

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGIA

ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA



"ESTIMACION DE RESERVAS DE LA VETA CANDELARIA SEGUNDA
MINA CAUDALOSA GRANDE POR EL METODO GEOESTADISTICO"

TESIS PARA OBTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO GEOLOGO

WALTER WILLIAM LA TORRE CHAMBI

ASESORES : Dr. JORGE PAREDES PACHECO
Ing. ATILIO MENDOZA APOLAYA

LIMA - PERU

1,996

"ESTIMACION DE RESERVAS DE LA VETA CANDELARIA SEGUNDA – MINA CAUDALOSA GRANDE POR EL METODO GEOESTADISTICO"

INDICE

CAPITULO I

1.1	Introducción.....	2
1.2	Justificación del trabajo realizado.....	2
1.3	Planteamiento del trabajo – Breve comentario.....	2
1.3.1	Aspecto de inicialización del trabajo..	3
1.3.2	Base de Datos.....	3
1.3.3	Trabajos con Quatro-Pro.....	3
1.4	Informe de trabajos anteriores.....	4
1.5	Agradecimientos.....	5

CAPITULO II

2.1	Ubicación y Acceso.....	6
2.2	Geomorfología.....	6
2.3	Clima, vegetación y recursos naturales.....	8
2.4	Breve reseña histórica de la zona.....	9
2.5	Otros.....	9

CAPITULO III

3.1	Geología Regional – Situación Geológica de la Mina Caudalosa Grande.....	10
3.2	Situación Local.....	13
3.2.1	Estratigrafía.....	14
3.2.2	Tectónica.....	23
3.2.3	Magmatismo.....	24
3.2.4	Sistemas de Fracturamiento.....	26
3.2.5	Geología Histórica.....	28

CAPITULO IV

GEOLOGIA ECONOMICA DE LA VETA CANDELARIA SEGUNDA

4.1	Receptores de la mineralización.....	31
4.1.1	Fracturas Abiertas Pre-Mineralización..	33

4.2	Composición mineralógica de las vetas.....	33
4.3	Rocas Encajonantes	37
4.4	Alteración hipógena de cajas.....	38
4.5	Posible Cuadro Paragenético.....	38
4.6	Falla Post-mineralización.....	40
4.7	Columnas mineralizantes.....	40

CAPITULO V

5.1	Metodología de muestreo.....	42
5.2	Poblaciones de leyes Ag, Cu, Pb, Zn.....	42
5.3	Estimación Estadística Clásica.....	43
5.3.1	Caracterización de la repartición probabilística.....	43
5.3.1.1	La variable aleatoria (V.A.).....	47
5.3.1.2	Densidad de Probabilidad.....	47
5.3.2	Caracterización de la repartición de probabilidad.....	49
5.3.2.1	Distribución observada.....	50
5.3.2.2	Histograma.....	50
5.3.2.3	Valor medio y varianza.....	50
5.4	Estimación de Reservas Minerales.....	51
5.4.1	Determinación de Reservas Minerales.....	52
5.4.1.1	Relaciones fundamentales para el cálculo del promedio simple.....	52
5.4.1.2	Cálculo tradicional log-normal.....	53
5.4.2	Criterios de Dilución.....	54
5.5	Cálculo en la microcomputadora.....	54
5.6	Estimación Geoestadística.....	54
5.6.1	Consideraciones para el tratamiento Geoestadístico.....	58
5.6.2	Estudio estructural de las variables....	59
5.6.2.1	El Variograma.....	60
5.6.2.2	Variable Regionalizada.....	61
5.6.2.3	Cálculo del Variograma.....	62
5.6.2.4	Modelización de los variogramas....	62
5.6.2.4.1	Características del variograma.	63

5.6.2.5	Fluctuación de la variable y estimación de errores.....	65
5.6.2.5.1	Varianza de estimación.....	66
5.6.2.5.2	Varianza de Dispersión.....	67
5.6.3	Configuraciones.....	68
5.6.3.1	El Soporte.....	68
5.6.3.2	Configuraciones Presentes.....	69
5.6.4	El Krigeage.....	69
5.6.4.1	Sistema de Krigeage.....	70
5.6.4.2	Krigeage Práctico - según las configuraciones.....	70
5.6.4.2.1	Configuración 1.....	71
5.6.4.2.2	Configuración 2.....	72
5.6.4.3	Sistematización de Procesos por Quatro Pro	73

