de 1,450 m. y en la longitud vertical 380 m.

El rumbo de la veta cambia presentando las siguientes direcciones:

Tramo Oeste sección	000 a 550 W	N 60° 45' W
Tramo Este sección	000 a 270 E	S 56° 30' W
Tramo Este sección	270 a 800 E	S 75° 00' W
Rumbo promedio	N 66° W.	

Esta nomenclatura se emplea en el levantamiento de

os planos de Labores Subterráneas Plano horizontal. Ver
lano 42.

Los niveles principales de esta veta son los si-
guientes:

N o m b r e	C o t a en m.
Niv. San José	4,815.0
Niv. San Félix	4,790.0
Niv. San Felipe	4,760.0
Niv. Pompeyo	4,740.0
Niv. San Manuel	4,715.0
Niv. Temerario	4,685.0
Niv. Edelweis	4,640.0
Niv. Caudalosa	4,610.0
Niv. 570	4,570.0
Niv. 530	4,530.0
Niv. 490	4,490.0

Ver Plano de Sección Longitudinal y Plano de Cubicación
Veta Caudalosa N. 50.

Los niveles desde San José hasta Temerario se en-
cuentran materialmente imposibles de entrar, en una palabra
están destruidos.

El nivel Edelweis se encuentra abandonado y su re-
conocimiento sería difícil y peligroso.

El nivel Caudalosa está en parte bien conservado y

es transitable. En su tramo Oeste hay tajcos en explotación y en su tramo Este se efectúan algunos desarrollos y explotación de tajcos.

El nivel 570, nivel 530 y nivel 490 se conservan en buen estado, siendo el nivel 570 el nivel de extracción de mineral.

No existen planos geológicos subterráneos de ninguno de los niveles de esta veta.

Esta fractura según los rumbos dados, muestra una estructura que al desarrollarse hacia el Este se puede decir que el extremo Oeste comienza a girar suavemente hacia el Sur para después sufrir un inflexión y comenzar a girar gradualmente hacia el Este; esta estructura es fácil de ver en los planos de Lobos Subterráneos de la Veta Caudalosa. No. 43, No. 44, No. 45 y No. 46.

Estructuralmente esta veta está formada por varias fracturas ordenadas en el tipo conocido con el nombre de fracturas "en echelón" con salto hacia el Sur, que se reconoce perfectamente en las secciones 460 E. del nivel 570 y 740 E del nivel 610. Planos de Fracturas No. 4 y No. 2.

La estructura "Anillo Cimoide", también es característica de esta veta, pero no ha sido reconocida ampliamente. Así en la sección 360 W, galería 447 W, nivel 610, la fractura principal se desvía al Norte y aparece un ramal al sur, ramales que se conocen con el nombre de Ramal Norte y Ramal Sur.

El ramal Norte no tiene desarrollo horizontal. La zona de unión de las dos vetas es muy fracturada y presenta caracteres de brecha siendo además estéril en sulfuros comerciales, en cambio las ramas tienen buen mineral comercial. El otro extremo de estas fracturas no ha sido explorado y su comportamiento en profundidad tampoco ha sido reconocido. Plano de Fracturas No. 1.

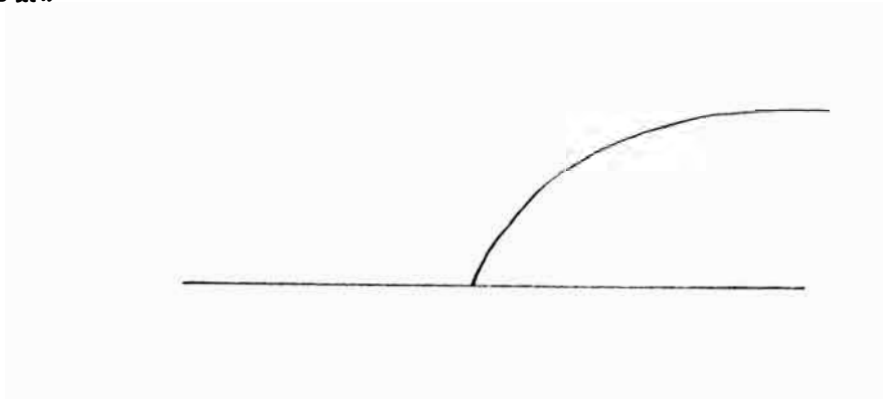
En el nivel 570, Galería 49 E, entre las secciones 300 E y 365 E se presenta una estructura con caracteres de "Anillo Cimoide" (Cymoid Loop). La veta está compuesta por dos fracturas mineralizadas, llamándose a una de ellas Ramal 360 W y la otra es considerada la veta principal. Estructuralmente, la fractura principal al llegar a la sección 230 E comienza a perder potencia, poco después gira suavemente hacia el Sur observándose a la vez un aumento gradual de potencia; continuando la veta sufre una deflexión y comienza a girar al Este para unirse a la otra fractura en la sección 365 E que muestra características semejantes pero en sentido inverso. Ver Plano de Fracturas No. 3.

Entre los dos ramales hay dos fracturas menores que formarían una estructura tipo "Anillo Cimoide Múltiple".

En proyección vertical la estructura mostraría la sección del Plano de la Sección 330 E. No. 16.

En la Galería 110 E, entre las secciones 90 E y 140 E Nivel 530, la veta muestra una estructura semejante al si-

siguiente diagrama



que bien podría ser una estructura tipo "unión en eslabón" (Chatter Like Link) o un tipo de anillo Córdoba. Ver Plano de Fracturas No 5.

Es necesario un mayor desarrollo para determinar la forma característica de la estructura, su comportamiento en profundidad y su relación con la mineralización.

Aparte de las estructuras mencionadas, se han formado zonas secundarias de cizallamiento y de brechas poco extensas.

Las soluciones hidrotermales al circular por las fracturas han alterado las paredes de la roca encajonante que muestran en la mayor extensión de la veta una aureola débil de alteración, metamorfismo que se acentúa en las zonas de mayor fracturamiento (cizallamiento, brechas).

Los minerales transportados por las soluciones hidrotermales al tener condiciones favorables de presión y temperatura se precipitaron rellenando las cavidades existentes en las fracturas sin producir fenómenos de reemplazamiento o metamorfismo.

Después de la época de mineralización, las fractu-

ras sufrieron nuevos movimientos que originaron rotura en la estructura del mineral y alteración de las cajas; debido al desplazamiento, se formaron zonas de panizo y de brechas; rasgos que son observables en las secciones 360 W, niv. 610, 490 E, y 570 E. del Niv. 570.

La veta Caudalosa tiene un buzamiento variable al Sur y Norte pasando por la vertical. Este cambio de buzamiento se realiza entre los niveles 570 al 530.

La veta entre los niveles 610 y 570 tiene un buzamiento que varía entre 85° S a 62° S. Entre los niveles 570 a 530 la fractura cambia de inclinación y tiene un buzamiento al Norte que varía entre 84° N a 65° N. En la sección 130 E entre los niveles 570 a 490 el buzamiento de la fractura es al Sur, buzando 85° S. Más al Este la fractura mantiene el sentido de buzamiento que hay entre los niveles 570 a 530, registrándose variaciones entre 72° N a 62° N. Ver planos de Secciones Transversales de la Veta Caudalosa No. 12, No. 13, No. 14, No. 15 y No. 16.

La potencia de la veta varía desde unos pocos centímetros a varios metros alcanzando desde 0.15 m. a 3.40 m. y en promedio tiene una potencia de 1.60 m. Se observa que la potencia de la veta es ligeramente mayor en el ramal que buza al Sur del que buza al Norte, factor que está relacionado con la mineralización presente.

La naturaleza de las cajas en general es bastante

niforme y las zonas alteradas poco extensas que presentan
arían desde zonas brechosas con abundante panizo a zonas de
cojas con escaso panizo, siendo mayormente las cojas fuertes
bien definidas.

El siguiente Cuadro No. 3 ilustra la variación de
o naturaleza de las cojas de la veta.

CUADRO 3

<u>col</u>	<u>Secciones</u>	<u>Características</u>
10	480 W	Panizo blanco en ambos pisos, espesor no mayor de 5 cm.
10	360 W	Cajas fracturadas y brechosas.
10	40 W	Abundante panizo a la caja piso, espesor no mayor de 8 cm.
10	410 E a 435 E	Cajas fuertes y definidas.
10	490 E a 520 E	Cajas fracturadas con fragmentos angulares mezclados con panizo, tamaño de los fragmentos no mayor de 20 cm.
10	600 E a 650 E	Cajas fuertes y definidas con fracturitas.
570	185 W	Cajas fuertes y definidas mostrando fracturitas.
570	70 W a 40 W	Abundante panizo en ambas cajas de espesor no mayor de 5 cm.
570	215 E	Cajas definidas y fuertes con una capa de milonita no mayor de 2 cm.
570	355 E a 385 E	Panizo negro en ambas cajas siendo éstas fuertes y definidas.
570	460 E a 490 E	Cajas bastante fracturadas con panizo blanco de espesor no mayor de 5 cm.
570	640 E a 660 E	Cajas fuertes con fracturitas.
530	95 E a 185 E	Cajas fuertes con fracturitas.
490	140 E a 220 E	Panizo blanco a ambas cajas que muestran fracturas.

Las paredes en algunas zonas muestran espejos con estrías casi horizontales, indicándonos el sentido de los movimientos relativos de las cajas.

Los Planos de Fracturas No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5, y No. 6 muestran las estructuras más importantes de la veta.

C.- Veta San Pedro

Es la siguiente fractura en importancia, ha sido reconocida en 900 m. de longitud horizontal y 300 m. de longitud vertical.

La dirección de la veta es variable, la estructura se desarrolla en su parte Oeste, Secciones 000 a 180 W con un rumbo N 54° W. entre las Secciones 000 a 270 E con un rumbo S 54° E, en esta altura la veta sufre una suave inflexión teniendo entre las Secciones 270 E a 450 E un rumbo de S 69° E, donde comienza a girar nuevamente al Sur y entre las Secciones 450 E a 630 E tiene un rumbo de S $58^{\circ} 30'$ E, aquí la veta cambia nuevamente de dirección presentando en el último tramo explorado, que comprende a las Secciones 630 E a 850 E, un rumbo de S $80^{\circ} 45'$ E.

Plano de Labores Subterráneas. Plano Horizontal No. 42.

El siguiente cuadro resume los rumbos de la veta San Pedro.

CUADRO 4

		<u>Secciones</u>	<u>Rumbo</u>
Tramo Oeste	Sección	180 W a 000	N 54° 00' W
Tramo Este	Sección	000 a 270 E	S 54° 00' E
Tramo Este	Sección	270 E a 450 E	S 69° 00' E
Tramo Este	Sección	450 E a 630 E	S 58° 30' E
Tramo Este	Sección	630 E a 850 E	S 80° 45' E

Rumbo promedio N 63° 15' W.

Nomenclatura empleada en los Planos de Labores Subterráneos.

La veta San Pedro tiene explorados los siguientes niveles en sentido vertical:

<u>Nombre</u>	<u>Cota en m.</u>
Nivel Victoria Antigua	4,840.0
Nivel Victoria Nueva	4,760.0
Nivel Nivel Intermedio	4,730.0
Nivel San Pedro 700	4,700.0
Nivel Edelweis	4,640.0
Nivel San Pedro	4,610.0
Nivel Nivel 570	4,570.0

Ver Plano de Sección Longitudinal. Plano de Cubicación Veta San Pedro No. 51.

Los niveles Victoria Antigua, Nivel Intermedio, San Pedro 700 y Edelweis, se encuentran en estado de abandono y son intránsitables. El Nivel Victoria Nueva se encuentra en buen estado y el frente Este de la veta está explorándose. Los niveles San Pedro y Nivel 570, se encuentran en conservación permanente por los trabajos de desarrollo y explotación que se realizan entre estos niveles.

No hay planos geológicos de ningún nivel de esta veta.

La veta presenta el tipo característico de estructura "en escalón" teniendo las fracturas de tensión un ordenamiento, que al terminar una fractura la siguiente se encuentra desplazada al Sur mediante un salto y sus extremos que se superponen sufren una pérdida de potencia gradual hasta desaparecer la fisura. Esta estructura ha sido reconocida y puesta de manifiesto por los trabajos de desarrollo en las secciones G95 E nivel 640, 660 E nivel 610, 830 E nivel 610, 450 E nivel 570 y 600 E nivel 570. Otro tipo de estructuras no ha sido reconocido en esta veta. Ver Planos de Estructuras: No. 7, No. 8, No. 9, No 10 y No. 11.

Las soluciones hidrotermales han alterado muy poco las paredes de la roca encajonante, quizás porque no existen zonas amplias de fracturamiento (cizallamiento, brechas o fracturamiento secundario) que hubiesen favorecido el metamorfismo de ellas, así mismo los minerales de las soluciones hi-

potenciales se precipitaron rellenando las cavidades de las fracturas sin producir reemplazamiento en la roca encajonante.

Después de la época de la mineralización ocurrieron nuevos movimientos de las cajas de la veta, que formaron puzos y rotura de la estructura del mineral. En general, la alteración de las cajas, debida a las soluciones mineralizantes y al desplazamiento relativo de ellas, es aquí menor que en la Veta Caudalesa.

La estructura San Pedro presenta un buzamiento variable al Sur y al Norte pasando por la vertical como indican las secciones verticales No. 17, No. 18, No. 19, No. 20, 21 y No. 22. Este cambio de buzamiento se encuentra en el nivel 610 a 570.

La veta entre los niveles 640 a 610 presenta un buzamiento muy variable entre 52° a 81° S. Entre los niveles 610 a 570 presenta un buzamiento de 70° N a 86° N y de 67° S a 85° S. Ver planos de Secciones transversales de la veta San Pedro No. 17 a No. 22.

La potencia de la estructura varía en el sentido horizontal como vertical, pudiendo ser desde unos pocos centímetros a varios metros, teniendo en promedio una potencia de 1.50 m.

La naturaleza de las cajas es bastante regular, variando de zonas con poco panizo a zonas de cajas fuertes y bien definidas. En muy pocas oportunidades se presentan zonas

oco extensas donde las cajas manifiestan un fracturamiento mayor, pero no hay panizo. El siguiente Cuadro No. 5 nos presenta la variación de los rasgos más saltantes de la notu-oloso de las cajas y su ubicación en la estructura.

CUADRO 5

<u>Nivel</u>	<u>Secciones</u>	<u>Características</u>
570	300 E	Cajas con panizo, presentan fracturamiento con fragmentos angulares de un diámetro promedio de 10 cm.
570	360 E a 390 E	Cajas con una capa de panizo blanco que es más abundante en la caja piso de espesor 2.5 cm.
570	450 E a 510 E	Cajas fuertes y bien definidos, casi no hay panizo.
570	730 E a 790 E	Presencia de panizo de color oscuro de espesor no mayor a 3 cm., en cajas fuertes y definidos.
570	820 E a 850 E	Cajas fuertes mostrando algunas fracturas y con escaso panizo de color oscuro a la caja techo.

Es frecuente encontrar en las zonas de panizo forma

ciones de espejos con estrías inclinadas al Oeste, que indican el sentido de los movimientos relativos de los cajés de la veta.

Los Planos de Fracturas No. 7, No. 8, No. 9, No. 10, y No. 11 muestran las estructuras más importantes de la Veta San Pedro.

5.- Mineralización Hipógena (Primaria) de las fracturas

A.- Mineralogía

En las vetas Caudalosa y San Pedro, se han reconocido los siguientes minerales hipógenos:

Galena	Estibina
Esfalerita	Rejalgær
Tetraedrita	Oropimento
Polibasita	Pirita
Pirargirita	Marcasita
Chalcopirita	Oro
Covelita	Cuarzo
Enargita	Calcita
Famatinita	Rodocrosita
Luzonita	Rodonita
Jamesonita	Yeso
Boulangerita	

Todos estos minerales se encuentran en las vetas

distribuidos en forma variada e irregular sin obedecer a una regla definida, por lo menos hasta ahora no se ha descubierto una. Algunos se encuentran presente en todas partes (pirita, cuarzo), otros aparecen muy esparcidos, o concentrados en algunos lugares.

B.- Distribución de los Minerales y Valores

a) Minerales Hipógenos en general

Las vetas presentan en promedio potencias apreciables para este tipo de estructuras y los minerales primarios tanto en Caudalosa como en San Pedro se han depositado formando masas informes, hilos y bandas angostas de potencias muy variadas comprendidas entre 1 cm. a 65 cm. encontrándose el espacio restante relleno por ganga formada de carbonatos y cuarzo.

En ambas vetas la potencia de las bandas mineralizadas está relacionada con la potencia de la fractura y su buzamiento, así, en Caudalosa las bandas de mayor potencia se han encontrado en las secciones 420 W a 450 W y 80 W del Nivel 610, 385 E a 435 E y 520 E a 580 E del Nivel 570 y 100 E a 130 E del Nivel 530, donde la estructura alcanza potencias entre 1.65 m. a 2.40 m. y buzamiento de 62° S a 74° S. En San Pedro, las bandas de mayor potencia se ha encontrado en las secciones 360 E a 420 E del Nivel 610, 330 E a 390 E, 515 y 730 E a 790 E del Nivel 570, lugares en que la potencia de la veta varía de 1.25 m. a 2.50 m. y el buzamiento de 63° S a

76° S.

La ubicación de los hilos o bandas de minerales dentro de la veta es variable, oscilan indistintamente y en forma desordenada sin tener tendencia a ocupar una posición determinada en relación con las cajas de la veta.

En las estructuras "Anillo Cimoide", los ramales han sido mineralizados, siendo sus extremos pobres o estériles y en la unión de ambos ramales a veces es muy escaso, presentándose buena mineralización al centro del ramal.

La mineralización dentro de la estructura "en achelón" termina con la desaparición de la fractura, pero como los extremos se "traslapan" o superponen la mineralización parece continuar ininterrumpidamente, según se muestra en la Sección Longitudinal de cada una de las vetas. La mineralización de las vetas forma "clavos" o masas de mineral de forma más o menos tabular, corta en una dimensión y relativamente muy grande en las otras dos (ore shoot).

En la Sección Longitudinal de la Veta Coudalosa se puede distinguir la existencia de dos clavos, pero no se conoce los contornos de ellos ni la posición de su eje longitudinal, sin embargo se les puede ubicar al primero entre las secciones 280 E a 740 E y al segundo clavo entre las secciones 200 E a 550 W.

En la Sección Longitudinal de la Veta San Pedro se puede distinguir un gran clavo ("ore shoot") que abarca to

a la parte explorada y explotada de la veta, su forma y la posición de su eje longitudinal no se conocen, pero se le considera ubicado entre las secciones 200 E e 850 E.

Ver Planos Sección Longitudinal y Plano de Cubicación de la Veta Caudalosa y San Pedro No. 50 y No. 51.

b) Minerales Hipógenos Individuales

No se conocen análisis químicos de cada uno de los minerales primarios, ni estudios microscópicos con el objeto de conocer su distribución y secuencia en la veta. El presente estudio se realiza con la valiosa información de "Microscopical Examination of a Sample of Concentrate Submitted by Corporación Castroville" de Richard Maritz, realizada con el objeto metalúrgico de investigar la liberación de los minerales de plomo, cobre y zinc de los minerales de arsénico y antimonio, y además con el conocimiento macroscópico de los minerales primarios y las leyes del muestreo de Cubicación en relación con los bloques de mineral en las dos vetas.

La tetraédrita es uno de los principales minerales por su abundante contenido de plata de valor muy apreciable y menos principal de cobre. La tetraédrita lleva antimonio, arsénico y una apreciable cantidad de plata en su composición química y posiblemente pequeñas cantidades de zinc y bismuto en su fórmula. Lleva inclusiones de polibasita, pirargirita tonatinita y más raramente de esfalerita. En profundidad ha dado indicios de disminuir en forma muy gradual, siendo los

niveles altos más ricos en tetraédrita que los minerales más bajos, deducción obtenida por la observación comparativa de este mineral y del estudio de las leyes de cobre y plata del Muestreo Anual de la mina en cinco años.

La galena, es otro de los minerales importantes. Se presenta cristalizado formando cubos perfectos y nacidos según las caras (111). Es más abundante que la tetraédrita, siendo su ocurrencia en la veta San Pedro mayor que en Caudalosa.

La galena lleva plata en su composición química de valor secundario pero apreciable. Se le encuentra mezclado con la boulangerita y lleva inclusiones muy diseminadas de pirargirita.

La esfalerita, se encuentra en amplia difusión, bajo el microscopio se ha reconocido que se halla incluida en parargirita o tetraédrita ocasionalmente y raramente lleva inclusiones pequeñas de pirargirita. Es menos abundante que la galena, siendo mayor en San Pedro que en Caudalosa. Ver Cuadro No. 7.

Chalcopirita, es mena secundaria de cobre en los dos vetas, se le encuentra generalmente asociado a la galena, esfalerita y tetraédrita.

Covelina, mena de cobre que se encuentra en muy pequeñas cantidades asociada a la tetraédrita o como finas inclusiones en ella. Este mineral bien puede ser de origen su-

pérgeno.

Enargita, este mineral de cobre se encuentra en pequeñas cantidades en ambas masas. Se encuentra en pequeños agregados amorfos asociados a la tetraedrita o en finas inclusiones en ella.

Famatinita, es el sulfoantimoniato correspondiente a la enargita. Es mineral secundario de cobre, se encuentra en pequeñas cantidades mezclado en masas informes con la tetraedrita y como inclusiones en ella; también se le encuentra formando mezcla compleja con la polibesita y pirargirita o conteniendo inclusiones muy diseminadas de ellas. Este mineral es característico de esta mina y se considera proveniente de la luzonita, en que el arsénico es sustituido por el antimonio, llamándose en este caso estibiolumonita o luzonita antimonial.

Luzonita, este mineral tiene la misma composición que la enargita pero su red molecular es diferente, tetragonal, es el equivalente dimorfo de la enargita. Se presenta en pequeñas cantidades en masas de granos finos, en unión con la enargita y famatinita o en inclusiones finas en la tetraedrita.

Polibesita, es uno de los principales minerales portadores de plata. Se encuentra en pequeñas cantidades reconocibles en masas de granos pequeños asociado a la tetraedrita, lo que en apreciable proporción contiene abundantes inclusio-

res finos de polibesita de 1 a 20 micrones o contiene a veces inclusiones de fernetita con la que forma granos complejos.

Pirargirita, es una de las menas de plata más importantes que junto con la polibesita son las principales portadoras de ella.

Igual que la polibesita se encuentra asociada a la tetraedrita. Frecuentemente se encuentra en cantidad abundante como inclusiones en la tetraedrita que alcanzan un diámetro promedio de 10 micrones, se le encuentra muy diseminado en la galena con diámetros menores a un micrón y más raramente como partículas muy pequeñas en la esfalerita.

Oro nativo, este metal precioso se encuentra en la pirita dando a este mineral cierto valor económico, el cual es considerado por lo general una ganga estéril. Estudios micrográficos han revelado oro nativo en partículas de 50 micrones de diámetro en concentrados de mineral.

Del estudio de los minerales en forma individual en las vetas Caudalosa y San Pedro concluimos que los minerales metálicos más abundantes en orden decreciente son: galena, pirita, tetraedrita, esfalerita, rodocrosita - rodonita, chalcopirita, polibesita - pirargirita, covelita - enargita, fernetita - luzonita, jamesonita - boulangerita, estibina, etc.

Distribución zonal de estos minerales, tanto horizontal como vertical, no se ha podido determinar por falta de información geológica, encontrándose en cambio variación en

La tetraédrita la que disminuye en profundidad en forma gradual, deducción obtenida al comparar los minerales de los niveles que se trabajaron en 1949 (Niv. 640) con el mineral de los niveles más bajos que se trabajan actualmente (Niv. 530 y Niv. 490).

La mineralización dentro de las estructuras se encuentra formando "clavos" (ore shoot) de forma irregular, cuyos límites y posición no se conocen con exactitud. Estos clavos no tienen una distribución uniforme del mineral y están formados por lentes ricos en mineral alternados a zonas pobres, en forma irregular y sin perder sentido de continuidad. Esta distribución está relacionada principalmente a la estructura de la veta.

La plata es el metal de mayor valor económico y es llevado principalmente por los minerales sulfoantimoniuros polibosita y pirargirita y en forma secundaria por la tetraédrita y galena, de acuerdo a la cantidad de plata que llevan en su fórmula química. La tetraédrita además de la plata que lleva en su composición química, tiene generalmente finas inclusiones de pirargirita y polibosita que aumentan su contenido de plata.

El contenido de oro en las menas es poco, alconsondo aproximadamente a 4 gr./T.M. Es encontrado en partículas libres finísimas muy diseminadas y en la pirita.

El cobre es llevado principalmente por la tetraédri

ta y en menor cantidad por la chalcopirita, enargita, covelina, fernetita y luzonita.

El plomo es uno de los metales principales en las dos vetas por su abundancia, la galena es el mineral principal de este metal, siendo la jamesonita y boulangerita minerales de plomo muy raros.

El zinc, es un metal tan abundante como el plomo y de valor económico apreciable, es llevado por la esfalerita, mineral que es un sulfuro de zinc.

La mineralogía y sus controles en las dos vetas no está bien determinado, faltando muchos conocimientos sobre todo de los clavos mineralizados, formación de los lentes de mineral, variación y distribución del mineral y su relación con las estructuras y los movimientos postminerales de dichas estructuras, información necesaria para tener mayor seguridad de los alcances de la mineralización en las vetas Caudalosa y San Pedro.

C.- Textura de los Minerales

La palabra "textura" es empleada en su acepción de agregación de los minerales en lugar de "estructura", para no confundirse con la misma palabra empleada para dar a conocer la forma de las fracturas en las vetas.

Las dos vetas presentan textura variada. Los princ

ros minerales se depositaron en las cajas de las fracturas y han crecido hacia el interior en forma de bandas o fajas estratificadas asimétricas que han producido la "textura crustificada" (crustified banding, comb texture). A veces el relleno no es compacto y quedan en el interior cavidades o drusas de tamaño variable no mayor a 50 cm. de diámetro y que presentan cristales de cuarzo o pirita implantados perpendicularmente a sus paredes. Otras veces los minerales se depositan mesclados continuamente en ambas cajas hasta que la cavidad se rellena totalmente. Este tipo de relleno da origen a la "textura compacta" o "masiva". En ocasiones que fragmentos de roca desprendidos de las cajas o de brechas se encontraban sueltos, los minerales se han depositado rodeando el fragmento en capas concéntricas y han formado la "textura en escarapelo".

El cuarzo algunas veces se encuentra formando "textura lamelar", producto de sucesivas fases de mineralización, que han contribuido al relleno de las fracturas en las dos vetas y en muchas ocasiones modificaron las texturas anteriores o han formado nuevas texturas. El cuarzo en esta textura se encuentra formando láminas que se entrecruzan y sus caras presentan finos cristales de cuarzo, implantados perpendicularmente a ellas.

La textura de los minerales está íntimamente relacionada a la estructura, potencia, buzamiento, zonas de cisamiento y brechas de las fracturas mineralizadas y a los

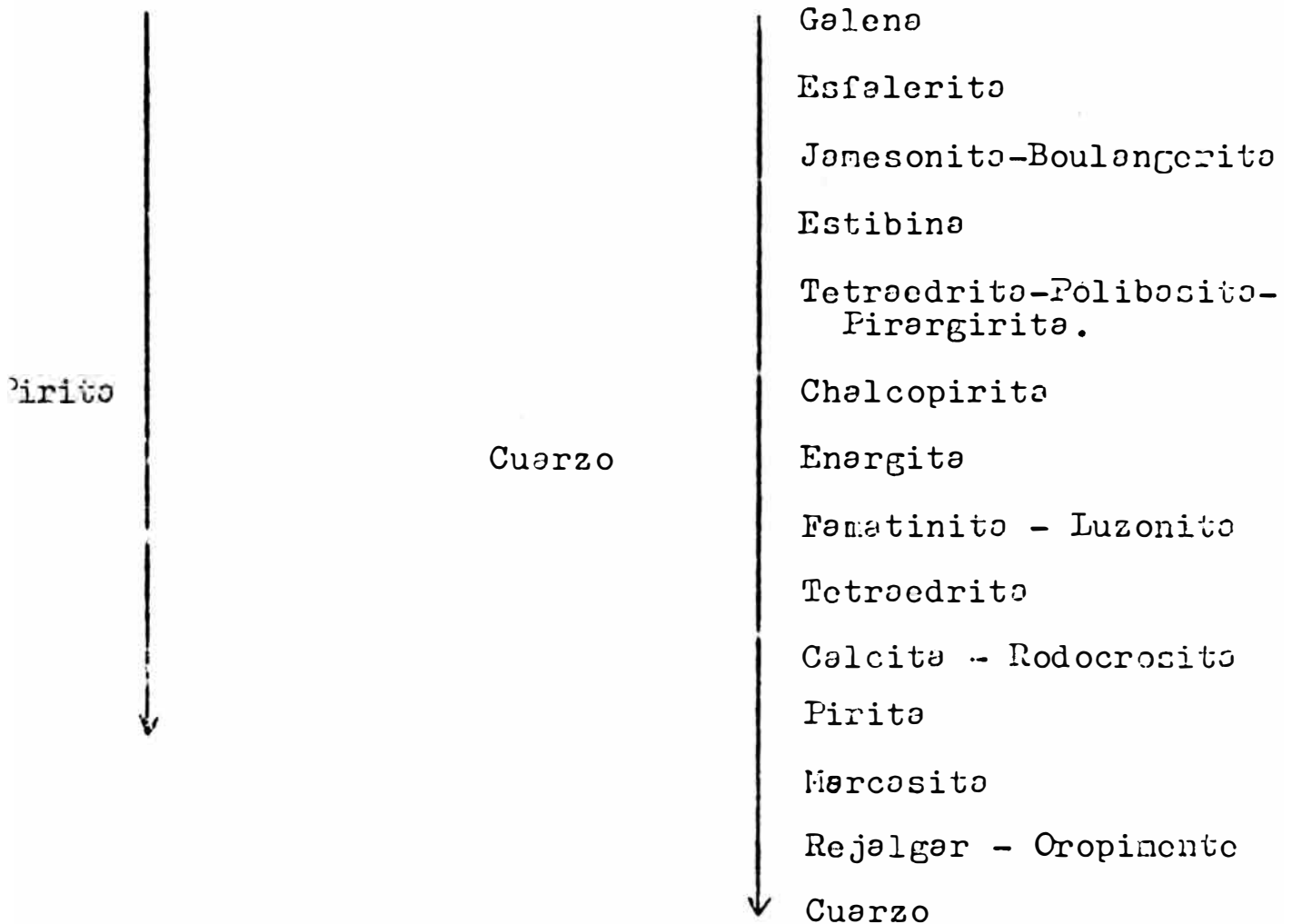
movimientos postminerales de ellas que han contribuido a modificar la textura en las dos vetas.

D.- Paragénesis de los minerales

El estudio de la paragénesis de los minerales de las vetas Caudalosa y San Pedro debe ser llevado desde el campo de la minerografía de dichos minerales con el fin de conocer su secuencia de deposición. Para saber la relación de Formación o Secuencia Mineral de formación de los minerales en las dos vetas, con el objeto de llegar a conocer los posibles cambios del mineral en profundidad, principalmente se tiene la información proporcionada por la observación macroscópica de los minerales tomada directamente del terreno, la que pone de manifiesto la existencia de varias fases de mineralización y la naturaleza cambiante de las soluciones mineralizadoras que han rellenado sucesivamente las cavidades o espacios libres de las fracturas, produciendo a veces cambios en la textura, estructura y paragénesis de los minerales. Además se tiene ejemplos de Sucesión de Deposición de los minerales en minas estudiadas con origen similar al yacimiento de Caudalosa y tablas de Secuencia General o Paragénesis de Minerales de autoridades en el estudio de esta materia, las que se muestran en las Tablas No. 1, No. 2 y No. 3 y Cuadros No. 8, No. 9, No. 10 y No. 11. El estudio interpretativo de los elementos expuestos aporta juicio personal para preparar el Cuadro No. 6, Paragénesis de los Minerales en la Mina Caudalosa, que se presenta a continuación.

CUADRO 6

PARAGENESIS DE LOS MINERALES EN LA MINA CAUDALOSA



E.- Alteración de la roca encajonante

La alteración sufrida por la roca encajonante debido a la acción de las soluciones hidrotermales que han circulado y depositado los minerales en las fracturas, es relativamente poca.

Generalmente se observa una aureola de alteración

de color más claro que el resto de la masa rocosa, que alcanza una potencia de 80 cm. en zonas de mayor mineralización y la presencia de pirita muy diseminada en cristales finos de algunos mm. de diámetro es común en esta zona.

La alteración de la roca encajonante es más acentuada en los lugares donde se encuentran los lentes más ricos y en las zonas de mayor fracturamiento siendo las principales alteraciones sufridas por las paredes de las fisuras la "silicificación", "kaolinización", y "cericitización", no habiendo fenómenos de reemplazamiento o metazomatismo.

La silicificación y kaolinización han formado zonas de puzozo producidas por los movimientos de las cajas.

La cericitización es reconocida pero en menor amplitud que la kaolinización y también ha sufrido alteraciones mecánicas.

Otra alteración de las cajas debida a las aguas condensadas de naturaleza ácida, es la formación de "alunita", que se encuentra mayormente en las paredes del Niv. 570 en las dos vetas. Esta sal se presenta de color blanco amarillento en masas terrosas porosas de sabor agrio astringente.

4.- Controles Estructurales y Petrográficos

Las fracturas sufren cambios en profundidad que afectan directamente a la mineralización en una relación no siempre desfavorable a su contenido de valores.

Anteriormente he explicado, que esfuerzos de tensión han formado las fracturas que constituyen las vetas Caudalosa y San Pedro. Estas fracturas se encuentran ordenadas en el tipo de "fracturas en echelón" y sus extremos sufren gradual angostamiento hasta desaparecer. La mineralización dentro de las fracturas forma "clavos de mineral" ubicados generalmente en los sitios donde la estructura tiene más potencia.

Con el desarrollo del nivel más bajo, Niv. 490, se ha puesto de manifiesto que la fractura o veta Caudalosa presenta gradual pérdida de potencia, característico que está relacionado al cambio de sentido en su buzamiento. Esta disminución de potencia y cambio de buzamiento es netamente estructural y no ha influido en la mineralización, pues ésta, no muestra cambios que señalen empobrecimiento o enriquecimiento en sus principales valores, sin embargo se ha reconocido una pequeña disminución muy gradual de la tetraedrita.

Según las secciones de las vetas Caudalosa y San Pedro (") es de esperar que el cambio de buzamiento de la veta Caudalosa traiga en niveles más profundos gradual disminución de potencia y después suceda un aumento de potencia si la disminución anterior no trae consigo la pérdida o el final de la

(") Planos de Secciones Vetas Caudalosa y San Pedro, Niveles 610 a 490.- Planos No. 13, No. 14, No. 15, No. 16, No. 17 No. 18, No. 19, No. 20, No. 21 y No. 22.

estructura.

Las fracturas mineralizadas tanto del área de Coudalosa como de toda la región de Castrovirreyne se encuentran en andesita, rocas volcánicas del Terciario, formadas por gran número de capas individuales de naturaleza casi homogénea. La estratificación de las rocas no ha ejercido control sobre la formación de estos yacimientos y el cambio del mineral por el cambio de la roca encajonante no es de esperarse sino a niveles más profundos, pues la potencia de los derrames andesíticos alcanzan promedios mayores a 1000 m. (Erwin Rose K.) y quizás mucho antes se ha producido el cambio de la mineralización debida al zonamiento hipógeno.

5.- Afloramientos

La erosión ha puesto al descubierto las vetas, que se encuentran en la superficie formando pequeñas quebradas o surcos en la masa rocosa, evidenciando que la roca encajonante ha sido más resistente a la erosión que el material de relleno de las fisuras. Los afloramientos muestran sus cajas bien formadas, que asemejan a muros sin huellas de una alteración marcada.

Materiales propios de afloramiento, tanto en la veta Coudalosa como en San Pedro no existen, han desaparecido con los trabajos antiguos de explotación, por ser el mineral más fácil de extraer y tener valores muy apreciables en leyes

de plata. Actualmente en la parte de Caudalosa Antigua, los afloramientos en su mayor parte se encuentran cubiertos por desmonte y minerales oxidados que forman canchales o reservas de cierto valor por su contenido de plata, siendo estos materiales restos de explotación primitiva; en la parte baja, que comprende la quebrada, los afloramientos se encuentran cubiertos por relleno glaciar que los oculta completamente. Ver Fotografías No. 1, No. 3, No. 12 y No. 13, y Planos de Afloramientos de Vetas No. 39 y Sección Longitudinal Veta Caudalosa y Veta San Pedro, No. 50 y No. 51.

El afloramiento de la veta Caudalosa es el más largo y presenta sobre su superficie mayor cantidad de desmonte que el afloramiento de la veta San Pedro, lo que muestra mayor trabajo de explotación.

En el presente caso, por los motivos expuestos los afloramientos no proporcionan una información completa sobre los yacimientos, debido a la deformación sufrida por los trabajos de explotación.

6.- Oxidación de los sulfuros y enriquecimiento supérgeno

En el yacimiento de Caudalosa en determinada época en su mineralización probablemente se formó una disposición zonal debido a encontrarse expuesto a la erosión que le ocasionó una meteorización larga y continua.

Las vetas de este modo se oxidaron y por acción de

los aguas superficiales los minerales se lixiviaron, lo que trajo consigo la falta de muchos de sus materiales valiosos hasta niveles donde la oxidación ya no pudo producirse.

Esta disposición zonal, característica en muchos de pósitos, en su extensión más amplia comprende:

Afloramiento o Cubertura

Zona de Oxidación y Lixiviación

Zona de minerales oxidados

Capa de aguas freáticas.

Zona de enriquecimiento de sulfuros supergénicos.

Zona de minerales Hipógenos o Primarios.

Debido a condiciones especiales e individuales de este yacimiento la formación zonal en él es de esperar que no fue completa o estuvo alterada. El clima, la glaciación y la rápida erosión en la región, posiblemente determinaron que algunas zonas estén ausentes o alcancen una extensión muy corta y las restantes, exceptuando la zona de minerales primarios, sean en la actualidad de difícil reconocimiento, debido a la intensa explotación efectuada desde el afloramiento de los vetos.

La zona de oxidación y lixiviación, debido al corto tiempo de oxidación, al clima frígido de la glaciación y a la erosión intensa, posiblemente ha sido muy corta en su exten-

sión y ha estado expuesta a cambios bruscos. La zona de minerales oxidados ha sido la zona donde se han encontrado ricas bonanzas en leyes de plata que dieron fama a este yacimiento y fueron trabajadas intensamente. En 1769 en las notas de Don Alvaro Monroy conocidas como "el Derrotero de Monroy", se lee: "los minerales de Caudalosa alcanzan leyes hasta de 30 marcos de plata por cajón" (cada marco igual a 230 granos y un cajón 60 qq. o sea 2.760 Kg.). Actualmente los minerales correspondientes a esta zona se han agotado, calculándose que alcanzaron profundidades variables de unos cuantos metros a 40 m. aproximadamente.

Con los trabajos actuales de explotación la oxidación ha profundizado y se observa la presencia de limonita en los niveles inferiores, Niv. 530 y Niv. 490. Esta limonita que se encuentra muy extendida y diseminada procede mayormente de la oxidación de la pirita, un sulfuro ferroso que se transformó en oligisto y goethita, óxidos de hierro cuyo nombre en forma indeterminada se designa con el nombre de "limonita".

La zona de enriquecimiento de "sulfuros supergénicos", es desconocida, posiblemente fue muy corta y ocurrió en forma incipiente, siendo explicable al considerar que la zona de oxidación, ha bajado muy rápidamente y no dio tiempo a la formación de esta zona, es decir que faltó tiempo para producir mayor enriquecimiento de los sulfuros. Otros facto-

ros que influyeron en este proceso son el clima frígido y una erosión bastante rápida sobre una superficie topográfica joven.

La zona de "minerales hipógenos" o de "sulfuros primarios", es la que actualmente se trabaja y está formada por los sulfuros que se han reconocido en las vetas Caudalosa y San Pedro y cuya relación se presenta en el Capítulo IV, 5.- Mineralización Hipógena (Primaria) de las fracturas, A.- Mineralogía.

En la actualidad con los trabajos de explotación de esta zona se lleva a cabo fenómenos de oxidación de los minerales de fierro y cobre, que originan soluciones ácidas y diluyen estos metales transportándolos a los niveles más bajos. Estas soluciones principalmente están formadas por sulfato de cobre y ácido sulfúrico, que constituyen un problema para las instalaciones de fierro en la mina o las que atacan y corroe precipitando cobre el que es conocido con el nombre de "cemento de cobre". En ocasiones, que las soluciones se saturan de sulfato de cobre, éste precipita de dichas soluciones y forma cristales o agregados estalactíticos en los techos de los Niveles 610 y 570. En resumen, la zona de los minerales primarios es la zona de interés primordial y de su extensión y riqueza depende el futuro del yacimiento.

7.- Profundización de la Mineralización

El estudio de las estructuras y la mineralización ha reconocido que las menas en las dos vetas se encuentran formando concentraciones o cuerpos de mineral ricos en metales valiosos que se conocen con el nombre de "clavos de mineral" ("ore shoot"), pero carecemos de un estudio detallado que nos dé a conocer la forma, posición y naturaleza de cada uno de ellos, con el objeto de poder predecir el comportamiento que tendrán en niveles inferiores desconocidos.

Debido a esta falta de conocimiento, en la actualidad, para realizar la "Cubicación del Yacimiento de Caudoloso", se hace uso de una regla empírica para determinar la probable extensión de los clavos de mineral en profundidad. Esta regla supone que: "el mineral se extiende hacia abajo en una distancia por lo menos igual a la mitad de la longitud horizontal del clavo, reconocido en el último nivel".

La práctica de esta regla es muy común en muchas minas debido a que la cantidad estimada de mineral se calcula con una razonable seguridad, sin embargo debe aplicarse con precaución para evitar errores sobre todo cuando se trata de estimar la máxima cantidad de mineral que existe y cuando se aplica en clavos de forma irregular.

La profundización o terminación de los cuerpos mineralizados, obedece a factores Estructurales, Petrográficos y

mineralógicos que influyen directamente en forma individual o juntos a la vez. Analizaremos la variación de estos factores y la influencia que ejercen en la probable profundización del mineral en ambas vetas.

La roca encajonante y las fracturas no han sufrido cambios dentro de los límites conocidos del yacimiento, por lo tanto su variación no ha influido en la mineralización.

Las características estructurales de las fracturas que forman las vetas, persisten en los niveles más bajos sin alteración. Las estructuras no manifiestan mayores cambios en la naturaleza de sus cajas, se tienen zonas de cizallamiento y fracturamiento y no se presentan fenómenos de reemplazamiento en ellas.

La veta Caudalosa en su tramo Este se ha explorado en parte hasta el Nivel 490, tramo en que la fractura muestra un cambio de buzamiento de la veta de Sur a Norte, que se inicia en el Nivel 570 y continúa a los Niveles 530 o 490. Al cambiar el buzamiento, la fractura comienza a sufrir un gradual adelgazamiento y con ello lógicamente la cantidad de mineral es menor. En cuanto a las conocidas formas estructurales de la veta, el tipo llamado "en echelón" no cambia en profundidad, pero no se conoce el comportamiento de la estructura "anillo cimoides" en los últimos niveles.

En la veta San Pedro la estructura en el tramo Oeste casi es desconocida y el desarrollo en el Nivel 610 ha des-

descubierto hasta el momento una fractura estéril; en el tramo este se ha explorado la veta hasta el Nivel 570. En esta parte de la veta muestra características estructurales importantes se ha reconocido que cuando cambia su buzamiento de Sur a Norte, el remol inferior que buza al Norte sufre un adelgazamiento notable y la potencia se hace mínima, naturalmente los minerales son escasos y se forma un tramo estéril Sección 55 E Nivel 490; en cambio cuando la veta mantiene su buzamiento al Sur desde el Nivel 640 al Nivel 570, la fractura no pierde potencia y la mineralización no disminuye en cantidad. La estructura "en echelón" característica de esta veta no cambia en profundidad.

En ambas vetas se ha reconocido que las fracturas en el nivel más bajo se presentan fuertes y definidas, no encontrándose debilitamiento de la estructura o desgaste de ella, ocasionados por zonas de esfuerzos o cizallamientos que sea indicio de una próxima terminación de las estructuras en profundidad.

En este tipo de yacimiento de origen hidrotermal, es de esperar que con la profundización se presenten cambios en la mineralogía de las menas debido al "zonamiento hipógeno". Los últimos trabajos de desarrollo en los niveles más bajos no han descubierto cambio alguno que pueda ser indicio de un posible cambio zonal.

Así mismo se conoce que los cambios de mineralogía

que ha sufrido el yacimiento debido a procesos supérgenos no han profundizado mucho, por lo tanto, no han originado deformaciones en los elementos interpretativos de las vetas en los niveles inferiores que pueden ocasionar interpretaciones equivocadas en la probable existencia del mineral en profundidad.

En las dos vetas no hay cambios mineralógicos, pero se ha reconocido tendencia a variación en la cantidad de ciertos minerales.

La tetraedrita experimenta pequeña disminución en profundidad y es muy posible que algo similar ocurra con la polibosita y pirargirita, minerales principales de plata que están íntimamente asociados a ella. Entonces se puede decir que los valores de plata tienden a disminuir en profundidad.

La galena y esfalerita no han demostrado tendencia a aumentar o disminuir, faltando mayores conocimientos sobre ellas.

La chalcopirita ha experimentado un pequeño aumento en el nivel más bajo de la veta Caudalosa, Nivel 490, pero en proporción menor de lo que ha disminuido la tetraedrita.

Del resto de minerales de cobre no se conoce nada, pero se puede pensar que debido a su naturaleza y asociación, también han comenzado a disminuir.

El oro que se presenta en partículas muy finas y diseminadas es de difícil control y no se conoce tendencia alguna de él, pero, el que se encuentra en la pirita se puede de-

ir que ha aumentado y actualmente se realizan ensayos para recuperar la pirita de los relaves de la Planta Concentradora, los que tienen una ley de 6 gr. de oro por T. M.

En relación con el problema de profundización de los minerales concluiremos diciendo que, los yacimientos epitermales son famosos por presentar en profundidad cambios notables y bruscos (Mc Kinstry), pero de lo expuesto anteriormente se deduce que la mineralización de este yacimiento en los niveles más bajos no ha sufrido cambio que signifique no poder encontrar mineral a mayor profundidad, y la tendencia de los minerales de plata a disminuir en profundidad sea probablemente debido al zonamiento hipógeno.

Es cierto que las vetas epitermales profundizan poco, pero algunas se han explotado a más de 3,000 pies de profundidad, y si el zonamiento hipógeno ocasiona disminución de los metales preciosos se puede presentar una compensación con el aumento de los metales básicos plomo, zinc y cobre, y la vida del yacimiento en este caso dependería de si es o no económica la explotación de una mena compuesta principalmente por galena, esfalerita y chalcopirita en vetas de potencia algo menor a las conocidas; o puede dar el caso de encontrarse minerales nuevos pertenecientes a yacimientos más profundos, como leptotermales o mesotermales, entonces la explotación continuaría si ellos son de valor comercial.

Con respecto a las fracturas se ha determinado que

ellos sufren disminución de potencia con el cambio de buzamiento de la estructura, si este adelgazamiento continúa en profundidad probablemente las fracturas terminen y con ellas la mineralización. Si las fracturas no terminan es de esperar que tengan un nuevo aumento gradual de potencia y la mineralización continúe.

Si al terminar la mineralización con el término de las fracturas no se han producido cambios mineralógicos, es de esperar que sólo se debe a motivos estructurales y no zonales. En este caso es posible que nuevas estructuras mineralizadas existan en profundidad, criterio que se encuentra reforzado al saber que la roca encajonante no cambia antes de los 1,000 m. de profundidad.

B.- Reservas de Mineral

A.- Principios Generales

Las reservas de mineral de la Mina Caudalosa, se han calculado de acuerdo a los métodos clásicos cuyos principios explicaré en forma general sin detenerme a describirlos ni a discutir su grado de exactitud, sólo diré que se han aplicado de acuerdo a las exigencias de la teoría y a la realidad de la mina, sobre todo en los trabajos de campo para conseguir exactitud y obtener resultados reales de acuerdo a un trabajo de primera magnitud.

a. Muestreo

El muestreo de galerías, chimeneas y tajos se ha realizado por el método conocido de cables, tomándose las muestras cada 2 m. en las galerías y chimeneas y cada 5 m. en los tajos.

Las muestras se han ensayado en el laboratorio de la mina y los leyes obtenidos se han pasado a las hojas de muestreo en forma ordenada muestra por muestra. Con las leyes de estas hojas se ha hecho los Planos de Muestreo de cada nivel. Las muestras que tienen resultados que difieren mucho de las muestras vecinas se han eliminado por considerarlos con error.

b. Clasificación del mineral

Con el resultado del muestreo, los planos de muestreo, y el conocimiento geológico del yacimiento (estructural, mineralógico, petrográfico y criterio de la continuidad del mineral en profundidad) el mineral se ha delimitado en bloques y clasificado en:

Mineral Probado: "Es el mineral en el cual las evidencias geológicas permiten afirmar que no hay ningún riesgo de continuidad o si el bloque está rodeado de cuatro superficies muestreadas el riesgo se reduce al mínimo".

Mineral Probable: "Es el mineral que tiene cierto riesgo mínimo, pero existe garantía suficiente para suponer su continuidad. Estos blo-

ques entræn en las reservas de mineral".

Mineral Posible: "Este mineral es dudoso y no se puede describir en términos de tonelaje y leyes. No está incluido en las reservas de mineral, se le ha dibujado en los planos y tiene el color amarillo para dar idea de la posible extensión del mineral en profundidad y para los proyectos futuros.

En la determinación de los bloques y clasificación del mineral para el último nivel se considera que el mineral a los clavos del Este se extiende por lo menos 10 m. hacia abajo; otros 10 m. a continuación se consideræn como probables y para los otros clavos de estas vetas sólo se considera una extensión de 8 m.

c.- Gravedad específica

En el laboratorio de la mina se ha determinado los verdaderos pesos específicos cuyos resultados son:

Mineral	3.34
---------	------

Roca	2.80
------	------

Para los cálculos se ha considerado:

Mineral	2.7
---------	-----

Roca (desmonte)	2.3
-----------------	-----

con el objeto de dar un margen de seguridad a los cálculos del tonelaje de mineral.

d.- Dilución, Potencia de las vetas y Castigo
los leyes

En el cálculo de la dilución se ha tenido
cuenta:

- Ancho mínimo de explotación 0.90 m.

Se considerará un ancho de 0.15 m. de caja a ambos lados
y en el caso de cajas muy alteradas se considerará una
dilución de 0.20 m. en cada caja.

- La diferencia de los anchos de veta en dos canales de
muestreo consecutivos no debe ser mayor de 0.50 m.,
en caso contrario la potencia menor se aumenta para
conseguir esta diferencia.

- La potencia original de la veta es aumentada con la di-
lución y se tiene la potencia diluida.