CAPITULO VI

COMPARACION ENTRE RESULTADOS

6.1	Promedio simple.....	74
6.2	Promedio Lognormal.....	79
6.3	Promedio Geoestadístico.....	84

CAPITULO VII

PROYECCION GEOESTADISTICA PARA LOS NIVELES EN EXPLOTACION 98

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1	Conclusiones.....	100
8.2	Recomendaciones.....	102

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

RESULTADOS DE ESTIMACION DE RESERVAS

LISTADO DE PROGRAMAS EN QUATRO PRO

RESUMEN

El depósito de plata de Candelaria Segunda, es una parte de las principales estructuras mineralizadas de la Mina Caudalosa Grande actualmente explotada por la Corporación Minera Castrovirreyna; y se encuentra ubicada en el distrito minero de Castrovirreyna; distrito de Santa Ana, Provincia de Castrovirreyna, Departamento de Huancavelica, a 4,700 m.s.n.m.

El depósito está conformado geológicamente por una serie de rocas volcánicas: secuencias de tufos, tufos brechas, flujos de brecha, lavas andesíticas con intercalaciones de arenas volcánicas y conglomerados, en donde se han diferenciado el Domo Candelaria. Esta secuencia está cortada por stocks pro-intrusivos de diámetros decamétricos cortado por un campo de diques y sills.

El depósito mineral está asociado genéticamente a la actividad hidrotermal de los Centros y Domos Volcánicos del Terciario medio a superior. La forma, distribución de las fracturas están íntimamente relacionadas a éstos centros volcánicos, del tipo de relleno de fracturas.

La veta Candelaria Segunda está constituida de relleno de sulfuros, con una paragénesis conformada de tetahedrita, enargita, boulangerita, bournonita, jamesonita, chalcopirita, y como minerales de ganga piritita, cuarzo, barita, oropimente, rejalgar, marcasita, arsenopirita. Existe un marcado zoneamiento horizontal y vertical de plata-cobre en el centro, plomo y zinc a los extremos.

En detalle - los lazos cimoides, las intersecciones de vetas favorecen la riqueza de la mineralización. Consecuentemente adyacente a la veta Candelaria la presencia del Domo Volcánico Candelaria es también favorable a la mineralización al igual que los tufos.

CAPITULO I

1.1 Introduccón

1.2 Justificación del trabajo realizado

1.3 Planteamiento del trabajo - Breve comentario

1.3.1 Aspecto de inicialización del trabajo

1.3.2 Base de Datos

1.3.3 Trabajos con Quatro-Pro

1.4 Informe de trabajos anteriores

1.5 Agradecimientos

1.1 Introducción

La Corporación Minera Castrovirreyna S.A., es propietaria del asiento minero denominado Mina Caudalosa Grande, a la cual pertenecen las minas Reliquias, Caudalosa, Madona, Dorita y los prospectos Atoccha, Itanayocc etc. Las minas La Virreyna, Bonanza, San Genaro Astohuaraca pertenecen a otras compañías mineras, son vecinas a las propiedades de la Corporación, y en conjunto forman un gran distrito minero argentífero, célebre por la producción de alta ley de Ag, tanto en el pasado y en el presente, además de Pb, Zn, Cu.

Estas minas están situadas en la Provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica. La mina Caudalosa esta cerca de la laguna Orcoccha y Reliquias cerca de la laguna San Francisco, y ambas a una altura de 4300 m.s.n.m.. La mina Dorita está a 30 km de distancia la mina Caudalosa, Reliquias, Bonanza, San Genaro, Astohuaraca, son centros mineros alejados o distantes unos de otros y con características propias.

En la región de Castrovirreyna el vulcanismo calco-alcalino del Terciario está bien expuesto. En el área de la mina Caudalosa-Reliquias. Se distinguen los volcánicos Caudalosa y las brechas, lavas e intrusiones provenientes del centro volcánico Caudalosa.