- Las leyes promedio de cada bloque se han castigado con
el 10% por posible error del muestreo, estas leyes dis-
minuyen nuevamente con la dilución.

e.- Valor por unidad de cada metal "in situ"

Se ha determinado el valor por unidad de ca-
da metal del mineral "in situ", mineral crudo sin extraer de
la mina, y los coeficientes obtenidos son:

Plomo	1% en T. M.	\$0.512
Zinc	1% en T. M.	\$0.286
Cobre	1% en T. M.	\$3.527

Plata	1 Oz.	\$ 0.822
Oro	1 Oz.	\$11.851

El valor de cada unidad de contenido metálico se ha obtenido con los siguientes precios de los metales:

Plomo	12.5 ¢ /lb.
Zinc	9.5 ¢ /lb.
Cobre	28.5 ¢ /lb.
Plata	102.2 ¢ /Oz.
Oro	35.0 \$ /Oz.

que se han aplicado en el cálculo del valor de los concentrados de mineral cuyas leyes promedio son los siguientes:

Concentrado de Plomo:

Plomo	37.0 %
Zinc	-. -
Cobre	9.6 %
Plata	124.3 Oz/T.C.
Oro	0.46 Oz/T.C.

Concentrado de Zinc:

Plomo	-. -
Zinc	55.7 %
Cobre	-. -
Plata	18.82 Oz/T.C.
Oro	-. -

f.- Costo de Operación por Tonelada Métrica

de Mineral

El costo de operación asumido es:

Costo de mina	\$4.98
Costo de Planta	\$2.15
Gastos Generales	\$1.60
Costo de Operación	\$8.73 por T. M.

g.- Bloques de mineral que entran a las reservas

Han ingresado al tonelaje de Reservas de Mineral Probado todos los bloques cuyo contenido metálico tenga un valor igual o mayor al Costo de Operación más un 20% por I.H.S., para nuestro caso es de $\$8.73 \times 1.2 = \10.48 .

Para obtener el valor del contenido metálico se usan los coeficientes obtenidos anteriormente.

Los bloques que no alcanzan este valor ingresan a formar parte de las Reservas Marginales y los muy pobres a constituir bloques de baja ley.

Con estos principios se ha realizado el cálculo de las reservas de mineral, cuyos resultados en tres años se tienen en los cuadros siguientes:

CUADRO 2

RESERVAS DE MINERAL MINA CAUDALOSA

Resumen 31 - XII - 1959

	Tonelaje T.M.S.	Pot. m.	Ag. g/T.M.	Cu %	Pb %	Zn %
<u>Veto Caudalosa</u>						
Mineral Fresco Probado	226,305	1.64	445	1.08	3.51	2.38
Mineral Fresco Probable	55,458	1.73	420	1.18	2.39	2.44
<u>Veto San Pedro</u>						
Mineral Fresco Probado	98,538	1.35	272	0.90	4.68	3.29
Mineral Fresco Probable	12,791	1.18	340	1.26	6.12	2.98
Total Mineral Fresco Probado	324,843	1.55	392	1.02	3.86	3.00
Total Mineral Fresco Probable	68,249	1.43	405	1.19	3.09	2.54
Total Reservas Frescas	393,092	1.52	395	1.04	3.72	2.92
Total Reservas Oxidadas	5,500		319	0.94	4.10	1.52
Total Reservas Rellenos Antiguos	35,630		280	0.68	1.80	1.70
Total Reservas Mina	434,222		385	1.01	3.56	2.79

Resumen 31 - XII - 1960

<u>Veto Caudalosa</u>						
Mineral Fresco Probado	167,959	1.64	455	1.10	3.38	2.85
Mineral Fresco Probable	53,775	1.70	419	1.05	2.41	2.54
<u>Veto San Pedro</u>						
Mineral Fresco Probado	58,236	1.36	294	0.97	3.92	3.45
Mineral Fresco Probable	13,703	1.19	323	1.16	6.00	3.00

	Tonelaje T.M.S.	Pot. m.	Ag. g/T.M.	Cu %	Pb %	Zn %
Total Mineral Fresco Probado	226,195	1.57	413	1.06	3.52	3.00
Total Mineral Fresco Probable	67,478	1.59	399	1.07	3.14	2.63
Total Reservas Frescas	293,673	1.57	409	1.06	3.43	2.91
Total Reservas Oxidadas	3,500		319	0.94	4.10	1.32
Total Reservas Rellenos Antiguos	35,630	--	280	0.68	1.80	1.70
Total Reservas Mina	332,803		394	1.02	3.26	2.76

Resumen 31 - XII - 1961

Veta Caudalosa

Mineral Fresco Probado	156,533	1.57	459	1.13	3.25	2.88
Mineral Fresco Probable	41,957	1.70	419	0.85	2.87	3.01

Veta San Pedro

Mineral Fresco Probado	36,797	1.45	216	0.59	4.66	3.33
Mineral Fresco Probable	13,704	1.19	323	1.16	6.00	3.00
Total Mineral Fresco Probado	193,330	1.55	418	1.03	3.25	3.06
Total Mineral Fresco Probable	55,661	1.54	389	0.93	3.64	3.01
Total Reservas Frescas	248,991	--	411	1.01	3.34	3.05
Total Reservas Oxidadas	3,500	--	319	0.94	4.10	1.32
Total Reservas Rellenos Antiguos	35,630	--	200	0.68	1.80	1.70
Total Reservas Mina	288,121		344	0.97	3.16	2.86

TABLA 1

Secuencia Normal de Deposition de minerales hidrotermales

Fragmento de una Tabla de Newhouse (U. Petersen)

↓
Magnetita
Pirita
Arsenopirita
Tetraedrita
Chalcopirita
Galena
↓
Rosicler

CUADRO 8

Secuencias típicas según H. Schneiderhöhn.

Extraído de "Geología Región Minera de Viso Aruri".

Tesis de Grado: Por U. Petersen.

↓
Cuarzo
Arsenopirita
Pirita
Esfalerita
Chalcopirita
↓
Galena

↓
Calcita
Cuarzo
Pirita
Chalcopirita
Esfalerita
Calcita
Tetraedrita
Chalcopirita
Galena
↓
Baritina

↓
Cuarzo
Esfalerita
Chalcopirita
Galena
Tetraedrita
Plata Nativa
Calcita
Galena
↓
Chalcopirita

Nota: Oro entre cuarzo y chalcopirita
Baritina entre esfalerita y galena
Calcita después de tetraedrita.

TABLA 2

Minerales según su temperatura de formación

Por Alan M. Bateman "Yacimientos Minerales de
Rendimiento Económico"

<u>Alto</u>	<u>Intermedio</u>	<u>Baja</u>	
Magnetita	Calcopirita	Estibina	Plata roja
Aspicularita	Arsenopirita	Rejalgør	Marcasita
Pirrotina	Galena	Cinabrio	Adularia
Urnalina	Blenda	Telúridos	Colcedonia
Moscovita	Tetraedrita	Selénidos	Rodocrosita
Ironite		Argentita	Siderita
Piroxeno			
Anfibol			
Topacio			

CUADRO 9

Paragénesis de minerales Mina Caudaloso

Extraído de "Estudio Geológico de la Región de

Castrovirreyne". Por Erwin Rose Kemp

Galena
Esfalerita
Jamesonita
Tetraedrita
Enargita
Luzonita
Pirita
Rejalgør - Oropimento
Cuarzo.

CUADRO 10

Paragénesis de las minas Constancia, Colquipallana,
Coripallana, Jorge Chávez y Perú

Geología Región Minera Viso-Aruri" Tesis de Grado de
J. Petersen.

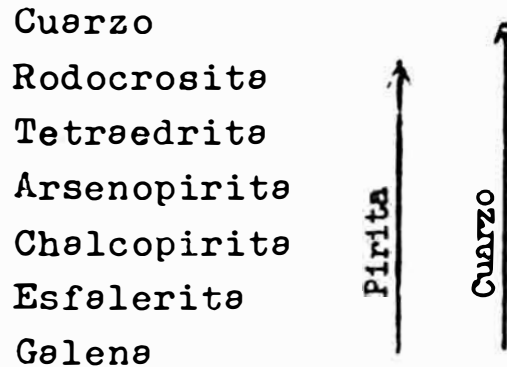


TABLA 3

Deposición usual de los sulfuros en depósitos hidro
y Epitermales

Mineral Deposits.- Por W. Lindgren 1,933

- Pirita
- Arsenopirita
- Arseniuros de Cobalto y Níquel
- Pirrotita
- Esfalerita
- Enargita
- Tennantita
- Tetraedrita
- Bornita
- Chalcopirita
- Galena
- Argentita
- Oro
- Sulfoantimoniuros y Sulfoarseniuros de plata y plomo.

CUADRO 11

Sucesión Hipógena de los minerales en la mina

Smuggler Colorado

"Mineral Deposits",.- W. Lindgren 1,933

↓
Cuarzo
Pirita, Arsenopirita y
Rodocrosita
Chalcopirita
Esfalerita y Chalcopirita
Galena
Tetraedrita, Polibasita y
Chalcopirita
Oro
↓ Calcita

TABLA 4

MINERALES QUE SEGUN EMMONS SE ENCUENTRAN EN LOS DIFERENTES TIPOS DE YACIMIENTOS METALIFEROS

Extracto de una Tabla del "Curso de Geología Económica de Yacimientos Minerales" por Juan F. Aguilar Revorco.

<u>Minerales</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>	<u>F</u>
Blenda		+	+	+	+	+
Calcita		+	+	+	+	+
Chalcopyrita	+	+	+	+	+	+
Covellita	+	+	+			
Cuarzo	+	+	+	+	+	+
Energita					-	
Estibina				+	+	+
Galena		+	+	+	+	+
Limonita						
Marcasita						+
Oro	+	+	+	+	+	+
Oropimente					-	
Pirargirita					+	+
Pirita	+	+	+	+	+	+
Polibasita					+	+
Prustita					+	+
Rejalgar					+	+
Rodocrosita		+			+	+
Rodonita		+	+		+	+
Tetraedrita					+	+
Yeso						

Común a varios tip. +

Exclusivo de este Tipo -

- A = Singenético
- B = Epigenético
- C = Contacto
- D = Hipotermal
- E = Mesotermal
- F = Epitermal

TABLA 5

MINERALES DE DEPOSITOS HIDROTERMALES

Extracto Tabla No. 10 según Mc Kinstry

Mining Geology.- N.Y. 1948

<u>Minerales</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
Oro nativo	X	X	X	X
Pirita	X	X	X	X
Esfalerita	X	X	X	X
Galena	X	X	X	X
Chalcopirita	X	X	X	X
Enargita (Famatinita)		X	X	(x)
Jamesonita		(x)	X	X
Boulangerita	?		X	?
Plata nativa			X	
Platas rojas (Rosicler)			(x)	X
Polibasita			(x)	X
Marcasita				X
Estibina		(x)	(x)	X
Rejalgar				X
Oropimente				X
Carbonatos	X	X	X	X
Cuarzo	X	X	X	X
Rodonita	X	X	(x)	
Rodocrosita			X	X
Común o característico	X			
Esparcido u ocasional	(x)			
Ocurrencia dudosa	?			

A = Hipótermales
 B = Mesotermales
 C = Leptotermales
 D = Epitermales

CUADRO 12

CLASIFICACION DE LOS DEPOSITOS MINERALES SEGUN LA POSICION
DEL FOCO MAGMATICO CON RESPECTO A LA SUPERFICIE TERRESTRE
DURANTE EL PROCESO METALOGENETICO

Curso de Geología Económica del Dr. G. Petersen (Fac. de Minería)

- a.- Depósito Abisal
- b.- Depósito Hipoabisal
- c.- Depósito Subvolcánico
- d.- Depósito Volcánico

CLASIFICACION DE LOS DEPOSITOS MINERALIZADOS SEGUN LA DISTANCIA
ENTRE LOS DEPOSITOS MINERALIZADOS Y EL FOCO MAGMATICO

Curso de Geología Económica del Dr. G. Petersen (Fac. de Minería)

- a.- Depósitos Telemagmáticos
- b.- Depósitos Criptomagmáticos
- c.- Depósitos Apomagmáticos
- d.- Depósitos Perimagmáticos
- e.- Depósitos Intromagmáticos

CLASIFICACION DE LOS DEPOSITOS MINERALES SEGUN SU POSICION
RELATIVA CON EL BATOLITO

Curso de Geología Económica del Dr. G. Petersen (Fac. de Minería)

- a.- Depósito Criptobatolítico
- b.- Depósito Acrobatolítico
- c.- Depósito Epibatolítico
- d.- Depósito Embatolítico
- e.- Depósito Endobatolítico
- f.- Depósito Hipobatolítico

CUADRO 13

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS MINERALES.

Por Alen M. Bateman

"Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico"

- | | |
|---|---|
| 1.- Concentración Magmática | I. Magmáticos primarios
II. Magmáticos posteriores |
| 2.- Sublimación | . Sublimados |
| 3.- Metamorfismo de contacto | . Metasomáticos de contacto |
| 4.- Procesos hidrotermales: | |
| A.- Relleno de cavidades | Relleno de cavidades |
| | A.- Filones de fractura |
| | B.- Zonas de cizallamiento |
| | C.- Criaderos (stockworks) |
| | D.- Filones escalonados |
| | E.- Crestas de repliegue
(saddle reef) |
| | F.- Relleno de fracturas de
tensión |
| | G.- Relleno de brechas |
| | a.- Volcánicos |
| | b.- Tectónicos |
| | c.- Colapsados |
| | H.- Relleno de cavidades de
disolución: |
| | a.- Cavernos y canales |
| | b.- Filones de incisión |
| | I.- Relleno de poros |
| | J.- Rellenos vesiculares |
| B.- Reemplazamiento | Reemplazamiento |
| | A.- Masivo |
| | B.- Filones de fractura |
| | C.- Diseminados |
| 5.- Sedimentación (excluyendo
evaporación) | |
| 6.- Evaporación | Evaporitos |
| 7.- Concentración residual y mecánica: | |
| A.- Concentración residual | Depósitos residuales |
| B.- Concentración mecánica | Placeres |
| | A.- Fluviales |
| | B.- Marinos |
| | C.- Eluviales |
| | D.- Eólicos |
| 8.- Oxidación superficial y enriquecimiento supergénico | |
| 9.- Metamorfismo. | |

CUADRO 14

CLASIFICACION DE LOS DEPOSITOS MINERALES

Por Waldemar Lindgren (Mineral Deposits)

- Depósitos producidos por procesos mecánicos de concentración. (Temperatura y presión moderada).
- II - Depósitos producidos por procesos químicos de concentración. (Temperatura y presión varían entre límites amplios).
 - A.- En masas de aguas superficiales (Depósitos sedimentarios).
 - 1.- Por reacción entre soluciones
 - a.- Reacciones inorgánicas Temperatura 0° a 70°C +
 - b.- Reacciones orgánicas Presión moderada a fuerte.
 - 2.- Por evaporación de solventes
 - B.- En cuerpos de rocas.
 - 1.- Por concentración de sustancias contenidos en el cuerpo mismo.
 - a.- Concentración de rocas e intemperismo cerca de la superficie T. 0° a 100°C +
P. moderada
 - b.- Concentración por aguas vadosas de circulación profunda. T. 0° a 100°C +
P. moderada
 - c.- Concentración por metamorfismo y dinámica regional. T. +400°C +
P. alto
 - 2.- Concentración efectuada por introducción de sustancias extrañas a la roca.

a.- Origen independiente de actividades ígneas
Por circulación de aguas atmosféricas a profundidad moderada a superficial. T. a $100^{\circ}\text{C} \pm$
P. moderada

b.- Origen relacionado a actividades de rocas ígneas:

α.- Por ascención de aguas calientes de origen desconocido, pero cargadas con emanaciones ígneas.

1.- Deposición y concentración a poca profundidad. Depósitos Epitermales. T. 50° a $200^{\circ}\text{C} \pm$
P. moderada

2.- Deposición y concentración a profundidad intermedia. Depósitos Mesotermales. T. 200° - $300^{\circ}\text{C} \pm$
P. alto

3.- Deposición y concentración a gran profundidad o a alta temperatura y presión. Depósitos Hipotermales. T. 300° - $500^{\circ}\text{C} \pm$
P. muy alto

β.- Por emanaciones ígneas directas

1.- De cuerpos intrusivos. Depósitos de metamorfismo de contacto o pirometamórficos. T. probable 500° a $800^{\circ}\text{C} \pm$
P. muy alto

2.- De masas efusivas o volcánicas. Sublimados - Fumeroles. T. 100° a 600°C
P. atmosférica a moderada.

C.- En mágnas por procesos de diferenciación

a.- Depósitos propiamente mágnéticos T. 700° - 1500°C
P. muy alto

b.- Pegmatitas T. cerca $575^{\circ}\text{C} \pm$
P. muy alto

CUADRO 15

CLASIFICACION GENETICA DE LOS DEPOSITOS MINERALES

Por H. Schneiderhöhn

Extraído de "Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico" de Alan B. Bateman.

1- Yacimientos relacionados a actividades magmáticas
(Procesos ígneos primarios):

a.- Magmáticos intrusivos o plutónicos:

I.- Rocas intrusivas y depósitos líquido magmáticos

I - II.- Líquido magmático-neumatolíticos.

II.- Pegmático Neumatolíticos.

A.- Pegmatitas.

B.- De impregnación neumatolíticos

C.- Neumatolíticos de contacto.

II - III. Grupo intermedio Neumatolítico-Hidrotermales

III. Hidrotermales:

Catatermales

Mesotermales

Epitermales

Teletermales

b.- Magmáticos extrusivos:

I.- Extrusivo Hidrotermales

II.- Exhalación.

2- Depósitos sedimentarios:

- 1.- Zonas de oxidación y enriquecimiento secundario.
- 2.- Placeres.
- 3.- Yacimientos residuales.
- 4.- Bioquímico inorgánicos.
- 5.- Sales marinas.
- 6.- Combustibles minerales.
- 7.- Depósitos de agua subterránea descendente.

- Depósitos metamórficos:

- 1.- Depósitos de metamorfismo de contacto térmico.
- 2.- Rocas metamórficas.
- 3.- Depósitos metamórficos.
- 4.- Depósitos metamórficos especiales.

SECCION III

MINADO SUBTERRANEO EN EL YACIMIENTO DE
CAUDALOSA

GENERALIDADES

Esta Tercera Sección trata de la minería en el yacimiento de Caudalosa, describe los trabajos, labores y el equipo empleado en el minado subterráneo.

El objeto principal es dar a conocer en la forma más amplia la explotación subterránea, su organización y sus ventajas e inconvenientes que tiene; esta exposición se completa con cuadros estadísticos, del equipo empleado, desarrollos, producción de mineral y movimiento de desmonte en la mina.

Para dar a conocer el minado subterráneo del yacimiento, los labores se han dividido en:

Prospección y Exploración

Desarrollo

Preparación y Tajeado y se completa con el estudio de Servicios Auxiliares de la mina.

Cada uno de ellos es descrito en la forma más amplia, a fin de tener su mayor conocimiento.

Esta división de labores es con fin didáctico, ya que entre una y otra labor no hay diferencias, estando en cambio muy relacionadas entre sí.

En lo que respecta al equipo empleado, sobre todo la maquinaria, se anota su potencia y capacidad de trabajo, faltando en algunos casos especificaciones debido a incomple-

ta información.

El amplio conocimiento de la mina, de los trabajos efectuados en ella y del equipo empleado, es indispensable para llegar a formar un "nuevo plan de minado" que mejore el actual con el fin de obtener mayor producción, seguridad y mejora de los costos.

CAPITULO V

PROSPECCION Y EXPLORACION

Consideraciones Generales

La prospección superficial propiamente dicha, es una operación que puede decirse ha terminado con el descubrimiento de los afloramientos de las vetas Caudalosa y San Pedro, en cambio queda la búsqueda de nuevas vetas que no han aflorado a superficie y cuya existencia puede ser probable dentro del área de Caudalosa.

Para emprender esta nueva fase de la prospección subterránea, es necesario mayor conocimiento geológico del yacimiento, que nos proporcione elementos suficientes para realizar una exploración planificada tendiente a aumentar las reservas de mineral o conocer sus límites probables auxiliándose con el adecuado equipo de sondeo que evidencie los conocimientos geológicos.

En la actualidad, la exploración de las vetas Caudalosa y San Pedro en los Niveles 610 y 570 en su parte Este, se encuentra paralizada, situación que provino al angostarse las fracturas y disminuir la mineralización.

La exploración realizada en las dos vetas tiene por objeto encontrar nuevas estructuras mineralizadas; con este fin se han realizado las siguientes labores de exploración:

Se ha profundizado el Pique 3 E. 45 m. más. hasta alcanzar el Niv. 490. En este nivel, horizontalmente se ha explorado hasta la sección 350 E. de la veta Caudalosa.

A partir del Pique 3 E. se corrió la cortada 5 E. al NE. en una longitud de 165.0 m hasta la veta Caudalosa. Después se siguió la Galería 110 E. al E. en una longitud de 245 m., lo que puso al descubierto en este tramo la veta Caudalosa con un mineral comercial de leyes: 0.495 Kg/T.M. Ag., 0.86 % Cu., 3.85 % Pb., 3.73 % Zn. que tiene un valor de \$19.10/T.M., en una estructura de 1.1 m. de potencia.

El tipo de estructura de las dos vetas, favorece continuar y agotar la exploración horizontal mediante galerías y cortadas y en profundidad por medio del Pique 3 E., además, conocemos que no se han reconocido signos que indiquen una próxima terminación de las fracturas, ni terminación de la mineralización, queda pues amplio campo a la exploración subterránea del yacimiento.

La exploración subterránea se lleva a cabo mediante cortadas, galerías, laterales, chimeneas, piques, subniveles y estocadas. labores que se describen ampliamente en las operaciones de desarrollo y explotación, así también del equipo empleado.

La exploración de la mina está íntimamente relacionada al desarrollo, en algunos casos se llega a confundir y no se puede establecer una línea divisoria entre una labor de exploración o de desarrollo, pues ocurre que la labor que fue en un principio una operación de exploración, al poner al descubierto el mineral la misma labor se transforma en desarrollo, siendo éste el resultado directo de la naturaleza de las fracturas de poca potencia y del tipo de estructura en que se encuentran ordenados.

2.- Programa

En la mina los trabajos de exploración se programan al principio del año, teniendo en cuenta el factor económico que es el principal en este caso.

En 1961 en la veta Caudalosa se exploró:

Niv. 610, Gal. 455 E. al Este de la Sección 340 E.,
dio un resultado incierto, paró.

Niv. 570, Gal. 47 E. al Este de la Sección 740 E.,
dio un resultado negativo, paró.

- Niv. 490, Gal. 112 E. al Este de la Sección 120 E.
hasta la Sección 300 E., se continúa.

En la veta San Pedro se exploró:

- Niv. 610, Gal. 19 E. al Este de la Sección 825
dio resultado negativo, paró.

- Niv. 570, Gal. 725 E. al Este de la Sección 340 E.,
dio resultados muy halagadores, paró.

- Niv.570, se construye el Pique 445 E., para exploración del Niv. 530.

Ver plano de Labores Subterráneas Mina Caudaloso No. 42.

Estas exploraciones se realizan con poca información geológica del yacimiento por falta de equipo para la exploración por sondeo y su planificación es deficiente, por esto, hay incertidumbre al no encontrar casi en forma inmediata resultados halagadores, llegando a paralizar las labores por tener a ejecutar un trabajo estéril.

CAPITULO VI

DESARROLLO

.- Generalidades y método empleado

Con este nombre se designan las labores que preparan la mina para la extracción del mineral. Tiene dos finalidades, la primera proveer caminos para el tajeado y transporte de mineral y segundo obtener información sobre la naturaleza y tamaño de los clavos y buscar mineral (Peel).

Al llegar la explotación de las vetas al nivel de la quebrada y agotarse el mineral descubierto encima de ella, se comenzó los trabajos subterráneos para alcanzar el mineral que se encuentra en profundidad. Esta segunda fase de la explotación de la mina exigió la construcción del Pique 3 E., como medio de entrar a la veta en profundidad. Este pique se encuentra ubicado en la roca encajonante en la caja techo (cerro), en la sección 3E. (ver plano de Labores Subterráneos No. 42), es de dos compartimentos para una jaula sin contrapeso; se ha profundizado gradualmente de nivel a nivel de acuerdo a las exigencias de mineral y al agotarse las reservas descubiertas. En la actualidad tiene 200 m. de profundidad.

A partir del Pique 3 E. comienza el desarrollo lateral. Se parte por medio de cortadas a la veta para después continuar en galerías con el objeto de hacer económico el de-

desarrollo al recuperar mineral, reconocer la veta y su mineralización. Cuando el terreno se presenta muy descompuesto el costo por sostenimiento y conservación de la labor es grande y hay inseguridad de trabajo para el personal, entonces se hacen "laterales" a un costado de la veta (en la caja techo o piso). El pilar entre la veta y la lateral es de 8 m.

Cuando el desarrollo es por medio de laterales, cada cierto tramo de avance (30 m.) se hacen estocadas a la veta para controlar la mineralización y naturaleza de las cajas.

El primer nivel a partir del Pique 3 E. es el Nivel 610 y se encuentra a 30 m. de profundidad del anterior. Su desarrollo aportó la necesaria información geológica de las vetas que decidió continuar el desarrollo vertical y lateral a mayor profundidad. Para los siguientes niveles se adoptó un intervalo vertical de 40 m. entre niveles. Con los nuevos conocimientos geológicos y método de explotación adoptado se bajó el pique 40 m. más y se abrió el Nivel 570, posteriormente se profundizó 45 m. más para alcanzar el Nivel 530 y se corrió un tramo horizontal muy pequeño, y en el año 1960 se profundizó el Pique 3 E. 45.0 m. desarrollándose el Nivel 490.