1.2 Justificación del trabajo realizado

El siguiente trabajo se hace por la necesidad de implementar nuevas metodologías de cálculo de reservas, y hacer una comparación con las técnicas de cálculo de reserva usuales.

Además, es por sí necesario el indicar que el presente trabajo abre las posibilidades para la compañía de la factibilidad de poder sistematizar toda la información y poder utilizarlas de manera más eficaz en comparación con anteriores metodologías de trabajo.

Sumados a lo anterior, es para el autor del presente trabajo el poder obtener el Grado de Ingeniero Geólogo.

1.3 Planteamiento del trabajo - breve comentario

Sabiendo que todo recurso natural le rodea un gran grado de

incertidumbre sobre su fenómeno de origen, y sobre los factores que son asociados a estos tal como cantidad y calidad de estos recursos. La interpretación o posibles interpretaciones deberán tener en cuenta posibles eventos geológicos que dieron lugar a esta.

Teniendo en cuenta que únicamente después de su explotación es posible determinar exactamente tanto la cantidad (tonelaje) así como la calidad (leyes), y no antes de ello. A ello, habría que adicionar otros factores técnicos (mineros) que adicionan dificultades en su determinación.

Por ello, el grado de certeza de una estimación es una estrecha relación con los errores obtenidos por el método de estimación elegido. Por ello, siendo la geoestadística, el único que toma en cuenta dicha característica de minimizar los errores, diremos que es lo más adecuado para una estimación.

1.3.1 Aspecto de Inicialización del trabajo

Para la inicialización del trabajo es necesario asumir lo siguiente:

- a) Que existiendo un margen de error tanto en leyes y tonelaje en el método de estimación, ello contemplará tanto la calidad y extensión de estos estudios, así como errores que pudieran cometerse en el método de extracción.
- b) Asimismo, se debe asumir en la confiabilidad de los ensayos de leyes (representatividad, calidad y exactitud).

1.3.2 Base de Datos

La base de datos utilizadas para el presente trabajo es de aproximadamente 2,452 muestras con sus respectivas leyes de Ag, Cu, Pb, Zn así como de las potencias correspondientes, los cuales nos representan un total 12,260 datos.

Una vez ingresado la información se realizó lo siguiente:

Creación de un programa que nos calcule los parámetros estadísticos tal como: media, varianza desviación estándar.

Siendo esta veta de naturaleza polimetálica es necesario tomar

en cuenta algunos parámetros estadísticos que nos relacionen los ponderados de Ag con la de los otros acumulados de Cu, Pb, Zn. Es por ello, que existe un programa que nos calcule dichas relaciones en base a la correlación, covarianza, y los valores si fuera posible establecer una correlación lineal.

Cabe recalcar que el presente trabajo trata en lo posible de aplicar las técnicas de simulación geoestadística, las cuales posteriormente en algunos tramos eran comparados con los valores reales de muestreo pudiéndose determinar un error lo cual podremos adicionarlo al respectivo error presente al utilizar cualquiera de las metodología de estimación de reservas.

1.3.3 Trabajos con Quatro-Pro

Hemos creído conveniente la utilización de la hoja de cálculo Quatro-Pro debido a su gran versatilidad y capacidad de almacenamiento de información, la cual es mejorada en comparación a otras hojas de cálculo tal como el Lotus 123.

Además de aquellos programas creados y que mencionamos anteriormente se creó adicionalmente otros que nos ayudan a agilizar la determinación de la estimación geoestadística tales como:

STATICS: Eliminación de altos erráticos, conjuntamente con la determinación de los valores estadísticos, tales media, varianza, desviación y error relativo.

CORREL: Debido a que el yacimiento es polimetálico se confeccionó los respectivos cuadros correspondientes de coeficientes correlación, así como sus respectivas covarianzas.

VARIOGR: Determinación de los variogramas para los bloques.

KRIGE: Determinación de los valores de krigeage.

Se ha creído conveniente el poder únicamente hacer visualización de cuadros de resultados, ya que sería muy extenso el poder hacerlo en su totalidad debido a la gran extensión del trabajo, pero es posible el obtener cada una de las etapas.

1.4 Informe de trabajos anteriores

El presente trabajo tomo como referencia publicaciones preferentemente en los dos tópicos relacionados al tema:

Información geológica: existente tanto en las bibliotecas del INGEMMET, Facultad de Ing. Geológica, Minera y Metalúrgica de la U.N.I.; Sociedad Geológica del Perú, así como informes particulares hechos para la Corporación. Siendo este trabajo, un compendio de todo este trabajo, y en algunos tópicos se hizo directamente por asociación de algunos trabajos realizados en unidades vecinas, pero pertenecientes al mismo distrito minero.

Información Geoestadística y de Informática: algunas recientes publicaciones recientemente editadas, y otras no tan recientes pero generosamente proporcionadas por el Ing. Augusto Teves, Profesor de Geoestadística. También publicaciones que se encuentran a disponibilidad de los lectores en las bibliotecas de la F.I.G.M.M. así como en la del INGEMMET.

1.5 Agradecimientos

El presente trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda brindada por los miembros de la gerencia representadas en la persona del Dr. Spirgatti, así como del Sr. Ramiro Acosta, también debo mencionar al grupo de ingenieros de la unidad, los cuales me brindaron su colaboración para poder culminar el presente trabajo.

Debemos mencionar, asimismo el agradecimiento al Ing. Atilio Mendoza, así como al Dr. Jorge Paredes; mis asesores por sus sugerencias. Debo mencionar, y agradecer la ayuda y material de consulta brindado por el Ing. Augusto Teves, Profesor del Curso de Geoestadística en la F.I.G.M.M. de la U.N.I.

Finalmente, el presente trabajo quiero dedicarle a mi amigo y colega Javier Aguilar Vega, trágicamente desaparecido; a mis padres y hermanos por su apoyo y comprensión.