Cada nivel al salir del pique tiene una estación que facilita el transporte de mineral, descarga de suministros y es lugar obligado donde se ubica la cámara de bombas y el pozo para almacenar el agua de drenaje de la mina.

Se deja establecido que el Nivel 530 de la veta

audalosa no empieza en el Pique 3 E. Se llega a la veta por medio del Inclinado 42 E. que baja del Nivel 570 en la sección 2 E. (Ver plano de Labores Subterráneas Mina Caudalosa No. 2).

El Nivel 530 de la veta San Pedro se proyecta alcanzar por medio del Pique 445 E., que está en construcción.

El método de galerías hace que el mineral quede expuesto en dos caras y para completar su conocimiento se levantan chimeneas de nivel a nivel, que dividen los clavos de mineral en bloques de 30 m. de largo por 40 m. de alto. La ubicación de las chimeneas puede variar obedeciendo a consideraciones geológicas que exijan poner en evidencia la continuidad del mineral o para ventilación de los tajeos.

Todas las labores de desarrollo según la dureza del terreno requieren sostenimiento. El castillo del Pique 3 E. está formado por cuadros especiales de pino y en superficie tiene una torre hecha de madera de pino. Las galerías, cortadas y laterales usan cuadros cónicos de eucalipto, las chimeneas según el terreno y el trabajo que van a desempeñar, usan puntales de línea, cuadros o cribes.

2.- Descripción de las labores de desarrollo

A.- Pique 3 E

Se encuentra construido en la roca encajonante de la caja techo (cerro), en la sección 3 E. (ver plano). Es

La sección rectangular de 4 m. x 2 m., largo por ancho; el encañonado del castillo divide al pique en dos compartimentos y está formado por cuadros especiales de pino de 10" x 10". Un compartimento es para la jaula y el otro compartimento se subdivide en dos partes; el primero para camino del personal y el segundo para las tuberías de aire, agua y de bombeo, cables eléctricos y demás instalaciones de la mina.

El método usado en la perforación del pique es:

Perforación en bancos, que da lugar a la formación de una poza. Se emplean 16 taladros de 5 pies de profundidad por banco, distribuidos según muestra el gráfico No. 23.

Por taladro se carga 5 cartuchos de dinamita Belex 45,5 de potencia y de 7/8" x 8", diámetro por largo, usando para el encendido de un disparo detonadores eléctricos con retardo de milisegundos. El orden de encendido se muestra en el gráfico No. 23.

La roca fragmentada se extrae por medio de un balde cilíndrico que se carga por lampeo a pulso. Este desmonte es vaciado a la tolva del Niv. 570 y de allí echado a los carros mineros para ser extraído a la superficie en la jaula.

Este método proporciona las siguientes ventajas:

- a.- Se necesita menos taladros que en la perforación del corte en V, con lo que se economiza tiempo y trabajo.
- b.- Se consume menos dinamita por metro de avance. Se

tiene líneas de menor resistencia en la roca debido a las dos caras libres que presenta el banco.

c.- Facilita la labor de limpieza. El material quebrado se amontona en el banco formando un ángulo apropiado para colocar el balde y empujar la carga directamente al interior.

d.- Facilita el bombeo del agua que se almacena en la taza.

e.- Se puede efectuar la limpieza del corte inferior a la vez que se perfora el banco superior.

La ventilación de la labor es natural y se ayuda con el aire comprimido que se suelta para acelerar la expulsión de los gases producidos por los disparos.

El agua que se filtra a través de las fisuras y el agua de perforación se almacena en la poza de donde es extraída por medio de bombas eléctricas a la superficie.

B.- Cortadas, Galerías y Laterales

Son labores de desarrollo horizontal hechas en cada nivel, sus formas y dimensiones son iguales. La cortada se desarrolla en roca estéril con dirección a la veta, la galería es un túnel sobre veta y la lateral es un túnel de desarrollo en roca estéril, paralelo o casi paralelo a la veta. El tipo de perforación empleado en cada labor varía con la dureza

za de la roca, estructura del mineral y explosivo empleado.

Estas labores tienen una sección de 1.30 x 2.1 m. (6' x 7'), de ancho por alto, llevan al lado izquierdo del piso cuneta de 0.3 x 0.3 m. (1' x 1') de sección para el drenaje del agua subterránea y son hechas con una gradiente de 0.5%.

Para la perforación se emplean máquinas neumáticas, cuyas características damos a conocer al tratar del equipo empleado. En los frentes de las galerías se emplea el corte en V y en los frentes de las cortadas y laterales el corte en pirámide. El trazo del corte en V, emplea 26 taladros de 5 pies de profundidad, y el trazo del corte en pirámide emplea 26 taladros de 1.5 m. (5 pies) de profundidad. El explosivo empleado es Belex de 45% de potencia en cartuchos de 7/8" x 8" y de 60% de potencia en cartuchos de 1 1/8" x 7", usándose 5 ó 4 cartuchos por taladro. Cada taladro lleva un cartucho "prima" el que se ceba con un detonador de cápsula No. 6, que va al extremo de una guía de 6 pies de largo para el encendido del disparo que se hace siguiendo el orden que presentan los gráficos No. 24 y No. 25 para cada caso.

La ventilación de estas labores es natural y cuando se produce un disparo la expulsión de los gases se ayuda con el aire comprimido al abrir las válvulas de la línea de 2" de diámetro, sin embargo la extracción de los gases es lenta.

El desmonte producido, es mojado y cargado a pulso

o los carros mineros para su acarreo e izaje a la superficie y sólo en el Niv. 490 el carguío del desmonte o mineral es por medio de una pala mecánica Gardner Denver.

Teniendo en cuenta que la eficiencia aumenta con la sistemätización del trabajo, la rutina que se emplea en el trabajo de desarrollo es: trabajen 2 guardias, la primera de 7 a.m. a 5 p.m., ésta perfora y dispara; la segunda guardia, que trabaja de 7 p.m. a 4 a.m., voltea la carga, perfora y dispara nuevamente; la guardia siguiente del día, limpia la carga del frente, tiende rieles y tuberías de agua o aire si le alcanza el tiempo, si no lo hace la guardia de la noche. Si se necesita colocar madera se emplea el tiempo necesario y nuevamente se repite el ciclo. Este sistema se ha adoptado debido a la distancia del frente al pique y a la demora del izado a la superficie.

El sostenimiento de estas labores, cuando el terreno es fracturado o alterado, es con cuadros cónicos de eucalipto que se colocan con el objeto de asegurar el tráfico subterráneo o sostener el relleno de los tajeros ubicados encima de las galerías.

El eucalipto se emplea en troncos en la siguiente forma:

- a.- Puntal de línea de 8" a 10" de diámetro.
- b.- Cuadro cojo, formado por poste y sombrero de 10" de diámetro.

c.- Cuadro completo, formado por dos postes y un sombrero de 10" de diámetro.

d.- Cuadro completo con solera, formado por dos postes, sombrero y solera, de 10" de diámetro.

Los cuadros empleados se describen en los gráficos No. 26, No. 27 y No. 28.

C.- Chimeneas

Se hacen con fines de exploración, ventilación, echar relleno al tajeo en explotación y para extracción del mineral a la vez camino de acceso al tajeo. En los tres primeros casos es de un solo compartimento, en el último, se lleva junto con la explotación del tajeo y es de dos compartimentos.

La chimenea de exploración se hace en veta, las de extracción-camino se llevan entre las cajas de la veta y las de ventilación pueden ir en estéril.

Tienen una sección rectangular de 2.40 m. x 1.0 m., largo por ancho, el que a veces varía con el ancho de la veta.

La perforación es por medio de máquinas neumáticas cuyas características se dan a conocer en la parte de equipo empleado. El trazo de la perforación es el corte en V con 24 taladros de 5 pies de profundidad. El explosivo de arranque, es la dinamita Belex de 45% de potencia en cartuchos de 7/8 x 8 pulgadas y se emplea 4 cartuchos por taladro. Cada

El disparo se carga con un cartucho "primero" que lleva un detonador de cápsula No. 5 con su respectiva guía de pólvora de 6 pies de longitud, siendo mayor con la mayor altura de la chimenea. El orden de encendido del disparo se muestra en el gráfico No. 29.

La carga producida cae por gravedad al echadero, donde posteriormente es extraída por medio de la "tolva" (Buzón Americano, Shute) y vaciada a los carros mineros para su transporte e izaje a la superficie.

El sostenimiento o enmaderado de las chimeneas es de acuerdo a la naturaleza del terreno y a la función que va a desempeñar.

En todas las chimeneas se usan los puntales para sostener las plataformas que sirven de acceso al tope. Los puntales se colocan en pares a intervalos verticales de 1.0 m. y son de polos de 6 a 8 pulgadas de diámetro. La plataforma es de madera formada por tablas de 2 pulgadas de espesor, sirve para colocar la perforadora, las herramientas, sostener el personal y dar seguridad al trabajo. Se mueve hacia arriba y avanza con el avance de la chimenea.

Las chimeneas hechas en terrenos duros y de dos compartimentos usan 3 puntales de línea de 8 pulgadas de diámetro que se colocan paralelamente espaciados 1.10 m. de centro a centro y a intervalos verticales de 1.20 m. En los puntales del centro va la división de madera formada por tablas de 2 pulga-

as de espesor y en los puntales de los costados se usan marmavantes rajados para sostener el relleno. Cuando se necesita un trabajo de mayor seguridad y duración se emplean cueros de pelos de 3 pulgadas de diámetro en lugar de los puntales de línea y se entabla el centro y los costados con tablas de 2 pulgadas de espesor.

Las chimeneas de los tajeos de mayor potencia que soportan la presión de las cajas y del relleno, van encimadas y el echadero entablado para proteger los cribes. Son generalmente de dos compartimentos pero pueden ser de uno solo: buzón. Los cribes se preparan de pelos redondos de 6" de diámetro y la tabla usada para revestir el echadero es de 2 pulgadas de espesor. Este entablado tiene por objeto proteger los cribes de la caída del mineral y de la abrasión producida por su extracción a fin de que tengan mayor duración.

La ventilación en el avance de las chimeneas es natural y se ayuda con el pequeño volumen de aire que se obtiene al dejar libre el aire comprimido después de cada disparo. Como se ve, este método de ventilación no es eficiente en chimeneas que tienen una altura mayor de 20 m. La extracción de los gases es lenta, demorando el trabajo y las condiciones de seguridad del personal no son satisfactorias. Ver gráfico No. 29.

D.- Estocadas

Son labores principalmente de exploración, tie-

en una sección rectangular de 1.2 m. x 1.2 m., tienen longitudes cortas y el trabajo es menos preciso, no llevan cuneta. La perforación es con máquinas neumáticas, el trazo empleado es el corte en V con 17 taladros de 4 pies de profundidad que se carga cada uno con 4 ó 3 cartuchos de dinamita Belox 55% de potencia y de 7/8 x 8 pulgadas. El disparo se produce por medio de detonadores de cápsula No. 6 que llevan guías de pólvora de 6 pies de largo. El orden de encendido del disparo se muestra en el gráfico No. 30.

La roca arrancada de cada disparo se extrae a pulso en la galería principal o cortada, de donde se carga a los carros mineros. En caso de longitudes mayores a los 10 m. se pone línea para que entren los carros mineros de 12 pies cúbicos al tope (Scoop Car). Debido al tamaño de la labor y a la dureza de la roca no se emplea sostenimiento.

3.- Consideraciones del equipo empleado

El equipo de perforación empleado en las labores de desarrollo es neumático, usándose, para cada labor, el tipo de máquina que proporcione el mayor rendimiento y economía en el trabajo.

Con este criterio las máquinas empleadas en cada caso son:

En la perforación de piques se emplea las siguientes perforadoras:

Martillo Perforador (Hand-held Hammer Drill)

<u>Marcas</u>	<u>Modelo</u>	<u>Peso</u>
Gardner Denver	S 55	56.5 lb.
" "	S 48	48.0 lb.
Joy	L 47	47.0 lb.
"	L 37	37.0 lb.

En la perforación de galerías, cortadas y laterales:

Martillo Perforador con pata neumática (Air Leg Drill)

Gardner Denver	FL 58	95.0 lb.
Demag	D-B 20	?

En la perforación de chimeneas se emplean las siguientes perforadoras :

Martillo Perforador de avance vertical (torpedos, stopers)

<u>Marcas</u>	<u>Modelo</u>	<u>Peso</u>
Gardner Denver	R B 104	120.0 lb.
" "	R B 94	98.0 lb.
" "	R 68	62.0 lb.
Ingersoll Rand	R 38	.-
Joy	S L 47	80.0 lb.

Estas máquinas no están exclusivamente destinadas a los trabajos de desarrollo y se emplean también en los trabajos de tajeado de acuerdo a las necesidades de la labor.

Los martillos perforadores tienen como accesorios:

lubricadora que va conectada a la línea de aire comprimido.

Los aceros de perforación o barrenos ^{son} de sección hexagonal de 7/8 y 1 pulgada de diámetro, los primeros son de acero de tungsteno tipo Cormant y los segundos usan brocas intercambiables tipo Liddecoats. Cada máquina tiene un juego de aceros de perforación compuesto por 3 unidades de 1, 3 y 5 pies de largo (patero, seguidor y pasador).

Las mangueras de aire empleadas son de 3/4" y de 1" de diámetro y las mangueras de agua son de 1/2" de diámetro.

La línea de aire comprimido llega por medio de tubería de hierro de 2 y 1 pulgada de diámetro y la línea de agua en tubería de 1" de diámetro.

El empleo de agua en la perforación no está muy extendido y sólo se utiliza en las galerías en forma limitada y en muy contados casos en chimeneas. Además el agua no tiene la presión necesaria para las máquinas, empleándose tanques-bombas que elevan la presión y hacen posible la perforación con agua.

4.- Programa

El Programa de Desarrollo en la mina Caudelosa es como sigue:

Veta Caudelosa: En esta veta se tiene programado continuar con la exploración de la Galería 455 E. al E Nivel.

610. En el año de 1961 se exploró por un tramo de 40.0 m. a partir de la sección 840 E. Se encontró una fractura mineralizada con galena, blenda, jamesonita y tetraedrita. La estructura tiene una potencia de 1.50 m. y el mineral leyes de:

<u>Kg/T.M.Ag</u>	<u>%Cu.</u>	<u>%Pb.</u>	<u>%Zn.</u>
0.423	1.13	3.23	2.39

Se piensa que esta fractura mineralizada no corresponde a la estructura principal, siendo un ramal secundario (split). La continuación del desarrollo aportará mayores conocimientos de ella.

En el nivel 570, durante el año de 1961, se exploró la Galería 47 E al Este de la sección 740 E. en un tramo de 60 m. Se perdió la fractura principal no encontrándose su continuación. Se proyectó durante el año 1962 seguir la exploración al Este.

Se piensa que la continuación de la exploración más al Este en el nivel 610 aportará conocimientos que ayudarán a resolver el problema de encontrar la estructura en el nivel 570 Gal. 47 E. al Este.

Durante el año 1960 y 1961 se profundizó el Pique 3 E. hasta alcanzar el nivel 490.

En 1961 se corrió la Cortada 5 E. al NE en 165.0 m. de longitud, desde el pique 3 E hacia la veta Caudalosa y el corte se produjo en la sección 110 E. en un clavo de 1.0 m.

de potencia y con buena mineralización.

Se exploró el nivel 490 al Oeste mediante la galería 110 E. al W. encontrándose que la estructura se cerraba y el mineral empobrecía en sus valores, por tal razón se paró la labor pensando continuarla en el futuro cuando se tenga mayores conocimientos de la veta.

Al lado Este de la veta se exploró con la Galería 110 E. al Este, en un tramo de 90.0 m., encontrándose que la estructura pierde potencia y presenta cajas muy alteradas. El mineral es rico en plata y cobre pero se presenta en hilos y lentes muy delgados y el material de relleno es muy abundante, compuesto principalmente de andesito descompuesta (panizo). La potencia de la fractura es 1.10 m. y las leyes del mineral son:

<u>Kg/T.M. Ag.</u>	<u>%Cu.</u>	<u>%Pb.</u>	<u>%Zn.</u>
0.495	0.86	3.85	3.73

La alteración de las cajas obligó a continuar la exploración por medio de la lateral 200 E. al Este, que se ha trazado hasta la sección 290 E., lugar donde se ha desarrollado una cortada de exploración a la veta, descubriendo una fractura pobre y de poca potencia. La lateral se ha continuado hasta la sección 350 E. donde se proyecta trazar una nueva cortada a la veta y si se encuentra buen mineral y las cajas son fuertes se continuará el desarrollo en galería.

Se ha proyectado continuar la exploración y desarrollo del nivel 490 al Este, y al encontrar buen mineral, hacer chimeneas que dividan al mineral en bloques para su cubrición y posterior explotación.

Veta San Pedro:

En el año de 1961 se exploró la veta en el nivel 610 Galería 19 E. al Este, en una longitud de 100.0 m. al Este de la sección 820 E. Esta exploración se trazó con dos fines: el primero cortar la veta Victoria y el segundo reconocer la veta San Pedro en esta área.

En superficie, el afloramiento de la veta San Pedro como hasta la sección 1,100 E. y en el nivel 610 y nivel 570 la veta se ha reconocido hasta la sección 300 E. Se piensa que en estos niveles se ha producido un salto de la estructura del tipo "en echelón" como se tiene en las secciones 450 E., 600 E. y 695 E. del Niv. 570.

Los resultados obtenidos fueron desalentadores y la labor paró, pero se ha proyectado continuar al Este la explotación de la veta.

En el Nivel 570 se exploró la veta en la Galería 725 E. al Este en una longitud de 50.0 m. al Este de la sección 340 E. La fractura en este tramo tiene una potencia promedio de 1.0 m. y hacia el tope disminuye más. El mineral encontrado está formado por galena, blenda y tetraedrita con una ley de: 1.4 Kg/T.M. Ag., 3.2% Cu., 6.3% Pb. y 3.4% Zn. Nos

colores del mineral son buenos pero la fractura tiende a disminuir, por tal motivo se paralizó la labor, proyectándose continuar su desarrollo cuando se cuente con el capital necesario para esta exploración.

En el nivel 570 se está trazando el Pique 445 M., que profundizará 45.0 m. hasta alcanzar el nivel 530 y después se trazará la cortada respectiva para cortar la veta San Pedro. Ver Plano de Desarrollo veta San Pedro. En este Nivel en una primera etapa se explorará la veta en una longitud de 150.0 m. al Este y si las operaciones dan resultado positivo se continuará el desarrollo al Este.

5.- Cuadros de avances de los desarrollos en la mina
Caudalosa

CUADRO 16

DESARROLLO MENSUAL VETA CAUDALOSA

AÑO DE 1961

Meses	Galerías y Cortadas	Galerías Preparación	Chimeneas	Estocadas	Pique
Enero	--	14.60	6.05	5.60	--
Febrero	--	39.00	9.70	--	--
Marzo	--	13.40	11.25	1.40	--
Abril	--	57.50	3.90	7.20	--
Mayo	--	17.50	15.70	4.00	--
Junio	18.40	11.00	20.80	--	--
Julio	3.65	4.65	--	5.00	--
Agosto	12.65	19.85	30.00	29.90	--
Setiembre	14.70	4.90	7.95	2.25	--
Octubre	34.20	25.20	51.10	--	--
Noviembre	27.55	24.10	62.10	7.40	--
Diciembre	44.65	38.50	21.60	4.55	--
TOTAL	155.80 m.	270.20 m.	240.15 m.	67.30 m.	--

DESARROLLO MENSUAL VETA SAN PEDRO

AÑO DE 1961

meses	Galerías y Cortadas	Galerías Preparación	Chimeneas	Estocadas	Pique
Enero	15.90	27.60	5.80	17.80	-.-
Febrero	11.00	29.70	4.40	2.40	-.-
Marzo	36.50	6.60	-.-	9.20	-.-
Abril	30.10	20.50	-.-	-.-	-.-
Mayo	33.80	6.60	-.-	-.-	-.-
Junio	12.60	7.45	-.-	-.-	-.-
Julio	21.10	11.50	-.-	-.-	-.-
Agosto	28.05	19.85	4.50	11.80	-.-
Setiembre	10.05	4.85	17.15	3.00	-.-
Octubre	-.-	20.20	30.95	15.55	-.-
Noviembre	18.80	15.15	11.15	49.65	-.-
Diciembre	31.95	27.75	8.10	-.-	-.-
TOTAL	249.85 m.	197.75 m.	82.05 m.	109.40 m.	-.-
TOTAL MINA	405.65 m.	467.95 m.	322.20 m.	176.70 m.	-.-

CUADRO 17

DESARROLLO ANUAL EN TRES AÑOS

MINA CAUDALOSA

VETA CAUDALOSA	1961	1960	1959
Galerías y Cortadas	155.80	--	351.35
Galerías Preparación	270.20	167.10	458.70
Chineneas	240.15	162.35	198.30
Estocadas	67.30	16.15	113.60
Pique	--	10.65	--
TOTAL	733.45 m.	356.25 m.	1,121.95 m.
VETA SAN PEDRO			
Galerías y Cortadas	249.85	43.70	31.50
Galerías Preparación	197.75	128.05	214.00
Chineneas	82.05	56.55	17.75
Estocadas	109.40	27.40	15.80
Pique	--	46.00	9.40
TOTAL	639.05 m.	301.70 m.	288.45 m.
TOTAL MINA	1,372.50 m.	657.95 m.	1,410.40 m.

CUADRO 18

MINERAL EXTRAIDO DE LOS DESARROLLOS DE LA MINA CAUDALOSA

AÑO DE 1961

<u>Mes</u>	<u>T.M.S.</u>
Enero	77.0
Febrero	—
Marzo	78.0
Abril	25.0
Mayo	102.0
Junio	349.0
Julio	43.0
Agosto	299.0
Setiembre	62.0
Octubre	220.0
Noviembre	140.0
Diciembre	221.0
TOTAL	<u>1,616.0</u>

CUADRO 19

CUADRO COMPARATIVO DEL MINERAL EXTRAIDO DEL DESARROLLO

EN CINCO AÑOS EN LA MINA

CAUDALOSA

<u>Año</u>	<u>T.M.S</u>
1961	1,616.0
1960	2,213.0
1959	1,697.0
1958	8,825.0
1957	8,243.0

CAPITULO VII

PREPARACION Y TAJEADO

1. Consideraciones Generales

El método de tajeado empleado en este yacimiento es el de "Tajeo ascendente por Corte y Relleno con Techo Inclinado". Los tajeos tienen 30 m. de largo por 40 m. de alto y el techo se lleva inclinado hacia las chimeneas de extracción, vienen a ser una modificación del método de "Tajeos de Corte y Relleno por Gradines Invertidos", en los cuales los gradines han desaparecido.

La ubicación de un tajeo se toma de los planos de muestreo y en su preparación se aplican dos sistemas de acuerdo a: la dureza del terreno, forma del clavo de mineral, potencia y buzamiento de la veta, carácter de la mineralización y leyes del mineral. El primer sistema se trabaja a partir de la chimenea camino-echadero por medio de subniveles a ambos lados dejando un puente con el Nivel y el segundo sistema es levantando el tajeo desde el techo de la galería.

El arranque o tajeado del mineral es por cortes sucesivos de franjas inclinadas en orden ascendente que pueden alcanzar una altura de 8.0 m. del techo original según la naturaleza de las cajas, después se extrae el mineral sosteniéndose al mismo tiempo las cajas por medio de puntales de segu-

riedad. Vaciado el mineral se rellena el espacio vacío con desmonte, el que se obtiene de estocadas a las cajas o de labores en estéril de los niveles superiores y se recuperan los puntales de seguridad. Este relleno sirve para sostener las paredes del tajeo, sostener el personal y proporcionar seguridad al trabajo.

En la explotación de los tajeos se tiene en cuenta la potencia de la veta, se conserva siempre un margen de dilución según el cual la menor potencia de trabajo es 1.00 m. y en los cambios bruscos de potencia se conserva una variación de 0.50 m., que constituyen los límites en que puede trabajar un perforista y cambiar de dirección siguiendo la veta.

2.- Descripción del método de tajeado

"Tajeo ascendente por Corte y Relleno con Techo Inclinado".

Para describir el método de tajeado de la mina Caudalosa, el trabajo se ha dividido en las siguientes operaciones de tajeado:

- A.- Preparación del Tajeo.
- B.- Arranque
- C.- Extracción
- D.- Sosténimiento del Tajeo.

Las que trato a continuación en forma individual pero cuidando de conservar la continuidad y coordinación del

trabajo tal como sucede en la labor.

A.- Preparación del Tajeo

En la preparación de los tajeos se sigue dos procedimientos de acuerdo a la naturaleza del terreno, ubicación y forma del clavo de mineral, leyes del muestreo y valor comercial del mineral.

a.- Primer procedimiento: Se abre la chimenea de doble compartimento a 15.0 m. de la chimenea central, con el objeto de facilitar el manejo en la extracción del mineral y la supervisión de la labor. Desde esta chimenea, dejando un puente de 2 m. a 3 m. o más con la galería y a ambos lados, se trazan subniveles inclinados de 1.00 m. x 1.70 m. de sección, siguiendo la veta y desquinchando todo el mineral a todo lo ancho de ella. La chimenea de extracción en muchas ocasiones se alza hasta encontrar mineral de valor comercial y de ella se trazan los dos subniveles para delimitar el lente de mineral o llegar a cortar la chimenea central. A partir de los subniveles se comienza el arranque o tajeado. Ver gráfico No. 32.

b.- Segundo procedimiento: Cuando el mineral es muy rico, se levanta el corte del tajeo desde el techo de la galería, a todo lo ancho de la veta hasta una altura que permite colocar la madera permanente formada por cuadros con soleros o puntales de línea en toda la longitud del tajeo, para

asegurar la explotación y sostener el relleno.

La chimenea camino-echadero se levanta a 15.00 m. de distancia de la chimenea central.

El mineral arrancado con los primeros disparos cae al piso de la galería, de allí se limpia con la mayor rapidez para no interrumpir el tráfico del nivel. Ver gráfico No. 31.

Según este método un tajeo está formado por dos "alas", una a cada lado de la chimenea de extracción, que asemejan a una V. El tajeo toma por nombre el número de la chimenea de extracción (camino-echadero) y cada ala se conoce por el número de esta chimenea en este caso del tajeo, indicando si queda al Este u Oeste de la chimenea de extracción. Así, si un tajeo tiene por chimenea de extracción la Ch. 650 E., el tajeo será: Tajeo 650 E. y cada ala se llamará con el nombre de tajeo 650 E. al E. y Tajeo 650 E. al W., si quedan al Este u Oeste respectivamente de la chimenea de extracción. Ver gráficos No. 31 y No. 32.

La madera colocada, cuando se sigue el segundo procedimiento, está formada por puntales de líneas colocados en el techo de la galería de 8 pulgadas de diámetro y espaciados 3 pies de centro a centro, o por cuadros cónicos con o sin solera. Un cuadro cónico está formado por palos redondos de eucalipto de las siguientes dimensiones:

Sombrero de 10" x 10" x 6'

Dos postes de 10" x 10" x 8'

Dos tirantes de 4" x 4' x 4' 4"
Solera de 10" x 10" x Potencia de la vo-
ta.

Y tiene una luz de 1.25 m. en la parte superior y de 1.30 m. en la parte inferior. Ver gráfico No. 27.

En los cuadros y puntales de línea, el techo se enreja con una cama de tablas de 2" x 10" x 10' y sobre ella se pone maderas viejas o marchavantes para reforzarlas.

La chimenea de extracción que se levanta a través del relleno se lleva con puntales de línea de 8 pulgadas de diámetro colocados tres paralelamente, espaciados 1.10 m. de centro a centro y a intervalos verticales de 1.20 m. El camino se separa del echadero mediante un entablado o cortina de 2 pulgadas de espesor sostenido por los puntales del centro y las caras de cada costado que soportan el relleno llevan cortina con tablas de 2 pulgadas de espesor o enrejado de polos rajados (marchavantes), sostenidos por los puntales de los costados.

Cuando la naturaleza del terreno lo exige se lleven chimeneas encribadas de dos compartimentos, camino-echadero. Los cribes son de polos redondos de eucalipto, el grande es de 6" x 6" x 7' 6" y el chico de 6" x 6" x 4', que forman una luz de 0.92 m. ó 3 pies para cada compartimento.

Las chimeneas tienen en su base una tolva (Buzón Americano, Shute) para la extracción del mineral, formada por

3 cuadros de buzón, paralelos de 10" x 10" x 10', y la tolva misma hecha con tablas de 2" x 8" x 3' 6" que forman la mesa y dos quijadas.

El compartimento camino, emplea escaleras fijas o los puntales de línea de 4.5 m. de largo que están hechas con pelcños de listones de 1" x 2" x 2' colocados a 25 cm. de luz. La distancia de una plataforma o descenso a otra es de 3.50 m. y se colocan en forma tal que si una persona pierde el equilibrio no pueda caer más de 3.60 m., quedando en la primera plataforma siguiente.

B.- Arranque del mineral

Cuando el tajeado se comienza desde el techo de la galería, el arranque se inicia sobre la chimenea central y cuando se empieza desde un subnivel el arranque se inicia sobre la chimenea de extracción, como puede verse en las figuras No. 131 y No. 132.

En el arranque se emplean perforadoras de avance vertical y martillos de pata neumática. Un disparo comprende la perforación del techo en una longitud de 1.5 m., empleándose se taladros de 5 pies de profundidad y 7/8" ó 1 1/8" de diámetro. Los taladros se hacen inclinados hacia el centro del tajo y cada corte o franja alcanza 1.50 m. de altura.

Se especifica que cada tajo tiene al centro una chimenea de extracción con camino y dos alas de 15.00 m. de lon-

gitud a cada lado de ella. En los extremos de cada ala se levantan chimeneas de desarrollo por donde entra el relleno al tajeo.

La perforación de una tanda o disparo se termina en 8 horas de trabajo (una guardia) y el número de taladros es variable dependiendo de la potencia de la veta y naturaleza del mineral (dureza).

Cada taladro se carga con 4 cartuchos de dinamita Collex 45% de potencia de 7/8 x 8 pulgadas, que da un excelente arranque y fragmentación, y cada uno de ellos se ceba con un detonador o fulminante de cápsula No. 6 conectado a una guía de pólvora de 6 pies de longitud para su encendido.

El trazo empleado varía con la potencia de la veta y la dureza del mineral. Se usa el trazo de taladros en zigzag para vetas de poca potencia y el trazo de taladros en doble o triple hilera para potencias mayores.

Una vez terminada la perforación y cargado cada taladro se coloca una ranfla de madera sobre la chimenea de extracción para defender el camino de los efectos de la explosión, y se procede al encendido del disparo que se hace en forma ascendente al techo del tajeo.

Después del primer corte inmediatamente se inicia el segundo, hasta darle a las dos alas del tajeo la forma inclinada del techo como muestra el gráfico de las figuras No. 31 y No. 32 que tienen semejanza a una V.

Antes de continuar con nuevos cortes se extrae suficiente mineral del tajeo para formar un espacio de trabajo de 5' a 6' de altura entre el techo y el piso, procediendo al mismo tiempo a "desotar", "desquinchar" o "acuñar" los trozos de roca o mineral sueltos de las cajas o techos del tajeo. A continuación se asegura el piso y se colocan los puntales de seguridad necesarios.

Formada la inclinación del techo, se continúa con nuevos cortes hasta alcanzar 4.00 m. a 8.00 m. de altura del techo inicial y en casos especiales, cuando la dureza de las cajas lo permite, se puede alcanzar una altura mayor.

C.- Extracción del mineral

El mineral derribado, ayudado por la gravedad proporcionada por la superficie inclinada del tajeo y por lampeo de cuadrillas, se echa a las chimeneas de extracción. Junto con la operación de extracción se practica el escogido del mineral en pequeña escala, que consiste en separar del mineral la roca estéril y dejarla como relleno, con lo que se obtiene una disminución del tonelaje de mineral rajado, un aumento de la ley del mineral extraído y contribuye al relleno del tajeo. Al mismo tiempo se van reduciendo los trozos de mineral demasiado grandes para ser extraídos a través de las parrillas de seguridad que tienen separaciones de 8" de luz. Estas operaciones se practican con gran dificultad, siendo poco el mineral escogido y roto en el tajeo.

La extracción de mineral del tajeo, es una operación descendente, durante ella el techo del tajeo va quedando más alto y las paredes de las cajas con mayor superficie libre, por lo que necesitan ser sostenidas mediante puntales de seguridad de 4" a 6" de diámetro que se colocan a un ángulo agudo con la normal a ambas paredes y espaciados 1.5 m. ó 5 pies entre puntales.

D.- Sostenimiento del tajeo

Una vez que todo el mineral ha sido extraído del tajeo, colocados los puntales de seguridad y levantada la chimenea de extracción, se rellena el espacio vacío con material estéril, desmonte, proveniente de labores de desarrollo en estéril de niveles superiores o de estocadas a las cajas del tajeo, con el objeto de evitar que las cajas se derrumben y proporcionar sostenimiento y seguridad al personal de trabajo.

Las estocadas de relleno se hacen en la cumbre del tajeo y al centro de cada ala en forma alternada a ambas cajas, con el fin de servir a la vez de exploración. El desmonte se echa al tajeo y se distribuye totalmente por lampeo ayudado por la gravedad, hasta alcanzar el ángulo de reposo del relleno, quedando la superficie aproximadamente paralela al techo del tajeo.

A la vez que se va rellenando el tajeo, se recuperan los puntales de seguridad hasta donde es posible, con lo

que se consigue economía en el arranque.

Como se ha descrito, el relleno de los tajeros es una operación sencilla y el material de relleno es físicamente satisfactorio pero no de bajo costo, por lo que se puede ensayar el empleo de material tomado de los escombros de superficie que resultaría más económico.

Mientras se rellena un tajero o un ala del tajero, el otro tajero vecino o en la otra ala del mismo tajero, que ya esté previamente preparado, se arranca mineral, siendo de este modo continua la explotación y nunca queda un tajero o un ala demasiado tiempo sin rellenar.

3.- Seguridad y Supervisión

El método de explotación de "Tajero ascendente por Corte y Relleno con Techo Inclinado" proporciona menor seguridad que otros métodos, pero debido a la dureza de las cajas y a la resistencia del mineral, proporciona seguridad en el trabajo; el principal peligro son los desprendimientos del techo después de realizado un corte, que se evita tomándose la medida necesaria, se "desata" la roca suelta y en segundo lugar, cuando el techo queda muy alto y las cajas ejercen mayor presión que la normal, produciéndose fracturamiento y caída del mineral con la roca encajonante, se resuelve este problema con el rápido relleno y sostenimiento del alza mediante puntales y marchavantes (bloqueo del alza). Cuando las cajas son

muy descompuestas o alteradas se refuerza el sostenimiento usándose puntales con postes o cuadros cojos.

En cuanto a la supervisión de estas labores tampoco representa un problema; de un tajeo se puede pasar al tajeo siguiente cuando estén comunicados o por medio de subniveles. Esto facilita el intercambio de maquinaria y herramientas con las labores vecinas, economizando el viaje a la bodega principal.

4.- Equipo empleado

El equipo empleado en la perforación es neumático, se usan máquinas de avance vertical (Torpedos, Stopers) y martillos de pata neumática (Air Leg Drill). En la perforación de las estocadas para relleno se usa el martillo de pata neumática. Estas máquinas han proporcionado excelentes resultados en el arranque.

Como accesorios los martillos emplean: acero hexagonal de 1 pulgada y de 7/8 pulgadas de diámetro, los primeros llevan brocas cambiablen tipo Liddeecoats y los segundos son del tipo Cormant.

Cada perforadora usa un juego de barrenos que está compuesto de 3 aceros: de 1 pie de longitud.

3 pies de longitud y

5 pies de longitud.

- Mangueras de aire de 7/8" y de 1" de diámetro y man

guas para agua de 1/2" de diámetro, y

-Una aceitera conectada a la máquina en la línea de aire para su lubricación.

La perforación en los tajeos, a pesar de contar con la instalación de agua necesaria, es en seco; costumbre arraigada del perforista, pese a la campaña permanente para emplear la perforación con agua, que sería ventajosa para la salud del operario y daría mayor rendimiento a la máquina y otros empleados.

El siguiente cuadro nos muestra los tipos de martillos empleados.

CUADRO 20

TIPOS DE MARTILLOS EMPLEADOS EN LA OPERACION DE ARRANQUE

Martillos perforadores de Avance Vertical (Stoppers).

<u>Marca</u>		<u>Modelo</u>	<u>Peso lb.</u>
Gardner Denver	R B	94	98.0
" "	R	68	92.0
Ingersoll Rand	R	38	---
Joy	S L	47	80.0

Martillo perforador de Pata Neumática (Air Leg Drill).

Gardner Denver	F L	58	95.0
Demag	D B	20	---

5.- Factores Influyentes en el Método de Tajeado

El método de explotación anteriormente descrito, se viene aplicando en esta mina desde 1952 aproximadamente. Sus resultados son satisfactorios, en especial económicos, por lo que no se ha modificado. La tendencia actual es perfeccionar o modificar este método, mecanizar más el trabajo con el objeto de conseguir mayor velocidad y economía en la producción; es decir, aumentar el rendimiento hombre-guardia y bajar los costos de producción, factores que ejercerán en el futuro una influencia decisiva al profundizar más los trabajos de explotación del yacimiento.

La aplicación de este método tiene en cuenta los factores propios del yacimiento que son:

- 1.- Forma y tamaño del yacimiento
- 2.- Potencia y buzamiento de las vetas
- 3.- Caracteres mineralógicos de las menas del yacimiento.
- 4.- Distribución de los valores en las vetas.
- 5.- Regularidad de la mineralización en las vetas.
- 6.- Caracteres físicos de las menas y de la roca encajonante.
- 7.- Esfuerzos producidos por la roca encajonante.
- 8.- Profundidad del yacimiento.
- 9.- Relación del depósito a superficie y a otros cuerpos mineralizados.

Todos estos factores se conocen y se han descrito ampliamente en la Sección II Geología.

Aperte de estos factores netamente propios del yacimiento y que tienen una importancia decisiva, existen otros también importantes que influyen en la elección del método de explotación :

- 1.- Disponibilidad, carácter y costo de la mano de obra empleada.
- 2.- Material de relleno de los tajos, sus posibilidades de suministro, clase, calidad y precio.
- 3.- Precio o valor del mineral.
- 4.- Situación del yacimiento con respecto a otros.
- 5.- Cantidad de personal necesario, su capacidad física e intelectual y sus pretensiones.

Estos factores son interdependientes y pueden variar ampliamente conforme avanza la explotación y se tiene mayor conocimiento del yacimiento, en tal caso se adoptan las modificaciones necesarias siempre tendientes a conseguir un método de explotación que proporcione la máxima recuperación, economía y seguridad.

CUADRO 21

MARTILLOS EMPLEADOS EN EL DESARROLLO Y EXPLOTACION
DE LA MINA CAUDALOSA

Martillos de Avance Vertical (Torpedo, Stoppers)

<u>Unidad</u>	<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Peso lb.</u>
4	Gardner Denver	R-B 104	120.0
1	Gardner Denver	R-B 94	98.0
1	Gardner Denver	R 68	92.0
1	Ingersoll Rand	R 38	--
1	Joy	S-L 47	80.0

Martillos sin Pata Neumática (Hand-Heid Hammer Drill)

1	Gardner Denver	S 55	56.5
1	Gardner Denver	S 48	48.0
8	Joy	L 47	47.0
1	Joy	L 37	37.0

Martillos con Pata Neumática (Air Leg Drill)

2	Gardner Denver	F L 58	95.0
	Gardner Denver	S 48	56.5 (Adapt.)
5	Demag	D-B 20	

26 Total máquinas

CUADRO 22

MINERAL RAJADO EN LA MINA CAUDALOSA T.M.S. DURANTE

CINCO AÑOS

Meses	<u>1961</u>	<u>1960</u>	<u>1959</u>	<u>1958</u>	<u>1957</u>
Enero	4,726	5,368	3,864	3,166	2,046
Febrero	4,215	5,561	4,834	3,552	2,115
Marzo	4,688	4,578	3,603	4,556	3,483
Abril	4,337	5,592	3,848	4,030	3,193
Mayo	5,118	5,739	3,182	3,195	2,928
Junio	4,614	-.-	3,853	3,558	1,876
Julio	3,588	6,957	5,061	3,642	2,625
Agosto	5,477	4,615	4,130	4,253	2,722
Setiembre	5,191	6,584	4,346	2,681	2,906
Octubre	4,698	5,937	3,153	3,184	2,509
Noviembre	2,006	4,130	3,377	4,268	2,653
Diciembre	6,044	6,463	5,778	3,884	5,154
TOTAL ANUAL	54,703	61,524	49,029	43,969	34,210

CUADRO 23

PRODUCCION DE MINERAL MINA CAUDALOSA

MINERAL EXTRAIDO DE DESARROLLOS EN CINCO AÑOS

<u>Meses</u>	<u>1961</u>	<u>1960</u>	<u>1959</u>	<u>1958</u>	<u>1957</u>
Enero	77.0	-.-	249.0	904.0	1,240.0
Febrero	-.-	40.0	240.0	945.0	765.0
Marzo	78.0	904.0	47.0	797.0	1,059.0
Abril	25.0	46.0	-.-	947.0	-.-
Mayo	102.0	-.-	279.0	282.0	763.0
Junio	394.0	-.-	183.0	607.0	644.0
Julio	48.0	-.-	32.0	775.0	422.0
Agosto	299.0	28.0	445.0	924.0	93.0
Setiembre	62.0	450.0	159.0	1,548.0	48.0
Octubre	220.0	21.0	62.0	-.-	685.0
Noviembre	141.0	48.0	-.-	548.0	1,365.0
Diciembre	221.0	675.0	-.-	548.0	1,159.0
TOTAL ANUAL	1,667.0	2,212.0	1,696.0	8,825.0	8,243.0

CUADRO 24

PRODUCCION DE MINERAL MINA CAUDALOSA
MINERAL EXTRAIDO DE TAJOS EN CINCO AÑOS

<u>Meses</u>	<u>1961</u>	<u>1960</u>	<u>1959</u>	<u>1958</u>	<u>1957</u>
Enero	5,631	4,764	4,433	2,363	806
Febrero	4,701	5,737	3,875	2,175	2,500
Marzo	4,091	3,704	4,225	2,310	3,060
Abril	4,922	5,714	3,767	3,069	3,887
Mayo	4,514	5,524	3,737	5,053	2,951
Junio	3,602	-.-	3,485	2,615	2,756
Julio	3,662	7,655	3,796	2,689	3,224
Agosto	4,418	4,646	3,817	2,615	2,977
Setiembre	5,184	4,209	3,752	2,248	3,488
Octubre	4,528	5,797	3,956	2,212	2,461
Noviembre	4,246	5,220	4,250	3,588	2,003
Diciembre	3,678	5,545	4,615	3,431	2,700
TOTAL ANUAL	53,177	58,515	47,708	34,368	32,813

CUADRO 25

PRODUCCION DE MINERAL MINA CAUDALOSA

MINERAL EXTRAIDO DE DESARROLLOS Y TAJEOS EN CINCO AÑOS

<u>Meses</u>	<u>1961</u>	<u>1960</u>	<u>1959</u>	<u>1958</u>	<u>1957</u>
Enero	5,708	4,764	4,682	3,267	2,046
Febrero	4,701	5,777	4,115	3,120	3,265
Marzo	4,169	4,608	4,272	3,107	4,119
Abril	4,957	5,760	3,767	4,016	3,887
Mayo	4,616	5,524	4,015	5,335	3,714
Junio	3,951	-.-	3,678	3,222	3,400
Julio	3,705	7,655	3,828	3,464	3,646
Agosto	4,717	4,674	4,263	3,539	3,070
Setiembre	5,245	4,659	3,911	3,796	3,536
Octubre	4,748	5,818	4,018	2,212	3,146
Noviembre	4,387	5,268	4,250	4,136	3,368
Diciembre	3,899	6,221	4,616	3,979	3,859
TOTAL ANUAL	54,803	60,728	49,415	43,193	41,056

CUADRO 26

MOVIMIENTO DE DESMONTE MINA CAUDALOSA

RELLENO COLOCADO EN TAJOS Y DESMONTE EXTRAIDO DE DESARROLLOS

<u>Meses</u>	<u>1961</u>	<u>1960</u>	<u>1959</u>	<u>1958</u>	<u>1957</u>
Enero	3,029	3,598	2,201	1,709	1,963
Febrero	2,310	3,404	2,176	2,846	789
Marzo	2,568	2,870	1,822	1,865	1,336
Abril	2,746	2,910	2,232	1,458	1,512
Mayo	2,393	3,303	1,060	2,113	1,385
Junio	2,047	-.-	1,309	2,140	1,359
Julio	1,902	4,501	873	1,442	1,567
Agosto	1,888	2,837	1,291	1,835	982
Setiembre	2,996	1,608	1,881	1,635	1,027
Octubre	2,298	3,148	1,339	2,129	1,452
Noviembre	2,286	3,303	2,554	1,941	2,179
Diciembre	3,104	3,934	2,365	2,080	1,842
TOTAL ANUAL	29,567	35,416	21,103	23,193	17,393

CAPITULO VIII

SERVICIOS AUXILIARES DE LA MINA

1.- Transporte y Extracción del Mineral

El mineral después de ser arrancado en los tajos, es echado a las chimeneas de extracción de donde posteriormente es extraído y vaciado a los carros mineros para su transporte a la estación del Pique 3 E., y luego ser izado a la superficie por medio del winche.

La operación del transporte subterráneo de mineral es mecanizada, se emplean locomotoras a batería. Las instalaciones y la maquinaria empleada en el transporte subterráneo, están de acuerdo a los siguientes factores:

- Forma del depósito
- Método de desarrollo y explotación
- Distribución de los trabajos.
- Ubicación del Pique 3 E.
- Costo de operación.

En los niveles 610 y 530 se emplea el transporte por medio de carreros, obreros que hacen los carros llenos de mineral hasta el echadero o estación de izaje.

Junto con la mecanización, el transporte subterráneo se ha centralizado en el nivel 570, nivel que tiene el mayor número de tajos en explotación y que hasta 1961 fue el

más profundo. El mineral de los Niveles 610 y 530 de la veta Caudalosa se lleva a este nivel, "Nivel Principal de Transporte", para su extracción a superficie.

El método de transporte centralizado en un solo nivel tiene un menor costo, economiza el desarrollo y costo de mantenimiento de varios niveles de transporte, reduce el número, longitud y tamaño de subniveles y cortadas, reduce el número de estaciones de extracción en el Pique 3 E. con el consiguiente personal de servicio, reduce el izaje a partir de un solo nivel y evita transporte adicional, consiguiéndose finalmente un costo de operación más bajo.

El izaje de mineral del interior de la mina a la superficie, como ya se ha dicho, se hace por el Pique 3 E. que emplea un winche con una jaula sin contrapeso. El mineral en superficie es pesado y luego llevado a la Tolva de Gruesos de la Planta de Concentración, que se encuentra a 300 m. de distancia del Pique.

Para detallar la extracción del mineral y su transporte a la Planta Concentradora, la operación se ha dividido en:

A.- Transporte subterráneo

B.- Izaje del mineral

C.- Transporte exterior

que a continuación se explica en forma amplia.

A.- Transporte Subterráneo

En la mina Caudalosa, el transporte de mineral se ha centralizado en el Nivel 570. En la veta Caudalosa, el mineral que se extrae del Nivel 610, zona Oeste: Tajos 390 W, 420 W., 450 W. y 480 W., es transportado en los carros mineros por medio de carreros y vaciado a las chimeneas (ore pass) 115 W. y 145 W., del Nivel 570 y el mineral que se extrae de la parte Este del mismo nivel es echado a la chimenea echadero (ore pass) 610 E. del Nivel 570. De estas chimeneas el mineral es extraído en el Nivel 570 y transportado por medio de las locomotoras a batería a la estación del Pique 3 E.

El mineral de los tajos en explotación del Nivel 530 también es llevado por medio del Inclinado 46 E. al Nivel 570 para su extracción a la superficie.

En la veta San Pedro, no hay labores de explotación en el Nivel 610 y no tiene Nivel 530.

En el Nivel 570, el mineral es sacado de los buzones y echado a los carros mineros, que en grupo de 8 son arrastrados por una locomotora a batería hacia la estación del Pique 3 E., de donde son izados a la superficie.

Cada veta, Caudalosa y San Pedro, para el transporte de su mineral tienen una locomotora a batería cuyas características son:

Marca Mancha Little Trammer Locomotive Tipo B

5.5 H.P. de potencia

1.5 T.C. de peso.

con capacidad para trabajar 8 horas en forma continua.

Los carros mineros son de acero, tipo basculante, tienen: 0.4 - T.M. de peso.

16.0 - Pies cúbicos ó 0.5 m. cúbicos de capacidad.

0.8 T.M. capacidad de mineral.

La línea de Decauville para el tráfico de la locomotora y de los carros mineros usa rieles de 20 lbs/yarda y tienen un espaciamiento o trocha de 500 mm. ó 20 pulgadas, que está de acuerdo a la luz de las ruedas sobre el eje ("Trueckle") de la locomotora y carros mineros.

B.- C.- Izaje del mineral y su transporte exterior

Los carros mineros son izados a la superficie en la jaula del Pique 3 E. La capacidad del winche es de un carro por viaje, el que extrae en promedio 0.8 T.M. de mineral.

Al llegar la jaula a la superficie, se extrae el carro de mineral, luego se lleva a la balanza para el control de su peso y seguidamente se transporta a la Tolva de Gruesos de la Planta Concentradora donde se echa el mineral.

En la superficie los carros son halados por obreros a quienes comúnmente se les llama "carreros".

El winche trabaja con una jaula sin contrapeso
sus características son:

- Marca	Heckel
Profundidad del pique	656 pies (200 m.)
- Diámetro del tambor	
- Diámetro del cable de acero Cable: Tiger Brand flexible 6 x 19	3/4 pulgada
- Longitud del cable	240 m.
- Potencia del motor Oerlikon	50 H.P.
- Peso de la jaula	800 Kg.
- Peso del carro minero	400 Kg.
Peso del mineral	800 Kg.
- Velocidad de subida	1.3 m/seg.
Velocidad de bajada	1.5 m/seg.
- Período de viaje completo	
Tiempo muerto	

El izaje de mineral actualmente constituye una operación clave en la producción. Nunca se ha abastecido la extracción de mineral exigido por la Planta de Beneficio de 240 T.M.H./24 h. El promedio diario de extracción es de 140 viajes en 12 horas de trabajo continuo, de los cuales 120 viajes son de mineral y 20 viajes de desmonte, con lo que en 24 horas representan 192 T.M.H. de mineral y 32 T.M.H. de desmonte extraído, faltando 48 T.M.H. de mineral cada 24 horas.

En la actualidad, el problema de extracción se agudiza con los trabajos de desarrollo en el Nivel 490 y en el futuro será mayor al trasladarse los trabajos de minado a este nivel. Se empleará mayor tiempo para extraer el mismo tonelaje de mineral o para el mismo tiempo empleado actualmente el tonelaje extraído será menor.