CAPITULO II

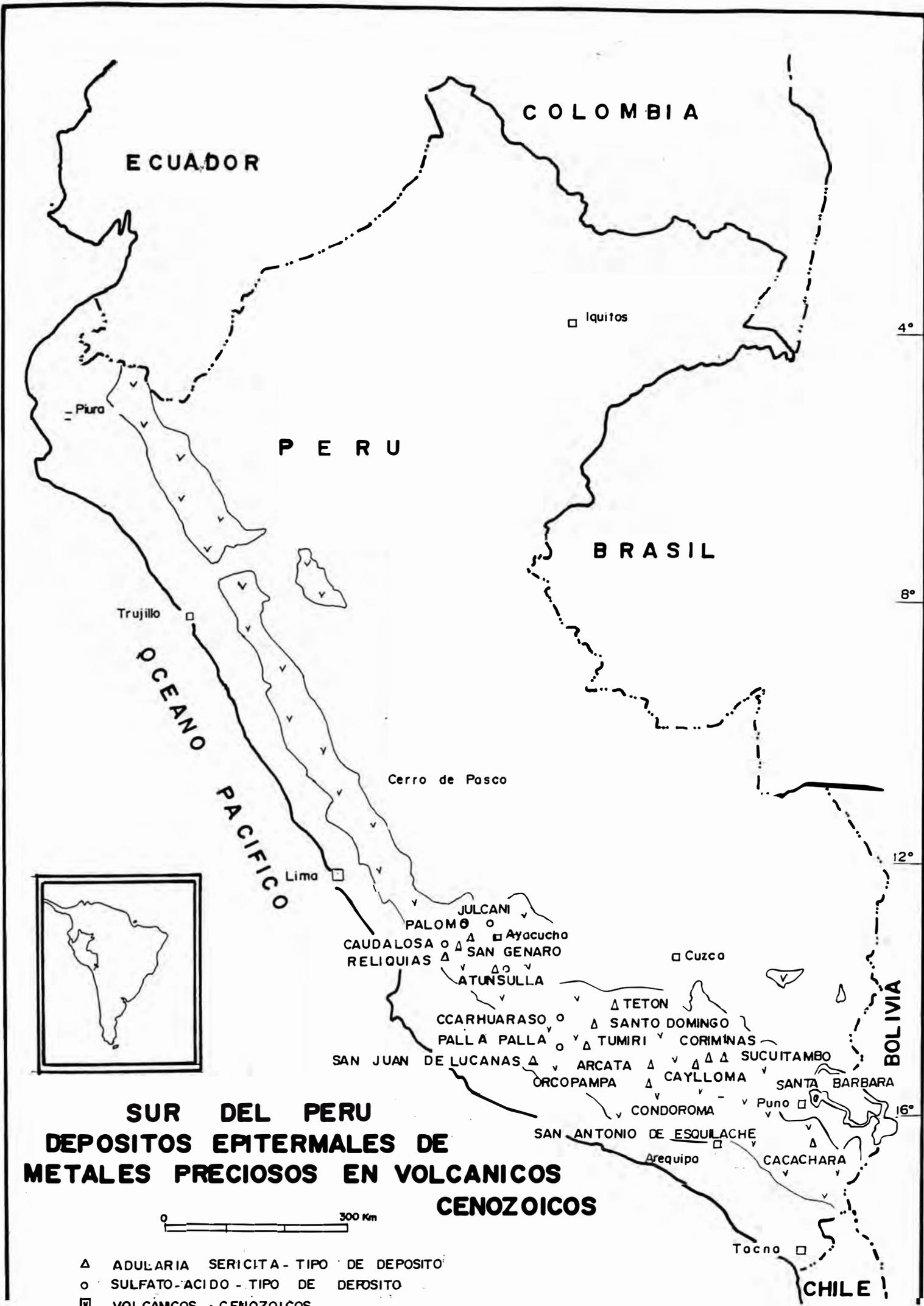
2.1 Ubicación y Acceso

2.2 Geomorfología

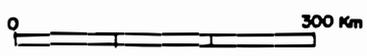
2.3 Clima, vegetación y recursos naturales

2.4 Breve reseña histórica de la zona

2.5 Otros



**SUR DEL PERU
DEPOSITOS EPITERMALES DE
METALES PRECIOSOS EN VOLCANICOS
CENOZOICOS**



- △ ADULARIA SERICITA - TIPO DE DEPOSITO
- SULFATO-ACIDO - TIPO DE DEPOSITO
- ▣ VOLCANICOS - CENOZOICOS

2.1 Ubicación y Acceso

La Corporación Minera Castrovirreyna S.A. es propietaria del asiento minero Caudalosa Grande, la cual comprende los asientos mineros de Candelaria (Caudalosa Grande), Reliquias, Dorita y los prospectos de Atoccha, Itanayocc etc. El yacimiento de plata de Candelaria se halla ubicado en el distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, departamento Huancavelica, con las siguientes coordenadas geográficas:

72°12'01.34" longitud Oeste

13°11'09.68" latitud Sur

El depósito se encuentra en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, próximo a las líneas de cumbre que constituyen el "DIVORTIUM ACUARIUM". El acceso a la mina Caudalosa Grande-Candelaria teniendo como referencia la capital de la República cuenta con dos rutas importantes:

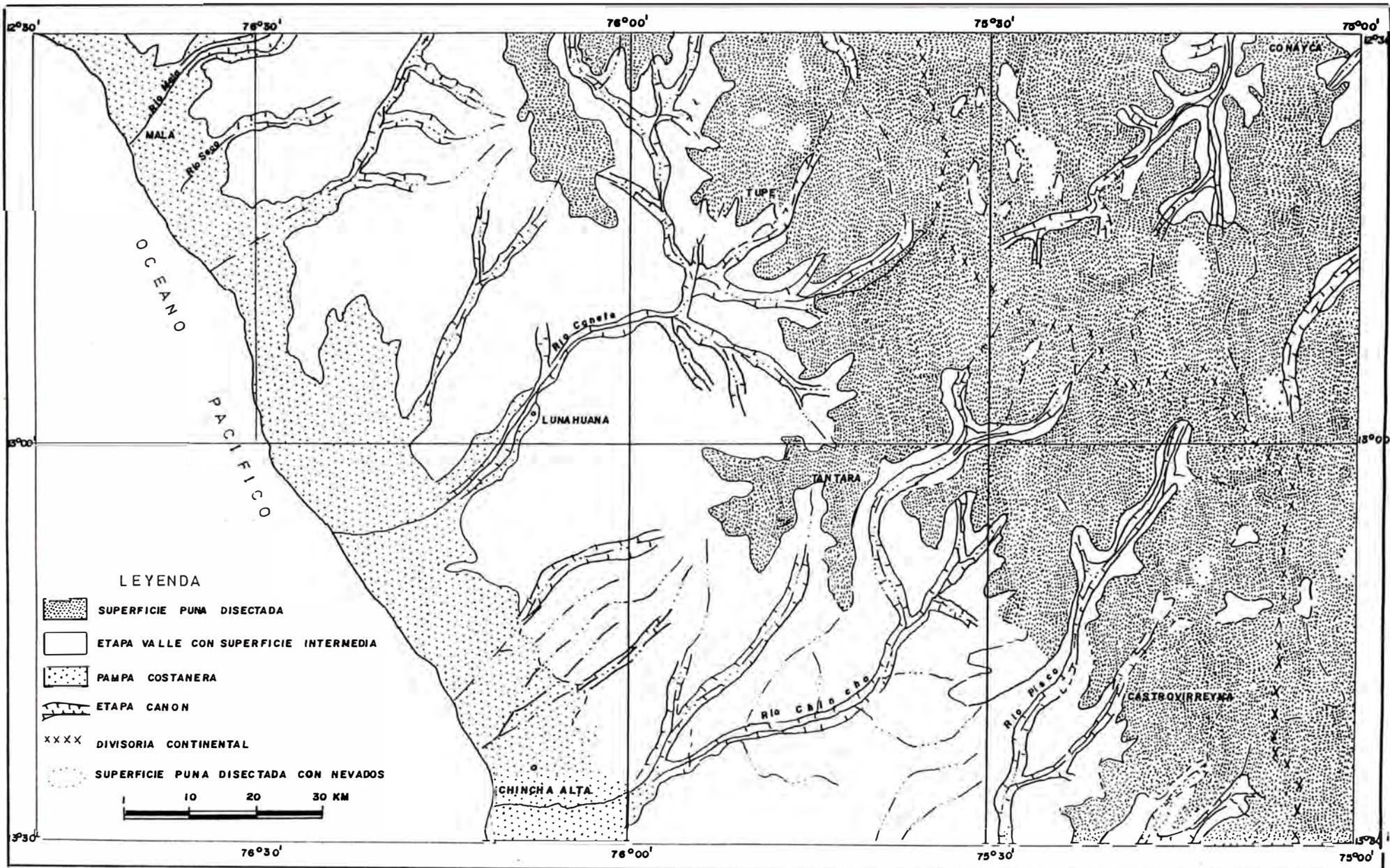
- a. Lima-Huancayo-Huancavelica-Paso de Chonta
Mina Caudalosa Grande con 650 km.
- b. Lima-Pisco-Castrovirreyna-Mina Caudalosa Grande
con 455 km.

La segunda ruta ofrece mayor ventaja en tiempo y distancia pudiendo hacerse el recorrido en 13 horas aproximadamente.

2.2 Geomorfología

El asiento minero se encuentra entre los 4,600 y 5,000 m.s.n.m. (nivel 712). La zona de Caudalosa Grande- Candelaria presenta un relieve bastante accidentado. Se nota la presencia con cumbres suaves y otras de cumbres afiladas y abruptas, estando algunas cubiertas de nieve. Las cumbres de formas suaves están al S y SW de la mina Caudalosa Grande, presentan esta forma debido a la disgregación de las rocas, producidas por fenómenos físicos y químicos.

Las cumbres de formas afiladas y abruptas se hallan al N y NE de la mina, muchas cubiertas de nieve. Se observa una zona cubierta de morrenas glaciares en la cercanía de las oficinas de Administración, que han rellenado las pequeñas quebradas de la



LAMINA No 2 SUPERFICIES DE EROSION DE LOS CUÁDRANGULOS DE MALA, LUNAHUANA, TUPE, CONAYCA, CHINCHA, TAN TARA, CASTROVIRREYNA

zona, es testigo de la deglaciación; además presenta gran cantidad de lajas y detritus de roca, generalmente en las zonas abruptas cubiertas de nieve.