2.- Aire comprimido para la mina

A.- Equipo empleado

El aire comprimido es uno de los más importantes servicios auxiliares en las operaciones de minado y sin exagerar, en la actualidad se ha convertido en elemento indispensable en los trabajos de minería en Caudalosa, se emplea en la perforación neumática y en la ventilación de las diferentes labores de trabajo.

El aire comprimido que se consume en la mina Caudalosa es suministrado por la Planta de Compresoras que tiene instalado el siguiente equipo:

I.- Una compresora Gardner Denver horizontal de dos etapas, con enfriamiento intermedio y cuyas características son:

Altura instalada	15,200 pies(4,640 m.)
-- Desplazamiento pies cúbicos minuto	1050 p.c.m.s.n.m.
Presión de aire entregado	100 lb/pulg. ²

- Cilindro de baja presión D.	18"
- Cilindro de alta presión D.	11"
- Desplazamiento del cilindro	12"
- Revoluciones por minuto	300
- Potencia del motor	207 H.P.
- Cilindro receptor de aire	2 m ³ .

II.- Dos compresoras Gardner Denver vertical de dos etapas y tres cilindros cada una, con enfriamiento intermedio radiador y cuyas características son:

- Altura instalada	15,200 pies (4,640 m.)
- Desplazamiento pies cúbicos minuto	570 p.c.m.s.n.m.
- Presión del aire entregado	100 lb/pulg. ²
- Cilindro de baja presión D	7 1/2"
- Cilindro de alta presión D.	5 3/4"
- Desplazamiento del cilindro	5"
- Revoluciones por minuto	870
- Potencia del motor	73 H.P.
- Cilindro receptor de aire	2 m ³

Estas compresoras proporcionan a la mina un total de 2,000 pies cúbicos por minuto, que es empleado en el trabajo de 26 máquinas perforadoras de diferentes marcas y tipos en la cantidad que señala el siguiente cuadro:

CUADRO 27

RELACION DE MARTILLOS DE LA MINA CAUDALOSA

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Descripción</u>	<u>Tipo</u>	<u>Unidad</u>
Gardner Denver	(Hånd-Held Hømmer Drill)		S 55	1
"	"	" " " "	S 48	1
Joy	"	" " " "	L 47	8
"	"	" " " "	L 37	<u>1</u>
				11
Gardner Denver	(Air Leg Drill)		F-L 58	2
Denæg	"	" " "	L-B 20	<u>5</u>
				7
Gardner Denver	Stoper		R-B 104	4
"	"	"	R-B 94	1
"	"	"	R 68	1
Joy	"	"	S-L 47	1
Ingersoll Rønd	"	"	R 38	<u>1</u>
				8
Total máquinas perforadoras trabajando				<u>26</u>

B.- Accesorios

El aire comprimido de la Casa Compressor entra a la mina por la cortada Edelweis y baja por el Pique 3 E. en tubería de fierro de 6 pulgadas de diámetro, luego se distribuye por los niveles en tubería de 4 pulgadas de diámetro en una extensión de 200 m. y continúa en tubería de 2 pulgadas de diámetro.

El aire comprimido llega hasta los tajeos y frentes en tuberías de 2 y 1 pulgada de diámetro.

El aire comprimido en la mina pierde mucha presión debido a la red de distribución que innecesariamente es muy larga y a la mayor rugosidad que presentan interiormente los tubos, originada por los parches que tapan los huecos producidos por la acción corrosiva de las aguas ácidas de la mina (Ver fotografía No. 19), aumentada con la resistencia que producen las válvulas, uniones, codos y por la longitud de la misma tubería.

3.- Drenaje de la mina

En época de lluvias la precipitación en la zona es abundante, siendo ésta, la principal fuente de agua en el interior de la mina. Los afloramientos, principalmente el de la veta Caudalosa, presentan el aspecto de zanjas propicias para el almacenamiento de agua de lluvia, que posteriormente se infiltra por las fracturas y espacios libres de la veta

llegando a formar un considerable volumen en los niveles más bajos.

Además del agua meteórica, se tiene otra fuente de agua, proveniente de la laguna artificial ubicada al pie de Caudalosa Vieja que se infiltra por el relleno glaciar a la vez formando un volumen apreciable fácil de ver en el Pique 3 E.

El agua en el interior de la mina constituye un verdadero problema, dificulta los trabajos de explotación y desarrollo, afecta las instalaciones, destruye las tuberías de aire comprimido, inunda las galerías malogrando los rieles y cubre de barro el camino retardando el tráfico.

El agua en el interior de la mina oxida los sulfuros y forma agua ácida que lleva principalmente en solución sulfato de cobre y sulfato de hierro, siendo el primero, culpable de la corrosión de las tuberías de aire comprimido, de agua y de los rieles.

Con el propósito de extraer el agua del interior de la mina, las galerías llevan en el piso una cuneta de 30 cm. de profundidad por 30 cm. de ancho, que sirve para drenar el agua y llevarla a los pozos reservorios "Cámaras de bombeo" que se encuentran en las estaciones del Nivel 570 y Nivel 490 del Pique 3 E. Estas cámaras de bombeo están formadas por cuartos y pozos excavados en la roca del piso para almacenar el agua donde se instalan las bombas y tuberías para la ex-

tracción del agua a la superficie.

Los pozos reservorios en el Nivel 570 son dos, el primero sirve para decantar la lama y material grueso que arrastra el agua, y el segundo recibe el agua limpia del primero, en éste se encuentran instaladas las tuberías de succión y dos bombas centrífugas que levantan el agua al Nivel 640 a 70 m. de altura.

Las dimensiones de los pozos son 2 m. x 2 m. x 3 m. con una capacidad de 12 m³. cada uno. Las dos bombas que se instalan en la cámara de bombeo no trabajan juntas a la vez, sino que funciona una y la otra es auxiliar en caso de reparación. Las características de estas bombas son:

Marca	Royal Dutch.
- Altura o elevación del agua	70 m.
-- Diámetro de la tubería de descarga	4"
Capacidad de la bomba	125 gl. p. min.
Potencia del motor	25 H.P.

En el nivel 490 hay otra cámara de bombas formada por un reservorio para el agua que tiene las siguientes dimensiones: 4 m. x 2 m. x 3 m. que dan un volumen de 24 m³. y una bomba centrífuga que levanta el agua al Nivel 570 a 80 m. de altura y cuyas características son:

- Marca	Ingersoll-Rand
- Altura o elevación del agua	80 m.
- Diámetro de la tubería de descarga	3"
- Capacidad de la bomba	125 gl. p. min.
- Potencia del motor	25 H.P.

El agua del Nivel 610 es echada por una chimenea antigua y abandonada al Nivel 570, juntándose con el agua de este nivel. El agua del Nivel 530 que es muy poca también es llevada al Nivel 570. El Nivel 530 tiene una cámara de bombeo con un pozo de 1.80 m. x 1.50 m. x 2.00 m. con un volumen de 5.4 m^3 y una bomba centrífuga pequeña cuyas características son:

Marca	Ingersoll Rand
- Altura o elevación del agua	40 m.
- Diámetro de la tubería de descarga	3"
- Capacidad de la bomba	40 gl. p. min.
Potencia del motor	10 H.P.

4.- Ventilación de la mina

La ventilación de la mina es una forma de aire acondicionado, por distribución de corrientes de aire en aberturas subterráneas y en cantidad suficiente para mantener trabajando las labores en condiciones saludables y de seguridad.

En la mina Caudalosa la ventilación subterránea es natural y se controla por medio de puertas colocadas en las galerías. Cuando el Nivel 570 era el más profundo de la mina, la ventilación natural se empleaba con bastante eficiencia, pero actualmente con el Nivel 490 existen zonas donde el aire con frecuencia se mantiene enrarecido. Estas zonas son el extremo Oeste de la veta Caudalosa Nivel 610 y el extremo Este de las dos vetas en los Niveles 610 y 570; en este caso la ventilación se ayuda con el aire comprimido que se suelta en pequeña cantidad.

Al profundizar la mina y alcanzar el Nivel 490, la ventilación se hace un problema crítico, exigiendo ya no, el solo uso de la ventilación natural sino de una ventilación mecánica, que proporcione el aire necesario para que las labores tengan el ambiente adecuado de trabajo, extracción rápida de gases y polvos y evitar incendios por el aumento de temperatura en determinadas zonas de la mina.

En todo caso, el estudio de la ventilación de toda la mina sería el primer paso para conocer la ventilación actual, el volumen de aire que circula, las temperaturas de los diferentes niveles y labores, los gases producidos y los volúmenes de aire requeridos, a fin de tener la ventilación de acuerdo a las mínimas exigencias del Reglamento de Seguridad e Higiene Industrial del Código de Minería.

SEGUNDA PARTE

PROYECTO DE EXPLOTACION

NIVEL 490 VETA CAUDALOSA

NECESIDAD DE UN NUEVO METODO DE EXPLOTACION

El Capítulo V del presente trabajo ha dado a conocer en forma amplia el método de Minado Subterráneo que se emplea en la explotación del yacimiento Caudalosa.

Debido a los problemas que afronta actualmente la mina, los que se discutirán en el capítulo siguiente, he creído conveniente ensayar un nuevo método de explotación que se aplicará al mineral descubierto en el Niv. 490 de la veta Caudalosa, que tienda a solucionar estos problemas mediante un mayor rendimiento hombre-guardia, y un menor costo por tonelada de mineral explotado puesto en la Planta de Concentración.

Para aplicar el nuevo método de explotación, primero analizo mediante un estudio crítico el método en uso a fin de conocer que es necesario el cambio con el propósito de obtener mayor eficiencia y menor costo en los trabajos de minado. Este estudio comprende las condiciones naturales del yacimiento bajo las cuales se aplica el método, la recuperación y pérdida del mineral en la explotación, el personal, velocidad de avance y rendimiento hombre-guardia, características favorables y desfavorables del método, para terminar con el conocimiento de los problemas que en la actualidad afronta la explotación.

A continuación hago el estudio del nuevo método de explotación: "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal".

Además de los problemas naturales, por decir así, a aquellos que se han presentado con el desarrollo del trabajo, creo conveniente que los nuevos adelantos conseguidos con el progreso de la Ciencia y de la Técnica deben ser empleados, a fin de mantener el desarrollo de la Industria Minera y aprovechar los beneficios económicos que brindan.

Obvio es decir que las nuevas operaciones de explotación requieren de personal obrero más capacitado. La capacitación del personal obrero, representa un problema económico en inicio, pero a la larga constituye una inversión útil que brinda buenos dividendos a la Empresa al emplear personal obrero calificado y disciplinado.

La segunda parte de este Proyecto de Explotación se concreta exclusivamente a demostrar, tanto técnico como económicamente, las ventajas del método elegido en comparación con el método actual de explotación. En el aspecto Técnico la elección de las operaciones de trabajo y el equipo empleado se detallan en forma amplia, no así en el aspecto Económico, en el cual muchas cifras de costos se han asumido en comparación con minas muy similares a la de este estudio.

CAPITULO IX

CRITICA DEL METODO DE EXPLOTACION "TAJEO ASCENDENTE POR CORTE Y RELLENO CON TECHO INCLINADO"

1.- Consideraciones Generales

Este método de explotación, como ya se ha explicado en el Cap. VIII - 5, se aplica con relativo éxito desde 1,952 . El mineral es arrancado en capas inclinadas y rueda por gravedad y lampeo a pulso hacia la chimenea de extracción. El relleno cae por la chimenea central del tajeo y rueda por gravedad y lampeo a pulso hasta ocupar el espacio vacío dejado por el mineral extraído, formando una superficie inclinada y casi paralela al techo del tajeo.

El yacimiento se divide en niveles cada 40 m. de altura y de nivel a nivel el mineral se subdivide en bloques de 50 m. de longitud, mediante chimeneas. La explotación exige que se abran chimeneas de extracción de mineral en el centro de cada bloque, comenzando a partir de ellas el corte en capas diagonales desde el nivel inferior. El mineral arrancado tiene normalmente un ángulo de reposo de 35° a 40° (B. Stoccos), y las capas se arrancan generalmente con un ángulo de inclinación no mayor de 40° . La ubicación de los bloques de mineral depende de la ocurrencia del mineral, de sus leyes y forma del clavo. El tamaño de los bloques que se ha elegido

estó en función de la potencia y buzamiento de las vetas, resistencia del mineral y de la roca de caja y de la separación entre pisos. El corte de los bloques se efectúa en uno o en los dos flancos, resultando el trabajo más seguro cuando primero se corta en un solo flanco.

La altura de las capas de corte es de 1.50 m. y el mineral rajado se almacena hasta completar el corte de una sola completa. Si las cajas son regularmente duras y el mineral del techo del tajeo es resistente se procede al corte de dos o tres capas, después se extrae el mineral rellenando seguidamente el espacio vacío con roca estéril.

Como parte del mineral tiende a mezclarse con el relleno del piso y se pierde, se acostumbra a formar una superficie en el relleno muy lisa y compacta con el panizo de las cajas, no se emplea un piso artificial de madera porque constituye un peligro para la estabilidad del personal.

2.- Condiciones de Aplicación

Las condiciones que tiene el yacimiento y bajo las cuales se aplica este método de explotación son las siguientes:

a.- Este método de explotación se aplica en vetas que tienen una potencia promedio de 1.60 m.

(63").

b.- El buzamiento promedio de las vetas es de 73°S y

70°N, no siendo muy inclinadas.

- c.- La mineralización del yacimiento es de forma tabular y muy regular, a veces encierra zonas estériles y las vetas no tienen variaciones bruscas en su rumbo. La roca encajonante está bien definida del mineral y no hay mineralización en ella por reemplazamiento o inclusiones.
- d.- Las cajas son moderadamente fuertes, no habiendo desprendimiento de roca que pueda diluir el mineral, salvo en casos que las explosiones del arranque las fracturen.
- e.- El mineral por lo general no se encuentra mezclada o incluye roca estéril, sin embargo hay áreas donde el relleno de las fracturas se encuentra con mucha ganga o el mineral encierra zonas estériles (caballos).
- f.- Siendo las cajas moderadamente fuertes, necesitan ser sostenidas durante el corte y extracción del mineral debido a las presiones que actúan sobre ellas. El mineral del techo del tajeo es lo suficientemente resistente y no constituye un peligro durante la explotación.
- g.- Los límites de los clavos o lentes mineralizados son irregulares y no se conocen en toda su extensión.

h.- El mineral se oxida rápida y fácilmente al permanecer mucho tiempo almacenado en el tajeo.

3.- Recuperación y Pérdidas de mineral en la explotación

Este método tiene una recuperación variable. Si el arranque es desde el techo de la galería (nivel) la recuperación del mineral es completa, pero si se dejan puentes o pilares para el sostenimiento del tajeo la recuperación sufre ciertas pérdidas. Los puentes se recuperan parcial o totalmente al final de la explotación, en cambio los pilares de sostenimiento se pierden definitivamente al rellenar el tajeo. Durante la explotación se pierde mineral al mezclarse con el desmonte del relleno, sobre todo el mineral finamente fracturado que tiende a ocupar las partes más bajas debido a su peso específico y tamaño. Este mineral fino que se pierde podría evitarse si se emplean pisos artificiales de madera, cueros o cartones. El escogido del mineral es difícil y por lo general imposible dada la superficie inclinada del tajeo y la posición que tiene que adoptar el minero.

4.- Personal empleado. Velocidad de avance de la explotación. Rendimiento por Hombre-Guardia

La explotación de un tajeo por medio de este método emplea el siguiente personal según su clasificación de trabajo:

Un maquinista de tajeo.

Un ayudante de maquinista de tajeo.

Dos palaneros.

Este personal es de escasos conocimientos técnicos, siendo generalmente los palaneros personal analfabeto y en algunos casos los maquinistas. Estos obreros mal preparados, no calificados e indisciplinados, tienen un rendimiento muy bajo y con muchos años de práctica llegan a aprender el trabajo que efectúan. La calidad de los obreros influye en la eficiencia y rendimiento del método de explotación, afrontando en la actualidad serios problemas con el personal que se emplea.

El personal mencionado efectúa las diferentes operaciones de explotación del tajeo que se han estudiado en el Cap. VIII - 2 y que se enumeran a continuación:

Preparación del tajeo

Arranque

Extracción

Sostenimiento del tajeo.

Según este método, en un tajeo se tiene dos puntos de arranque, uno en cada ala, pero sólo se trabaja en uno. A fin de lograr un avance rápido del corte, un ala del tajeo se corta completamente, almacenando el mineral en forma provisional, para después pasar a cortar en la otra ala del tajeo. Con el personal indicado y el equipo empleado, además de las

condiciones propias del yacimiento, se tiene un promedio de un disparo cada 3.2 guardias en un tajeo que está en corte. El corte de una franja de un ala del tajeo de 15 m. de longitud, perforación y disparo emplea 10 guardias. El desquinche y la extracción de parte del mineral después de cada disparo, demora media guardia totalizando 5 guardias; el sostenimiento o fortificación del vacío dejado por el arranque mediante puntales, demora media guardia, habiendo en total 5 guardias. En esta forma la velocidad de arranque de una franja, en un pilar de 15 m. de longitud con un frente de arranque de 1.5 m. de alto y un avance de 1.5 m. por disparo es de 20 guardias o sea 10 días de trabajo.

Después, viene la extracción del mineral que es por palanco a pulso aprovechando la gravedad que proporciona la inclinación del piso del tajeo. Esta extracción demora 6 guardias o sea 3 días.

La introducción del relleno al tajeo por medio de las chimeneas de desarrollo demora otras 6 guardias ó 3 días. En el tajeo se tiene que palear para extender el relleno en toda su longitud y después cubrir la superficie con arcilla (panizo) para evitar en parte la dilución o pérdida del mineral.

Un resumen de las diferentes operaciones en la explotación de un ala del tajeo es el siguiente:

<u>Turnos de trabajo</u>	<u>Trabajo</u>
10	Perforación y disparo
5	Desate de la roca y extracción de parte del mineral.
5	Sostenimiento por puntales
6	Extracción del mineral
6	Relleno del espacio vacío
<hr/> 32	Total tiempo empleado en el corte de una capa en un ala del tajeo de 15 m. de longitud y 1.5 m. de alto.

La velocidad de avance de la explotación de los tajos ha producido el siguiente rendimiento por Hombre-Guardia en los tres últimos años de trabajo.

CUADRO 28

RENDIMIENTO POR HOMBRE-GUARDIA EN T.M.S. DE MINERAL

	<u>1959</u>	<u>1960</u>	<u>1961</u>
Rendimiento Mina	0.679	0.827	0.787
Rendimiento superficie y Mina sin Dominical	0.460	0.590	0.511
Rendimiento superficie y Mina con Dominical	0.394	0.506	0.439

5.- Seguridad del personal en la explotación de los tajeos

La seguridad de trabajo en los tajeos es menor que en otros métodos de explotación.

Los obreros estén ubicados en una superficie inclinada e inestable por la que se deslizan continuamente trozos de mineral y material de relleno que pueden herir al personal.

El sostenimiento del techo y de las cajas del tajeo es más difícil. Se usan puntales para las paredes, las que con los disparos se fracturan y aumentan las presiones que actúan sobre ellas.

El minero, debido a su posición de trabajo, difícilmente se cuida de prestar atención a desprendimientos del techo o de las cajas, quedando fácilmente expuesto a la caída de roca o mineral.

Si el arranque es en las dos alas, el lugar más peligroso se ubica sobre la chimenea de extracción, siendo necesario sostener el techo mediante puntales de alza y después bloquearlos con marchevantes. Resulta también peligroso el techo del tajeo cuando se esté cerca al piso del nivel superior o cuando conecta a él, porque el mineral en esta zona se encuentra más comprimido y se arranca fácilmente, siendo por este motivo lugares que deben tener el mayor control de las rocas sueltas o mineral fracturado.

6.- Características favorables de este método

Este método de explotación de "Tajeo Ascendente por Corte y Relleno con Techo Inclinado", tiene las siguientes características favorables:

- a.- Es un método de bajo costo en la preparación, arranque y extracción del mineral y sostenimiento del tajeo.
- b.- Los tajeos son fácilmente ventilados y se obtiene una ventilación bastante efectiva de las labores.
- c.- Se necesita en un bloque de 30 m. de largo dos chimeneas de relleno y una de extracción.
- d.- El promedio de rendimiento en los tres últimos años por Hombre-Guardia de la mina es 0.764 T.M.S. e incluyendo el personal de superficie es de 0.520 T.M.S.
- e.- La superficie libre de las cajas después de la extracción del mineral es grande y tiende debilitarse, por lo que se mantiene la estabilidad general del yacimiento mediante el relleno con roca estéril de los espacios vacíos. Este relleno se introduce por gravedad.
- f.- Se puede realizar en parte el fracturamiento del mineral de tamaño mayor a 25 centímetros

de diámetro antes de ser echado a la chimenea de extracción; pero por lo general no se hace por ser una operación difícil y peligrosa.

- g.- El mineral se puede extraer fácil y rápidamente conforme es rajado, evitando almacenar grandes reservas que favorecen la alteración de la composición química de los minerales dificultando su flotación.

7.- Desventajas del método

Las desventajas de este método de explotación que han contribuido a buscar un nuevo método son las siguientes:

- a.- No se puede escoger el mineral del desmonte en la extracción, si se hace es muy difícil y peligroso.
- b.- El mineral se diluye fácilmente con el relleno del piso y el fino se pierde al mezclarse con el desmonte.
- c.- El rendimiento del tajeado es limitado, porque debe alternarse el arranque del mineral con el relleno del espacio dejado por la extracción.
- d.- Las condiciones de aplicación de este método son limitadas, si cambia alguna de ellas se hace difícil su aplicación o aumentan los costos.

- e.- El trabajo en el tajeo resulta peligroso, ya sea por la posibilidad de desprendimiento de roca de las cajas o de mineral del techo del tajeo.
- f.- El trabajo es más difícil que en las explotaciones horizontales, por encontrarse el personal sobre un piso inclinado e inestable y perforando en una posición incómoda y riesgosa.
- g.- No se puede adaptar fácilmente a las irregularidades de los clavos. Al encontrar áreas estériles o cabellos dentro de la mineralización no se pueden dejar en el tajeo durante la explotación en forma fácil.

3.- Problemas en la Explotación

La explotación de la mina Caudalosa en la actualidad enfrenta serios problemas tanto de carácter técnico como de orden social, que dificultan el normal desenvolvimiento del trabajo.

Los principales problemas que enfrenta la compañía son:

- Energía eléctrica cara.
- Deficiente suministro de herramientas y víveres por la ubicación y encarecimiento de fletes.
- Mayor costo de equipo y repuestos.

Capacidad limitada de extracción de mineral debido al winche de izaje y el método de explotación.

- Encarecimiento continuo de la madera y su escasez en los meses de lluvia.

Desarrollo limitado por falta de equipo y estudios geológicos.

Mayores costos de operación.

- Inestabilidad de los precios de los metales en el mercado mundial.

En el orden social los problemas son más agudos y hacen meditar extremadamente nuevas inversiones en el yacimiento. Los principales son:

Personal con exigencias salariales desproporcionadas.

- Personal inestable y escaso en determinadas épocas del año.
- Personal no calificado e indisciplinado.

De estos problemas, los primeros son solucionables o se pueden superar, pero los segundos que tienen proyecciones de carácter nacional en su aspecto de asimilación del indigena andino a la vida socio-económica del país, es permanente y de solución a largo plazo.

CAPITULO X

ELECCION DE UN NUEVO METODO DE EXPLOTACION

"TAJEO ASCENDENTE POR CORTE Y RELLENO CON TECHO HORIZONTAL"

1.- Consideraciones Generales

En este método de explotación el mineral es arrancado en capas horizontales y rueda por medio de rastrillos mecánicos a las chimeneas de extracción. El relleno se introduce por la chimenea de desarrollo y cae por gravedad a la labor, acomodándose con el rastrillo mecánico (scrapers) a lo largo del tajeo.

El yacimiento se divide en niveles cada 40 m. de altura y el mineral de nivel a nivel se subdivide en bloques de 60 m. de longitud por medio de chimeneas de desarrollo que en la explotación servirán para ventilar la labor e introducir el relleno. Además, con la explotación del tajeo, se lleva una chimenea de extracción ubicada a 30 m. de la chimenea de relleno y limita el tajeo cuyas dimensiones son 40 m. de altura por 30 m. de longitud.

La ubicación de un bloque de mineral se hace tomando en consideración la ocurrencia y continuidad del mineral, sus valores o leyes y forma del clavo mineralizado. El tamaño del bloque de mineral de un tajeo es el mismo y su elec-

ción esté de acuerdo a la potencia y buzamiento de la veta, resistencia a los desprendimientos del mineral y de la roca encajonante y separación entre niveles, características iguales a las del método anterior.

El arranque se realiza en capas que tienen una altura de 2.1 m. (7 pies) y el mineral rajado se almacena hasta alcanzar por completo el corte de la capa. Si la dureza del mineral y las cajas lo permite, se procede al corte de dos o tres capas limpiando luego el mineral para proceder seguidamente a la operación de relleno del espacio vacío.

Como parte del mineral se mezcla con el desmonte del piso y se pierde o diluye, debe emplearse un piso artificial formado de tablas de 1" x 10" x 10' y que además ayuda a deslizarse al rastrillo.

En el sostenimiento de las cajas antes del relleno y del techo del tajeo se emplearán pernos de alta tensión (Rock-Bolts).

2.- Condiciones de Aplicación

Las condiciones de aplicación de este método de explotación son las mismas que se han enumerado en el capítulo anterior, Cap. IX - 2., pág. 195).