Luego la topografía ha sido moldeada por los procesos de meteorización como por los estructurales (crestas y domos principalmente).

En el área de estudio se pueden distinguir tres estructuras geomorfológicas bien definidas: la primera, lo constituyen los *Circos Glaciares o zonas de acumulación* en donde se depositaba nieve, la que después de su compactación por fusión de la parte superior migraba por gravedad, erosionando la base rocosa. Se pueden distinguir dos tipos de circos: Circos Principales, aquellas cuya área es bastante extensa y depositan el material erosionando directamente al canal principal de migración; en la zona están representados por los circos Dollar, Reliquias y Bonanza. Los Circos Secundarios, son aquellos cuya área de acumulación es menor que los principales y constituyen "afluentes" del principal, están representados por los circos: Rechazo, Seguridad y Callejón Grande.

La segunda estructura geomorfológica la constituyen las *morrenas glaciares*, que son acumulaciones de material detrítico, producto de la erosión glacial, tanto en las zonas de acumulación como del canal de migración. Se pueden distinguir tres tipos principales de morrenas: Morrenas de Fondo, ubicadas en las zonas de acumulación de los Circos Glaciares; Morrenas Laterales ubicadas en los flancos de los canales de migración y de los circos; Morrenas de Avance ó frontales se ubican en el frente de avance de los canales de migración constituyendo, como en el caso de las lagunas San Francisco y Pacococha, barreras de represamiento.

Cerca del inicio del valle, aguas abajo de las lagunas Pacococha y San Francisco, se tienen grandes morrenas laterales, bien conservadas, que desaparecen antes de llegar a la localidad de Castrovirreyna.

La tercera estructura geomorfológica la constituyen los *centros volcánicos*, que son relictos de antiguos aparatos volcánicos erosionados por la actividad fluvio-glacial. Estos

centros están alineados, siguiendo un rumbo N60°E. Se ha podido reconocer centros principales ubicados en Reliquias y Bonanza, los cuales engloban a otros centros más pequeños como Ferrobamba, San Francisco, Machaypata. El drenaje radial es muy notorio en estas estructuras la erosión diferencial de la cobertura volcánica ha originado "puntos" que dan apariencia de núcleos volcánicos. Cabe señalar que existen centros volcánicos definidos que se diferencian de los anteriores por sus estructuras de flujo radial.

La relación entre el sistema hidrográfico y la geología regional, indica un drenaje detrítico el cual discurre por las quebradas Callejón Grande, Pacococha y Huarajo hacia el río Pisco; también es notorio el drenaje radial en algunos lugares por la presencia de centros volcánicos.

2.4 Clima, Vegetación y Recursos Naturales

El clima de este asiento minero es bastante frígido debido a la altura en que se encuentra, observándose dos épocas bien definidas:

Durante los meses de Abril a Noviembre hay ausencia de lluvias y nevadas pero con presencia de fuertes vientos, haciendo que la temperatura algunas veces sea muy baja; durante las noches caen heladas.

Entre los meses de Diciembre a Marzo existe abundancias de lluvias, acompañados de nevados y granizos, siendo la temperatura nocturna un poco más elevada.

La vegetación que presenta la zona es propia de la región Janca o Cordillera, llamada por Weberbauer, Alto Andino y se caracteriza por tener plantas arrosietadas y almohadillas que apenas se elevan de la superficie del suelo. 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 esta formada por césped de puna (*Baccharis Serpifolia*); la turbera *distichia*, conocida como champa, y la vegetación de las rocas y pedregales, formadas por líquenes, briojitas y helechos.