3.- Estudio del Método de Tajeado Elegido

El estudio del método de tajeado "Tajeo Ascendente

por Corte y Relleno de Techo Horizontal" con fin didáctico, se ha dividido en operaciones que se llevan a cabo durante el laboreo, siendo ellas interdependientes y seguidas. Estas operaciones son las siguientes:

A.- Preparación del tajeo

B.- Arranque del mineral

C.- Extracción del Mineral Arrancado

D.- Sostenimiento del Tajeo: Uso de pernos de roca y relleno de los espacios vacíos ya explotados.

A.- Preparación del Tajeo

La preparación de un tajeo toma en consideración los siguientes puntos:

Naturaleza del terreno

Ubicación y forma del clavo de mineral

Leyes del muestreo y valor comercial del mineral.

De acuerdo a estas condiciones en la preparación de un tajeo se seguirán dos procedimientos:

a.- Primer procedimiento.-- Delimitado un bloque de mineral por dos chimeneas de desarrollo, en el nivel inferior y al centro del bloque, a 30 m. de longitud de cada chimenea, se abre una nueva chimenea de doble compartimento: camino-buzón, que servirá para la extracción del mineral y camino de acceso del personal y herramientas al tajeo.

La chimenea de extracción se levanta hasta tener un puente de 2 m. o más con el techo de la galería y de ella se

correr a ambos lados o al lado elegido, subniveles horizontales de 1.50 m. x 1.7 m. de sección, siguiendo la veta y descubriendo el mineral en todo su ancho.

En muchos casos la chimenea de extracción se levanta hasta encontrar mineral comercial y el subnivel se corre hasta delimitar el lente de mineral o conectar a la chimenea de desarrollo. A partir del subnivel se comienza el corte del mineral.

b.- Segundo Procedimiento.- Se emplea en caso de tener un bloque de mineral con valores muy altos que han sido evidenciados por las chimeneas de desarrollo y las galerías, en tales circunstancias el corte del tajeo empieza desde el techo de la galería inferior sin dejar puente.

El primer disparo del corte de la primera etapa, se inicia a 4.0 m. de la chimenea de relleno abriendo una pequeña chimenea de 2.10 m. ó 7 pies de alto, de donde se completa el corte hacia la chimenea de desarrollo y después se avanza en sentido contrario hasta alcanzar una longitud de 30 m. El mineral arrancado cae todo al piso del nivel limpiándose con la mayor rapidez al terminar el primer corte. Terminado el acarreo del mineral, se levanta la chimenea de extracción ubicada a 30 m. de la chimenea de desarrollo. Esta chimenea es de doble compartimento camino-buzón y se lleva con la explotación del tajeo, sirviendo como su nombre lo indica para extraer el mineral rajado y como camino de acceso para el per

sonal y herramientas a la labor.

El relleno del tajeo exige, en este caso, que se coloquen cuadros cónicos con o sin solera o puntales de línea para proteger la galería mediante un piso de tablas y marchavantes que sostendrán el relleno evitando que se corra al nivel de trabajo.

En este método de explotación, el tajeo tiene una chimenea de desarrollo y una chimenea de doble compartimento de extracción y toma por nombre el número de la chimenea que se encuentra ubicada en el extremo Oeste del tajeo que puede ser la chimenea de desarrollo o la chimenea de extracción, en todos los casos que el avance de la galería sea hacia el Este. Ver gráficos No. 33, No. 34 y No. 35. Los puntales de línea y los cuadros cónicos que se emplean en el segundo procedimiento son de polos redondos de eucalipto y sus características se han descrito en el Cap. VIII - 2 - A. Ver gráficos No. 26, No. 27 y No. 28.

Si las cajas ejercen poca presión, la chimenea de extracción se lleva con puntales de línea de 8 pulgadas de diámetro, colocados tres paralelamente, espaciados 1.10 m. y a intervalos verticales de 1.20 m. El camino se separa del buzón o echadero mediante una cortina de tablas de 2 pulgadas de espesor que es sostenida por los puntales del centro. Las caras laterales de la chimenea que soportan la presión del relleno se enrejan con marchavantes rajados, o se coloca

una cortina de tablas de 2" de espesor sostenida por los puntales laterales.

En caso que las paredes de la veta ejerzan mucha presión la chimenea se lleva con cribes de dos compartimentos. Los cribes empleados son los mismos descritos en el Cap. VIII-2 - A.

La tolva para la extracción del mineral y el camino de la chimenea son los mismos descritos en el Cap. VIII - 2 A.

B.- Arranque

En el caso de empezar el corte desde un subnivel, el arranque se comienza a 4 m. de la chimenea de relleno abriendo una pequeña chimenea de 2.10 m. de alto, seguidamente se completa el corte hacia la chimenea de desarrollo y después se corta avanzando hacia la chimenea de extracción. El mismo proceso se sigue si el tajeado se comienza del techo de la galería y no se deja puente. Ver gráficos No. 33, No. 34 y No. 35.

El tajeo tiene 30 m. de largo con una chimenea de extracción de doble compartimento en un extremo y en el otro extremo una chimenea de desarrollo por donde se introduce el relleno de la labor.

En el arranque del mineral se empleará perforadoras o mortillos de patas neumáticas. Un disparo comprende la por

foración de una capa de 2.10 m. o 7 pies de alto, en una longitud de 2.40 m. u 8 pies, empleándose para ello barrenos hexagonales Cordmont de 8 pies de largo por 7/8" de diámetro. Los taladros se perforan paralelos al techo del tajeo en un trazo que varía con la potencia de la veta y dureza del mineral. Se usa el trazo en zig-zag para tajeos de poca potencia y el trazo de doble o triple hilera para tajeos de mayor potencia al promedio general.

Terminada una tanda de perforación, cada taladro se carga con 5 cartuchos (promedio) de dinamita Belex No. 2 de 45 $\frac{1}{2}$ de potencia y tamaño 8 x 7/8 pulgadas, que proporciona una buena fragmentación del mineral. Los taladros de arranque se cargan con 6 cartuchos cada uno de ellos. Cada taladro se ceba con un detonador o fulminante de Cápsula No. 6 conectado a una guía de pólvora de 9 pies de longitud para su encendido. Después de cargar cada taladro se coloca el piso de tablas de 1 pulgada de espesor sobre el relleno, para evitar la pérdida y dilución del mineral; seguidamente se procede al encendido del disparo que se hace en el orden elegido mediante el uso de conectores y cordón de encendido (ignitorcord). Este sistema nos brinda gran seguridad y buena distribución del encendido con el fin de obtener las explosiones en el orden que se desea.

Después de cada disparo se extrae parte del mineral con el objeto de formar un espacio de trabajo de 1.50 m. a

1.50 m. de altura, procediendo a la vez a desatar o desquinchar los trozos de mineral o roca sueltos del techo y de las cajas. En este forma se continúa hasta completar el primer corte, y en casos especiales, si la dureza de las cajas y resistencia del mineral lo permiten, se da un segundo y tercer corte.

La perforación de una tanda de 30 taladros en promedio junto con la carga del explosivo y encendido del disparo se hacen en una guardia de 8 horas de trabajo. Además se dispone de tiempo para desatar las rocas sueltas de la labor dejadas por el disparo de la guardia anterior, asegurar el piso donde se ubicará el maquinista y revisar las condiciones de seguridad de tajeo.

En los casos que el mineral se presente en bandas separadas de la ganga ubicadas ya sea al piso o techo de la estructura, el disparo se hace separadamente, primero el mineral y después la zona estéril, que se deja como relleno del tajeo evitando en esta forma su extracción inútil.

C.- Extracción del Mineral Arrancado

El mineral arrancado se transporta a la chimenea de extracción por medio de un cucharón o rastrillo mecánico (scraper).

Después de terminado el corte de mineral el techo y las cajas libres del tajeo se aseguran por medio de puntales

o pernos de roca de 6 pies de largo. Terminadas estas operaciones se instala el winche de dos tambores sobre la chimenea de extracción y en el otro extremo del tajeo, la polea del rastrillo. Instalado el winche y el rastrillo se procede a la limpieza del mineral. Durante esta operación el ayudante del maquinista escoge el desmote del mineral, separándolo, y rompe los trozos de mineral mayores a 25 centímetros de diámetro. El desmote se coloca a un lado de la calle por donde corre el rastrillo y queda como relleno del tajeo; el mineral que queda fuera de esta calle y el rastrillo no lo alcanza, se echa a ella con una lampa.

Con la extracción del mineral quedan mayores superficies libres de las cajas que se aseguran con pernos cuya aplicación se explicará en la siguiente operación.

La chimenea de extracción en el cuello con el tajeo lleva una parrilla en el compartimento del buzón que tiene 25 centímetros de luz con el fin de seleccionar los trozos de mineral mayores a 25 centímetros de diámetro, que rompen los cribes, la tolva de extracción, malogran los carros de transporte de mineral y dificultan la operación de chancado en la Concentradora.

D.- Sostenimiento del Tajeo: Empleo de pernos de roca (Rock-Bolts) y Relleno de los espacios vacíos ya explotados

El método anterior emplea puntales de eucalipto en

el sostenimiento de las cajas; al aplicar este método de explotación se empleará pernos de alta tensión para roca (Rock-Bolts) en el sostenimiento del techo y paredes del tajeo, en los lugares donde la potencia de la veta lo permita, los que se colocarán al mismo tiempo que se efectúan las operaciones de arranque y extracción del mineral.

Los pernos que se usan en el sostenimiento de rocas se clasifican generalmente en dos grupos, basados en la forma de anclaje que tienen, es decir en el mecanismo de la cabeza interior y son:

a.- De ranura y cuña y

b.- Cabeza con cuerpo de expansión

El terminal exterior o cabeza exterior es la siguiente característica que los diferencia y según ésta pueden ser:

a.- Cabeza exterior con hilos para tuerca

b.- Cabeza exterior con tuerca integrada a la misma varilla.

Todos los pernos de ranura y cuña tienen la cabeza exterior con hilos, en cambio, los pernos de cabeza con cuerpo de expansión pueden tenerla o no, dependiendo del tipo de cuña usada para expandir la cabeza del perno.

Los pernos son de cabeza exterior con hilos si la cuña integrada a la varilla en su terminal interior es formada de la misma varilla.

Los pernos con cabeza exterior con tuerca integrada a la misma varilla son usados con cuña, en este caso hay hilos en el terminal interior del perno.

Los pernos con hilos en el terminal interior de la varilla vienen en dos tipos, con o sin orejas bajo los hilos interiores. Las orejas son necesarias si la cabeza es tipo no estribo, pero si ella es tipo estribo no se las necesita. Los pernos que son de cabeza tipo no estribo requieren de algún mecanismo para sostener el cuerpo de expansión, evitando en esta forma su resbalamiento a lo largo de la varilla durante su instalación y en este caso se usan las orejas. Hay muchos diseños de pernos que se emplean según el trabajo que van a desempeñar y de acuerdo a la naturaleza del terreno.

En los pernos de cabeza exterior con hilos se emplea una lámina de acero de 4" x 4" x 3/8" (washers) entre la tuerca y la pared de la roca que sirve para sostener el perno y transmitir su trabajo de sostenimiento a la pared.

Muchas fábricas de Estados Unidos de Norte América y el Canadá, producen estos diferentes tipos de pernos, las principales son: Bethlehem Steel, Colorado Fuel & Iron, Republic Steel, Pattin Mfg., Ohio Brass, American Mine Supply, etc.

En este método de explotación se usará los pernos de cabeza interior con cuerpo de expansión y con hilos en ambos extremos de la varilla, fabricados por la Bethlehem Steel

del Canadá.

Los pernos tienen las siguientes características, una longitud de 6 pies, la varilla de acero de alta tensión tiene una resistencia a la fuerza de rotura mínima de 22,000 lb. con un diámetro de 5/8 de pulgada. El cuerpo de expansión (shell) tiene una longitud de 5 pulgadas y el menor diámetro alcanzado es de 1 1/4", la cuña-tuerca del cuerpo de expansión es una pirámide trunca de base cuadrada de 2" de longitud con un diámetro máximo de 1 1/4". El hilo de los terminales extremos de la varilla alcanza una longitud de 3 pulgadas.

Estos pernos usan orejas para evitar el deslizamiento del cuerpo de expansión sobre la varilla.

Las características técnicas de estos pernos son:

	Diám.	Tensión	<u>Torque</u>
Varilla de acero de alta tensión	5/8"	22,000 lb.	175 lb-pie.

Experimentos de pruebas de extracción demuestran que los pernos de acero de alta tensión se rompen entre las 22,000 lb. a 30,000 lb.

La operación de colocar un perno es la siguiente: se perfora un taladro de 6 1/2 pies de longitud con barrenos Cordmant, la cabeza interior se prepara y se introduce el perno hasta dejar sobresaliendo en 4 pulgadas la cabeza exterior, que tiene una tuerca que se saca para colocar la plati-

na (washer) de 4" x 4" x 3/8" y se vuelve a colocar después. La varilla del perno debe quedar perpendicular a la cara de la roca para que la platina y tuerca queden en planos paralelos y sus superficies se unen. Después se emplea una máquina de ajustar pernos (Impact Wrench Tool, Ingersoll Rand) que le da un torque de 175 libras - pie con lo que el perno alcanza una tensión de 10 toneladas cortas. Después se controla con una "llave torque" (Torque Wrench Tool) para estar seguro si el perno ha alcanzado el torque deseado.

Pruebas posteriores de extracción del perno controlarán su anclaje y la resistencia de la varilla a la tensión. Esta máquina conocida con el nombre de "gata hidráulica" puede alcanzar una fuerza de extracción de 30 T.C., pero los pernos a partir de las 11 T.C. empiezan a fallar o resbalar.

Los pernos se colocarán en la superficie de las cajas y cuando es necesario en el techo, espaciados 1.5 m. ó 5 pies de perno a perno.

El empleo de los pernos de roca de alta tensión representa un economía de 10% sobre el costo de la madera consumida en los tajeos, además del tiempo economizado en comparación con la colocación de madera.

El espacio vacío dejado después de terminar la extracción del mineral rajado se rellena con desmonte o material estéril.

Rellenar los espacios vacíos de los tajeos tiene

por objeto proporcionar al personal una superficie segura para mantenerse de pie, conservar el techo del tajeo, evitar que las cajas se desprendan bruscamente sobre el tajeo o el personal, proteger la superficie exterior de hundimientos, facilitar el arranque del mineral y reducir la presión de las cajas.

El material de relleno se obtiene del estéril escogido en la explotación del tajeo, de las labores de desarrollo en estéril de niveles superiores y como se necesitará mayor volumen, se empleará en este caso material exterior proveniente de las escombreras de los cerros vecinos al yacimiento cuyos detritus son de tamaño y propiedades excelentes para ser usados como rellenos. Ver Fotografía No. 14.

Estudios y pruebas del material elegido han demostrado que las principales propiedades y características del nuevo relleno son:

- No se aglomera ni adhiere a los carros de transporte, a las paredes de la chimenea de relleno, ni al rastrillo del tajeo.
- Es resistente y no se desmenuza durante su transporte.
- Su contenido o producción de polvo hasta llegar a la labor es mínimo.
- No contienen mucha humedad.
- Tienen un tamaño apropiado para dejar el menor espacio posible. El tamaño del material varía entre 10 a 1 pulgada de diámetro, teniendo ade-

más un porcentaje adecuado de granos más finos. Es un material que tiene una naturaleza compacta y con una presión alta es poco compresible. Debido a su propio peso, gravedad específica, su naturaleza le da una compresión regular y en forma gradual.

El tajeo se rellena hasta dejar un espacio de 1.3 m. ó 6 pies entre el piso del relleno y el techo del tajeo. El piso es horizontal y paralelo al techo.

Para introducir el material de relleno a la mina se tiene que hacer una chimenea especial (Waste Pass) o habilitar una chimenea antigua en buen estado, conectando el último tramo a la superficie a fin de hacerlo más económico. El pique 3 E. no se puede usar con este fin por su capacidad limitada a izar el mineral de la producción del día. De la chimenea de desmonte se saca el material y se transporta a la labor en relleno introduciéndolo por gravedad al tajeo. En el tajeo el desmonte se desplaza por medio de un rastrillo o cucharón de arrastre mecánico hasta ocupar el espacio vacío afirmándose y asentándose bien debido a su propio peso.

4.- Equipo y material empleado

Este método de explotación de los tajeos empleará en parte las máquinas y herramientas usadas en el método anterior, además usará nuevas máquinas y herramientas las que se

enumeran en forma general a continuación:

Máquinas y herramientas usadas en explotación de un tajeo:

- Martillo perforador de pata neumática (Air Leg Drill).

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Peso</u>
Gardner Denver	F.L. 58	95.0 lb.

Accesorios:

- Manguera de aire 3/4" diámetro 50' longitud
- Manguera de agua 1/2" diámetro 50' "
- Bomba de aceite (lubricadora)
- Barrenos hexagonales
Cordmant 7/8" diámetro 31,5', 8' long.
- Winche de dos tambores con rastrillo (Scraper)

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>
Gardner Denver	H.K.E.

y cuyas especificaciones son:

- Capacidad de tracción del cable 2000 lb.
- Velocidad del cable 132 pie-min.
- Capacidad de cada tambor 365 pies-cable
- Presión de aire necesaria 70 a 100 lb./pulg².
(Manométricas)
- Cables 3/8" diámetro 200'-90'
- Rastrillo o cucharón
de arrastre 30"x20" 9 pies³
600 lb.
- Palanas
- Corvina

- Azuela

- Barretillas 3 , 5 y 8 pies de largo cada una

- Máquina empernadora (Torque Wrench Impactool)

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Torque</u>
Ingersoll Rand	5340 T O	550 lb-pie máx.

- Llave Torque (Torque Wrench)

<u>Marca</u>	<u>Modelo</u>	<u>Torque Máximo</u>
Amstrong Bros. Tool Co. Chicago U.S.A.	H.R. 300	300 lb-pie

- Gata Hidráulica (Pull Machine)

<u>Marca</u>	<u>Tensión de Extracción</u>
Simplex -- Marsh Instrument Comp.	30 T.C. máx.

- Pernos de acero de alta tensión (Rock Bolts)

<u>Marca</u>	<u>Tipo</u>	<u>Longitud</u>
Bethlehem Steel	Cabeza de expansión	6 pies.

En este método se elimina el martillo perforador de avance vertical (Stoper), y en los casos que por ancho del tajeo no se pueda emplear el rastrillo se usará una carretilla de metal con rueda de jebe.

Todas estas máquinas-herramientas y sus accesorios mecanizan la explotación del tajeo obteniendo que se trabaje en forma eficiente con un alto rendimiento de producción, ventajas que en el método anterior no se tenían.

5.- Recuperación y pérdidas del mineral en la explotación

La recuperación del mineral en este método de explotación es mejor que en el método anterior, sin embargo se producen ciertas pérdidas propias del método.

Si el tajeo corta el mineral desde el techo de la galería, la recuperación es total y no hay pérdidas; además, si durante el arranque se encuentran zonas estériles, es fácil adaptar la explotación y bordear el lente pobre arrancando sólo el mineral comercial.

Cuando en la preparación del tajeo se dejan puentes, si es valioso el mineral se arranca posteriormente al finalizar la explotación mediante métodos especiales, completando en esta forma la recuperación de todo el macizo.

Pilares de sostenimiento no se emplean, por lo tanto no se pierde mineral en esta forma.

El mineral por su naturaleza es frágil y quebradizo y durante el arranque se produce un buen porcentaje de partículas finas. Para que este mineral menudo no se pierda, antes del arranque, sobre el relleno se coloca un piso de madera formado por tablas de 1 pulgada de espesor, que evita que las partículas pequeñas se introduzcan por los intersticios existentes entre los fragmentos de roca.

Durante el arranque el mineral sufre dilución producido por la roca de caja que se fractura y mezcla con el mine

ral. Es mayor esta dilución en los lugares que la veta tiene menor potencia, en cambios bruscos de rumbo y en los lugares que presenta fracturamiento o cizallamiento.

En este método, como se ha explicado, el arrastre del mineral a la chimenea de extracción es por medio de un rastri- llo o cucharón de arrastre mecánico (scraper) y durante su trayecto se realizará el escogido que consiste en separar el desmonte del mineral, lo que viene a ser una pre-concentra- ción del metal en la labor de trabajo.

6.- Personal Empleado. Velocidad de avance de la explotación y Rendimiento por Hombre-Guardia

Este método reduce el número de obreros que trabaja- ron en un tajeo, empleándose el siguiente personal:

Un maquinista de tajeo.

Un ayudante de maquinista de tajeo.

Siendo el necesario para poder efectuar las distin- tas operaciones de explotación en forma eficiente y obtener mejores rendimientos.

Se eliminan dos palaneros y como se empleará el mis- mo personal disponible, se les entrenará enseñándoles las di- ferentes operaciones de explotación y el manejo de las nuevas máquinas a usar.

Las operaciones de explotación se ha estudiado en forma amplia en la parte tercera de este Capítulo. El entre-

namiento en el manejo correcto de las nuevas máquinas-herramienta se hará en forma gradual insistiendo especialmente en la técnica de colocar los pernos de roca.

La explotación de un tajeo tiene sólo un punto de arranque, disminuyendo el peligro que hay con dos o más puntos de arranque a la vez. Con el objeto de alcanzar la mayor rapidez se realiza el corte completo y continuo de una capa del tajeo, almacenando en forma provisional el mineral rajado el que se extrae al término del minado.

Con este método, personal y equipo de trabajo se debe alcanzar un promedio de un disparo cada 2.3 guardias de trabajo.

La velocidad de corte de una franja, en un pilar de 30 m. de longitud con un frente de arranque de 2.10 m. de alto y un avance de 2.20 m. por disparo es de 14 guardias ó 7 días.

Desatar la roca suelta, extraer parte del mineral y perforar y colocar los pernos a las cajas y techo después de cada disparo, emplea un total de 4 guardias ó 2 días para el corte completo de una capa de 30 m. de longitud.

La extracción o limpieza del mineral por medio del cucharón de arrastre mecánico con ligero escogido del mineral se realiza en 4 guardias ó 2 días, de acuerdo a la capacidad del winche y cucharón empleado.

Rellenar el espacio vacío con desmonte proveniente

del exterior de la mina en forma continua hasta terminar, emplear 6 guardias ó 3 días de trabajo.

Cuadrar el corte sobre la chimenea de extracción: sacar el winche, levantar el encribado de la chimenea, perforar y disparar, limpiar el mineral y volver a colocar el winche, emplear 4 guardias o dos días de trabajo.

La siguiente relación resume el tiempo empleado en las diferentes operaciones de explotación de un tajeo:

<u>TORNOS DE TRABAJO</u>	<u>TRABAJO</u>
14	Perforación y Disparo
4	Empernado
4	Extracción del mineral
6	Relleno del tajeo
4	Cuadrar el corte sobre la chimenea de extracción.
<hr/> 32	Total tiempo empleado en el corte de una capa de 30 m. de longitud por 2.1 m. de alto.

La velocidad de avance obtenida con este método de explotación, debe dar el siguiente rendimiento en T.M.S., por Hombre-Guardia.

CUADRO 29

Rendimiento en T.M.S. por Hombre-Guardia

	<u>Rendimiento Mina</u>
Máximo	4.40 Ton/H-G.
Promedio	3.20 Ton/H-G.
Mínimo	2.60 Ton/H-G.

7.- Seguridad del personal

En este método de explotación las condiciones de seguridad son mejores y puede decirse que las labores son poco peligrosas, debido a que los trabajadores pueden ejercer un mejor control de las condiciones de las cajas y techo que se desatan y fortifican mediante los pernos de roca de alta tensión después de cada disparo.

En el tajeo el mineral cerca a la chimenea de relleno tiene dos caras libres, situación por la cual puede desprenderse con facilidad. En esta zona el techo se asegura mediante pernos con cabezales o con dos puntales de alza y bloqueando el techo con marchavantes, con el fin de evitar la caída del mineral.

Con la chimenea de extracción se tiene especial cuidado para evitar que el personal pueda caer en ella. En el compartimento buzón, tres cribes bajo el piso, se coloca la

parrilla de marchavantes y en el cuello del camino se coloca una puerta de varillas de fierro de 5/8" de diámetro que dan una luz de 10 cm. x 10 cm. ó 4 x 4 pulgadas. En las chimeneas de relleno con dos compartimentos camino-buzón, en el cuello del camino se coloca una puerta de 50 cm. x 60 cm. ó 20 x 24 pulgadas para que pase una persona, en posición tal que cuando se eche relleno no caigan piedras por él y en el cuello del buzón se instala una parrilla de rieles de 30 lb. yd. con una luz de 25 cm. ó 10 pulgadas.

En el caso que exista gran presión de las cajas produciendo rotura o agrietamiento del mineral o de las cajas mismas, se fortifica el alza del tajeo con puntales y marchavantes. Esta situación es excepcional dadas las características del yacimiento.

El relleno de los espacios libres dejados por el arranque del mineral proporciona seguridad en el tajeo y labores vecinas de trabajo, evitando que las presiones de las cajas aumenten en forma desproporcionada y originen desprendimientos en el tajeo o derrumbes en determinadas zonas de la mina poniendo en peligro la vida de los trabajadores.

El personal de trabajo, además de las medidas de seguridad observadas, debe hacer uso de su equipo de seguridad personal formado por: casco de fibra, botas de jebe, guantes de seguridad (M.S.A.), ropa de jebe: saco, pantalón y en determinados casos se les proporcionará lentes y respiradores

especiales.

8... Características favorables del método

Este método de explotación tiene ventajas sobre el método de explotación actual, y que se han dado a conocer al realizar su estudio, pero que aquí se enumeran objetivamente.

Las principales ventajas del método son:

- a) El método de explotación tiene un elevado porcentaje de recuperación del mineral. Las pérdidas del mineral por explotación son pequeñas, siendo mucho menor que en el método anterior.
- b) La extracción de mineral después de terminado el corte en un tajeo es rápida. Con un número adecuado de tajeos y planeando bien su explotación se puede obtener una extracción intensa de mineral, el necesario para abastecer la Planta de Concentración.
- c) En la explotación del tajeo el corte del mineral se puede hacer separadamente de la parte estéril cuando el mineral se presenta en bandas. La roca estéril se emplea como relleno evitando su innecesaria extracción.
- d) La explotación del mineral que encierra lentes o zonas de roca estéril se puede realizar en forma fácil y ventajosa.

- e) La roca desprendida de las cajas se utiliza como relleno del tajeo y su extracción no es necesaria. De acuerdo a la naturaleza de la roca encajonante, en la explotación es muy escasa la roca desprendida de las cajas, salvo en los casos de poca potencia o cambio brusco de rumbo de la veta.
- f) El relleno de los tajeos, la calidad del material empleado, el buzamiento de la estructura y sus cajas resistentes, evitan que se produzcan hundimientos en la superficie.
- g) El consumo de madera es escaso, casi nulo por el uso de los pernos de roca en el sostenimiento del tajeo. La madera viene de Huancayo y constituye un problema constante por su aumento frecuente de costo y su aguda escasez en determinadas épocas del año, que obligan a parar el trabajo de algunas labores con las consiguientes pérdidas.
- h) El trabajo en el tajeo es más seguro que en el método actual. La seguridad del trabajo es un factor muy importante en la Organización de la Empresa y con este método de explotación se tiene un alto grado de seguridad.
- i) La ventilación de los tajeos es buena. La ex-

tracción de gases y polvo después de cada disparo se puede realizar en forma rápida y fácil. Dadas las condiciones de profundidad del yacimiento la ventilación natural no es suficiente, necesitándose el empleo de la ventilación forzada para extraer los gases y polvo de la mina en forma rápida y ventilar los lugares más alejados a los ingresos naturales de aire.

- j) Se realiza una explotación selectiva de los tajos, se puede escoger en la labor el desmonte del mineral.
- k) El método de explotación brinda gran facilidad para poder pasar a otro método de explotación en caso que las condiciones de aplicación cambien.
- l) Reduce a la mitad el personal de trabajo en un tajeo.
- m) La mecanización del método de explotación aumenta el rendimiento promedio en T.M.S. de mineral por Hombre-Guardia.

9.- Desventajas del método

Este método de explotación presenta algunas desventajas, pocas pero que afectan el método de explotación y que se enumeran a continuación:

- a) El arranque de mineral es costoso en comparación con otros métodos de explotación, pero es algo menor que el método anterior por la ventaja del empleo de barrenos más largos y la velocidad de explotación.
- b) Los espacios dejados por la explotación son difíciles de rellenar.
- c) Se produce algunas pérdidas de mineral menudo en el relleno por los intersticios de las tablas del piso.
- d) La obtención del material de relleno y su introducción a la labor es costoso, pero la diferencia no es grande del Costo del relleno que se obtiene por estocadas a las cajas de la labor en explotación.
- e) Se tiene que hacer y conservar la chimenea para el transporte del relleno al interior de la mina lo que aumenta su costo.
- f) El rendimiento de los tajeos, mayor que en el método anterior, es limitado, por que el ciclo de explotación permite hacer un disparo de amon que cada 2.6 turnos de trabajo.
- g) Se puede presentar dificultades en el nivel 530 al tratar de realizar simultáneamente el transporte de mineral y relleno.

h) Se necesita personal más capacitado para ejecutar las diferentes operaciones de explotación de un tajeo, sobre todo en la perforación para el arranque y colocación de los pernos de sostenimiento.

10.- Inversiones nuevas

Este método de explotación exige nuevas inversiones para la ejecución de las labores de transporte del relleno y comprar el equipo necesario para la explotación del mineral en el Niv. 490.

Se invertirá dinero en la ejecución de las siguientes labores y equipo:

I.- Chimenea de transporte de desmonte (Waste Pass) en la veta Caudalosa.

- Nivel 610 a superficie, arreglo de la chimenea 200 E. y 30 m. de corrida a superficie a través del relleno glaciar. Si el relleno glaciar es fácilmente fracturable se puede usar como relleno de las labores.

- Niv. 570 a Niv. 610, arreglar la chimenea 150 E.

- Niv. 530 a Niv. 570, correr 40 m. la chimenea 150 E. de doble compartimento y bien reforzada.

II.- Estación para cargar las baterías de la locomotora eléctrica en el Nivel 490.

Equipo nuevo necesario:

III.- Locomotora a batería Mancha

IV.- Winche, rastrillo y cable de acero:

Winche (Airslusher) Gardner Denver H K E

Rastrillo 34" x 20" 600 lb.

V.- Empernadora Ingersoll Rand. Tamaño 5340 T O

VI.- Llave Torque (Torque Wrench) Armstrong Bros.

Tool Co. HR 300

VII.- Gata Hidráulica (Pull Machine) Simplex 30 T.O.

VIII.- Pernos de Acero de Alta Tensión (Rock Bolts)

Bethlehem Steel. Cabeza de expansión, 6 pies de longitud.

IX.- Ventilador centrífugo (Centrifugal Fan).

CAPITULO XI

CCSTOS DE OPERACION EN LOS DOS METODOS DE EXPLOTACION

1.- Generalidades

El conocimiento y estudio del Costo de Operación de la mina, brinda la información exacta para conocer en un momento dado cómo marcha económicamente la Empresa, las variaciones de los gastos de cada Departamento y dónde poder realizar las economías necesarias o hacer nuevas inversiones.

En este Capítulo no se estudiará en forma analítica el Costo de Operación, ni se analizarán los gastos que lo forman, sino que se tabulará en cuadros el Costo Promedio Anual de cada una de las operaciones en que se descompone.

La composición de cada uno de los costos que forman el Costo de Operación, se ha tomado directamente de la Estadística de Gastos (Nomenclatura de Cuentas) que tiene la Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Crítica de si es correcto o no la estructuración de los gastos no comprende la elaboración del presente estudio, el que sólo se limita a mostrar el promedio anual de cada uno de ellos.

Según la Estadística de Gastos, el Costo de Operación está formado por el Costo de Minado, más el Costo de Beneficio, más el Costo de Desarrollo y más el Costo de Gastos Generales. Ver cuadro No. 34.

El Costo de Minado está formado por el Costo de Tajeado, más Gastos Distribuibles (Departamento de Servicios) y más Gastos Directos Mina (Servicios Comunes). Ver Cuadro 35.

El Costo de Tajeado se forma con el costo de Arranque, más el Costo de Extracción o Palaneo y más el Costo de Sostenimiento. Ver Cuadro No. 35.

Se explica la composición del Costo de Minado y después del Costo de Tajeado, porque sobre este último costo tomamos especial interés al elaborar el Costo de Tajeado del nuevo Método de Explotación, materia del presente trabajo.

Costo de Operación = Costo de Minado + Costo de Beneficio + Costo de Desarrollo + Gastos Generales.

Costo de Minado = Costo de Tajeado + Gastos Distribuibles + Gastos Directos Mina.

Costo de Tajeado = Costo de Arranque + Costo de Extracción + Costo de Sostenimiento.

2.- Costo de Operación en el Método de "Tajeado Ascendente por Corte y Relleno con Techo Inclinado"

El primer producto que se obtiene del proceso de minado es el mineral arrancado puesto en la cancha. Su aceptación comercial es imperfecta, por tal razón es tratado en la Planta de Beneficio.

Los cuadros No. 30 y No. 31, muestran la producción anual en T.M.S. de Mineral Beneficiado y el grado de riqueza o leyes de los metales que contiene.

CUADRO 30

MINERAL BENEFICIADO EN LA PLANTA DE CONCENTRACION EN T.M.S.

<u>Mine</u>	<u>1957</u>	<u>1958</u>	<u>1959</u>	<u>1960</u>	<u>1961</u>
Caudalosa	40,876	42,489	45,593	59,886	53,000
Reliquias	7,381	9,459	13,023	25,042	20,398
Madona	7,882	7,882	6,953	15,280	11,053
Oxfr. Tenerario	5,933	5,434	2,765	2,535	374
Sta. Bárbara	..-	..-	..-	..-	..-
Morlupo	26	24	23	..-	..-
Netilde	124	60	..-	..-	..-
TOTAL	<u>62,222</u>	<u>64,722</u>	<u>68,357</u>	<u>102,792</u>	<u>84,825</u>

CUADRO 31

LEYES DEL MINERAL BENEFICIADO

<u>AÑO</u>	<u>TMS</u>	<u>%Pb</u>	<u>%Zn</u>	<u>%Cu.</u>	<u>Ag. Oz/T.M</u>	<u>Au. Gr/T.M</u>
1957	62,222	2.78	2.30	0.59	8.50	..-
1958	64,722	2.51	2.09	0.96	11.90	3.1
1959	68,357	2.22	2.13	0.83	11.40	3.1
1960	102,793	2.65	2.56	0.59	10.80	2.7
1961	84,825	2.73	2.44	0.77	11.90	3.4

El tratamiento del mineral en la Planta de Concentración por Flotación, da dos productos: concentrado de plomo y concentrado de zinc, que tiene mayor valor económico que el mineral y constituyen un artículo comercial fácil de vender. Estos concentrados vienen a ser el producto final de todas las operaciones de la Empresa, que está organizada con el fin exclusivo de explotar y beneficiar los minerales del yacimiento de Caudalosa con el mayor aprovechamiento económico.

El Cuadro No. 32 muestra la producción anual de concentrados de plomo y zinc, obtenidos a partir del mineral beneficiado.

El Cuadro No. 33 nos muestra la naturaleza de los concentrados indicando las leyes de los metales. Este es el producto final y sobre su valor de venta se afecta el Costo Total de producción para obtener la utilidad bruta del negocio.

CUADRO 32

CONCENTRADO PRODUCIDO T.M.S.

<u>Año</u>	<u>Mineral Beneficiado</u>	<u>Concentrado Producido</u>	
		<u>Plomo</u>	<u>Zinc</u>
1957	62,222	3,843.3	1,646.8
1958	64,722	4,523.8	1,360.3
1959	68,357	4,229.8	1,247.4
1960	102,793	6,645.2	2,132.0
1961	84,825	5,806.1	1,951.5

CUADRO 33

LEYES DEL CONCENTRADO DE PLOMO

<u>Año</u>	<u>T.M.S</u>	<u>%Pb</u>	<u>%Zn</u>	<u>%Cu</u>	<u>AgOz/T.M.</u>	<u>Au Gr/T.M.</u>
1957	3,843.3	41.5	6.7	8.1	114.4	...
1958	4,523.8	32.6	6.9	12.0	143.3	13.0
1959	4,229.8	32.6	7.2	11.6	144.4	15.3
1960	6,645.2	37.5	9.3	7.4	132.2	15.4
1961	5,806.1	36.9	8.7	9.6	151.4	18.9

LEYES DEL CONCENTRADO DE ZINC

<u>Año</u>	<u>T.M.S</u>	<u>%Pb</u>	<u>%Zn</u>	<u>%Cu</u>	<u>Ag Oz/T.M.</u>	<u>Au Gr/T.M.</u>
1957	1,646.8	2.0	55.3	1.3	18.2	...
1958	1,360.3	2.4	53.8	1.7	22.4	...
1959	1,247.4	2.1	56.2	1.7	23.9	...
1960	2,132.0	2.1	57.2	1.4	20.3	...
1961	1,951.5	2.0	56.5	1.4	19.2	...

El Costo de Operación de la mina que se muestra en el Cuadro No. 34 se ha tomado del "Cálculo de Reservas de Mineral 1961", Corp. Minera Castrovirreyne S.A. En el Cuadro No. 34 faltan los Costos de Desarrollo y Gastos Generales correspondientes a los años de 1957 a 1960, sus valores se desconocen por que constituyen datos confidenciales de la Compañía. En el año de 1961 aparecen estos valores gracias a la valiosa información del Ingeniero Rex Rovillar del Banco Minero del Perú. El Costo de Operación en los cinco años de estudio se ve que aumenta de año en año en forma considerable, tanto en los gastos de minado como de beneficio. Ver Cuadro No. 34.

CUADRO 34

ANALISIS DEL COSTO DE OPERACION

EN SOLES POR T.M.S. EXTRAIDA

<u>Operaciones</u>	<u>1957</u>	<u>1958</u>	<u>1959</u>	<u>1960</u>	<u>1961</u>
Costo de Minado *	93.07	90.32	88.86	87.99	121.10
Costo de Beneficio*	38.26	35.62	43.42	46.19	56.65
Costo de Desarrollo**	-.-	-.-	-.-	-.-	3.02
Gastos Generales **	-.-	-.-	-.-	-.-	16.32
COSTO DE OPERACION	131.33	125.94	132.28	134.18	197.09

(*)Informe obtenido de "Cálculo de Reservas de Mineral año 1961", Corp. Minera Castrovirreyne S.A.

(**) Informe obtenido del Ing. Rex Rovillar. "Costo de Producción Corporación Castrovirreyne S.A." Banco Minero del Perú, Agosto 1962.

El Cuadro 35 muestra los gastos que forman el Costo de Minado. Es de especial importancia conocer la composición de este costo y los valores de los gastos principales que se presentan en el Cuadro 36. El valor de Gastos Directos Mina de la Empresa no se conoce y se ha calculado, asumiendo que es el 30% de los costos de Tajeado y Distribuibles.

CUADRO 35

COMPOSICION DEL COSTO DE MINADO

I.- Costo de Tajeado:

Arranque

Palaneo o Extracción

Sostenimiento

II.- Gastos Distribuibles:

(Departamento de Servicios)

Laboratorio

Fuerza Eléctrica

Compresoras

Taller de Mecánica

Taller de Herrería

Taller Eléctrico

Taller de Carpintería

Aserradero

Planta Aguzadora

III.- Gastos Directos Mina:

(Gastos Generales Mina- Servicios Comunes)

Ingeniería, Geología, Topografía y Dibujo

Seguridad

Ventilación

Sub-bodegas

Bombas

Tuberías

Herramientas

Construcciones e Instalaciones

Conservación Mina

Alumbrado Mina

Izaje

Acarreo Mina

Transporte de mineral en camiones

Canchas

Casa de Fuerza

Fuerza de aire comprimido

Miscelánea

Supervisión

CUADRO 36

ANALISIS DEL COSTO DE MINADO

COSTO EN SOLES POR T.M.S. EXTRAIDA

	<u>1957</u>	<u>1958</u>	<u>1959</u>	<u>1960</u>	<u>1961</u>
Tajeado*	21.77	37.47	26.68	32.72	39.29
Distribuibles*					
(Dpto. de Servicios)	49.85	39.02	41.66	34.95	53.87
Gastos Directos Mina**					
(Gastos Generales Mina)	21.45	20.83	20.52	20.32	27.94
TOTAL COSTO DE MINADO	93.07	90.32	33.86	87.99	121.10

* Obtenido de "Cálculo de Reservas de Mineral 1961" Corporación Minera Castrovirreyña S.A.,

**Se ha calculado el "Gasto Directo Mina" porque no se conoce su valor. Se ha tomado como valor el 30% del Costo de Tajeado más Gastos Distribuibles.

El Costo de "Tajeado", como se ha dicho anteriormente, está formado por los gastos que ocasionan las tres operaciones principales del método de explotación y que son: "Arranque", "Extracción" y "Sostenimiento". Se conoce el valor total del "Costo de Tajeado" anual, no los valores parciales de cada operación los que se muestran en el Cuadro 37.

CUADRO 37

COSTO DE TAJEADO

COSTO EN SOLES POR T.M.S. EXTRAIDA

<u>Operaciones</u>	<u>1957</u>	<u>1958</u>	<u>1959</u>	<u>1960</u>	<u>1961</u>
Arranque	--	--	--	--	--
Extracción	--	--	--	--	--
Sostenimiento	--	--	--	--	--
TOTAL COSTO	21.77	37.47	26.68	32.72	39.29

3.- Costo de Operación en el Método de "Tajeado Ascendente por Corte y Relleno con Techo Horizontal"

Para calcular el "Costo de Operación" asumiremos que los costos de "Beneficio", "Desarrollo" y "Gastos Generales" son iguales en los dos métodos y que el "Costo de Minado" es diferente, motivo por el cual es indispensable calcular el nuevo "Costo de Minado".

En la determinación del "Costo de Minado" asumiremos que los "Gastos Distribuibles" y "Gastos Directos Mina" son iguales en los dos métodos y que el "Costo de Tajeado" cambia por que los gastos de las operaciones que lo forman son diferentes de acuerdo al método de tajeado. Por esta razón la determinación del "Costo de Operación" se reduce a calcular el "Costo de Tajeado" del nuevo método de explotación,

en soles por tonelada métrica.

Se ha explicado que el "Costo de Tajeado" se descompone por sus operaciones en: "Costo de Arranque" + "Costo de Extracción" + "Costo de Sostenimiento" = "Costo de Tajeado" y por los gastos en:

Jornales

Materiales y

Varios.

Analizaremos los gastos que se efectúan en un tajeo por el arranque de una franja de mineral de las siguientes dimensiones: 2.10 m. de alto, por 1.60 m. de ancho y 30 m. de longitud y una densidad del mineral de 2.7 que produce 270 T.M. de mineral rajado en 32 turnos de trabajo.

Los gastos que influyen en la determinación del Costo de Tajeado son:

Mano de obra o jornales

Perforación y Disparo

Sostenimiento y

Relleno

a.- Mano de obra

Consideremos que:

Jornal del maquinista \$/ 30.00

Jornal del Ayudante 28.00

Impuestos aproximadamente 29.00

TOTAL

\$/ 87.00

En 32 turnos de trabajo:

$$\$/ 87.00 \times 32 = \$/ 2,784.00$$

b.- Perforación y Disparo

Consideremos que cada disparo es de 20 taladros y cada taladro se carga con 5 cartuchos de dinamita de 45', para 14 disparos se tiene:

Consumo de dinamita:

$$20 \times 14 \times 5 = 1,400 \text{ cartuchos}$$

por valor de $\$/ 2,170.00$

Consumo de guías en pies:

$$20 \times 14 \times 9 = 2,520.00 \text{ pies}$$

por valor de $\$/ 640.00$

Consumo de Fulminantes:

$$20 \times 14 = 280 \text{ cápsulas}$$

por valor de $\$/ 140.00$

Consumo de Barrenos:

$$20 \times 14 \times 8 = 2,240' \text{ perforados}$$

por valor de $\$/ 270.00$

Total Parcial $\$/ 3,220.00$

c.- Sostenimiento

En el sostenimiento del tajeo se emplean 60 pernos de roca de 6 pies de longitud, espaciados 1.5 m. de perno a perno por corte de una franja.

Valor de los pernos:

$$60 \times 0.95 \times 27.0 = 1,539.00$$

Consumo de madera:

por valor de \$/ 242.00

Consumo de barrenos:

60 x 6.5 x 0.12 = \$/ 50.00

Total parcial \$/ 1,831.00

d.- Relleno

El cálculo del valor del relleno se hace independiente por la naturaleza de esta operación.

Volumen del relleno colocado:

2.1 x 1.6 x 30 = 100.8 m³

100.8 x 2.3 = 232.0 T.M.

Consideremos sólo 200.0 T.M. de relleno, aceptando que 32 T.M. se han obtenido por escogido o pallequeo del mineral en el tajeo.

Valor del relleno puesto en el tajeo:

200 x 6.00 = \$/ 1,200.00

El nuevo equipo empleado tiene un valor de:

Winche Gardner Denver según

especificaciones Cap. X-4

con rastrillo y cable \$/112,000.00

Máquina empernadora 20,000.00

Inversión nueva \$/132,000.00

Se amortiza en 5 años, afectando la producción de mineral en este período de tiempo.

El valor anual que hay que pagar para cancelar la inversión si se coloca al 6% de interés compuesto:

$$\$/ 132,000.00 \times 0.17740 = \$/ 23,417.80$$

Producción anual de mineral:

$$240 \times 30 \times 12 = \$/ 86,400.00 \text{ T.M.S.}$$

Amortización equipo nuevo:

$$23,417.80 / 86,400.00 = \$/ 0.26 \text{ por T.M.S. de mineral.}$$

Valor de la amortización en 270 T. M. de mineral:

$$270 \times 0.26 = \$/ 70.20 \text{ ó } \$/ 71.00$$

Los gastos efectuados por el arranque de 270 T.M.S de mineral son:

Mano de obra	\$/ 2,784.00
Perforación y Disparo	3,220.00
Sostenimiento	1,831.00
Relleno	1,200.00
Amortización del equipo nuevo.	71.00
Gasto Total	\$/ 9,106.00

Costo del tajeado por sus gastos:

Jornales	\$ 2,784.00
Materiales	6,251.00
Varios y amortización (Varios 10% de Materiales)	696.10
Gasto Total	<u>\$ 9,731.10</u>

Costo por tonelada de mineral:

$$\$ 9,731.10 / 270 = \$ 36.04$$

El "Costo de Tajeado" del método de explotación "Tajeo ascendente por corte y relleno con techo horizontal", es de \$ 36.04 por tonelada métrica de mineral, siendo \$ 3.25 menor que el mismo costo para el año 1961 que fue de \$ 39.29 soles oro, lo que representa una economía de 8.27% del costo actual.

Precios usados en el cálculo anterior:

Un cartucho de dinamita	\$ 1.55
Un pie de guía	\$ 0.25
Un detonador o fulminante	\$ 0.50
Consumo de barrenos por 1 pie de perforación	\$ 0.12
Un perno de roca puesto en la mina	\$ 25.65
Un metro cúbico de relleno	\$ 6.00

BIBLIOGRAFIA

- "Geología del Perú". 1930 G. STEINMANN.
- "Estructura y levantamiento de los Andes del Perú, Bolivia, Chile y partes adyacentes de Argentina". U. PETERSEN B.
Boletín Sociedad Geológica del Perú. Nº 33.
- "Sobre el levantamiento Pliocénico-Quaternario de los Andes Peruanos". OTTO WELTER.
- "Como se generó el suelo Peruano. Contribución a la Paleogeografía del Perú y a las causas del relieve actual". CARLOS I. LISSON.
- "Rasgos fisiográficos fundamentales del territorio peruano". ENRIQUE I. DUEÑAS
Boletín Sociedad Geológica del Perú. Tomo I. J.A. BROGGI
- "La Deglaciación actual de los Andes del Perú".

- "Plutones y mineralización en los Andes del Perú, Bolivia y Chile".
Boletín Sociedad Geológica del Perú
Nº 33.
- "El mundo vegetal de los Andes Peruanos. Estudio Fitográfico".
PROF. DR. WEBERBAUER.
- "Notas de Viaje para su obra "El Perú"
A. RAIMONDI.
- "Geology of the Huancavelica Quick-silver District. Perú"
YATES ROBBET DEAN
KENT & FERNANDEZ
CONCHA.
- F.S.G.S. Bull. 975-A 1951.
- "The Geology and Paleontology of the Huancavelica Mercury District"
EDWARD W. BERRY
J.T.SINGEWALD Jr.
- "Geología de la región minera de Castrovirreyna"
ING. AUPELIO MASIAS.
Boletín Sociedad Geológica del Perú.
Tomo III.
- "Memoria anexa al Plan geológico de la región minera de Castrovirreyna"
ING. AURELIO MASIAS.
Boletín Sociedad Geológica del Perú.
Tomo III

- "Estudio geológico de la región de Castrovirreyna" ING.ERWING ROSE KAMP.
- "Curso de Geología Económica de Yacimientos Minerales" Lima 1940. ING.JUAN F. AGUILAR REVOREDO.
- "Algunos apuntes sobre la formación y persistencia de los filones peruanos". J.F.AGUILAR REVOREDO.
- "Las vetas de plomo y zinc del depósito minero de San Juan de Castrovirreyna y Huancavelica mina Santa Beatriz" FERNANDO DE LAS CASAS.
- Sociedad Geológica del Perú. Primer Congreso Nacional de Geología.
- "Microscopical Examination of a Sample of Concentrate Submitted by Corporation Castrovirreyna S.A." RICHARD MIERITZ
- "Apuntes del curso de Geología Económica". PROF.DR.G.PETERSEN.
- Facultad de Minería U.N.I. 1959.
- "Mina Candalosa" ING.R.DIAZ RODRIGUEZ.
- Tesis Proyecto de Grado. 1950-1955.

- "Geología Física" ARTHUR HOLMES
Tercera Edición 1960.
- "Geomorfología" PHILIP G. WORCESTER.
L.U. DE SITTER.
- "Structural Geology" L.U. DE SITTER.
First Edition 1956.
- "Geología Estructural" L.U. DE SITTER.
Traducción al español. 1962
- "Geología Práctica" FREDERIC H. LAHEE.
Traducción al español. 1958
- "Mining Geology" H. E. MC KINSTRY
Sixth Printing 1959
- "Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico". AJAN M. BATTEMAN
- "Mineral Deposits" 1933. WALDEMAR LINDGREN
- "Tratado de Mineralogía" F. KLOCKMAN y P.
Versión del alemán por el Dr. Francisco RAMDHOR.
Pardillo.
- "Economía Minera" THEODORO J. HOOVER
Primera Edición en Español. 1946

- "Examination and Valuation of Mineral Property" PARKS.
Fourth Edition, 1954.
- "Elementos de Minería" G. J. YOUNG
Traducción de la Cuarta Edición Inglesa, 1955.
- "Elements of Minery" R. LEWIS and G. CLARK
Third Edition.
- "Elección y Crítica de los Métodos de Explotación y Minería". Edición B. STOCES.
Omega. 1963.
- "Mine Plant Design" P.W.W. STALEY.
Second Edition, 1944.
- "Mining Engineers Handbook" PEEL.