2.5 Breve Reseña Histórica de la zona

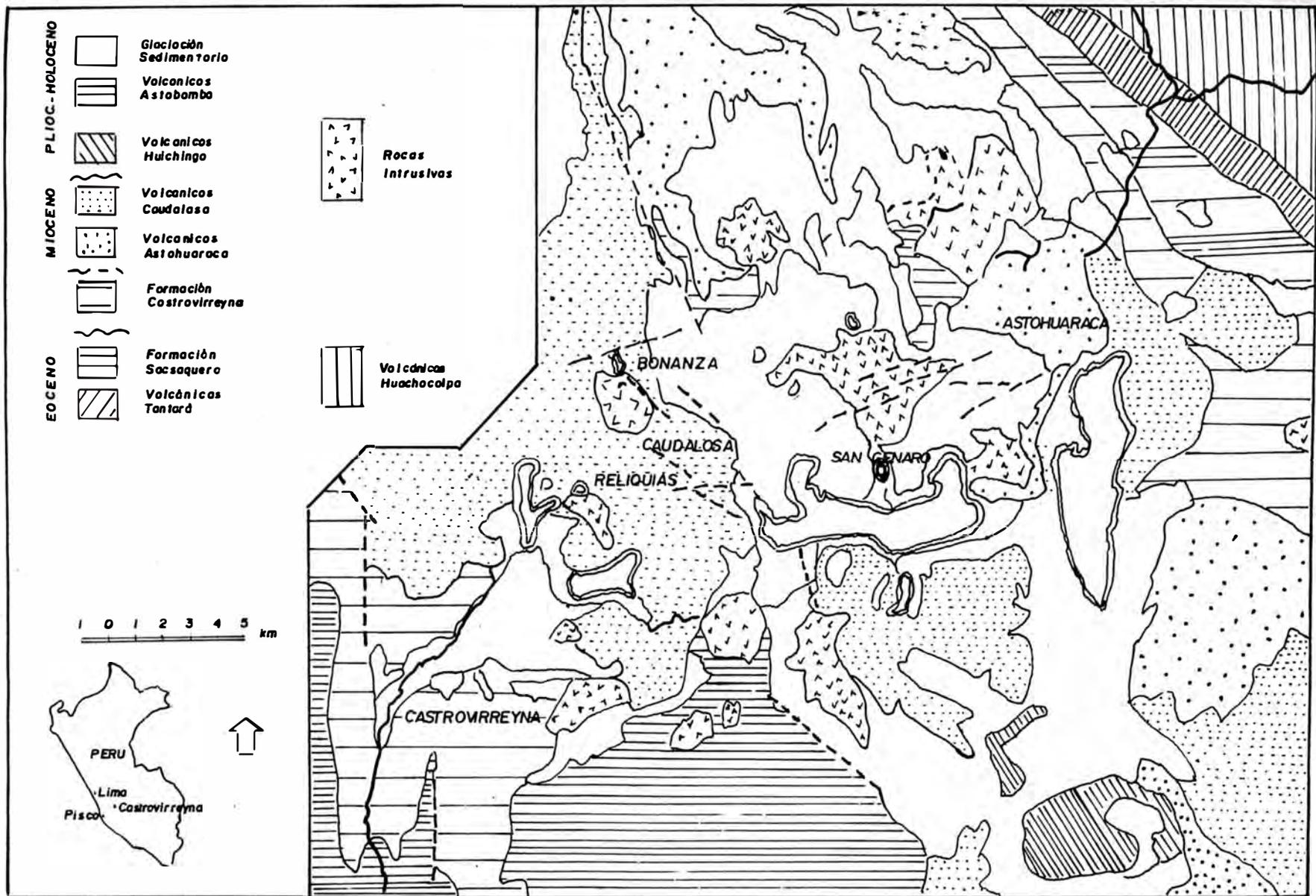
La zona de estudio tiene una amplia historia minera, según dataciones con trabajos desde la época del virreynato, continuando hasta nuestros días. Es por demás la principal actividad económica aunque en los últimos años debido a la crisis se ha mermado un tanto pero los pobladores tienen la esperanza de que esto podría revertirse en poco tiempo.

La historia del asiento minero data desde tiempos coloniales, ya en el Boletín No. 3 Aurelio Masias, la menciona y destaca lo siguiente "En síntesis: la región es enorme y queda mucho por estudiar y reconocer en ella. El geólogo y el minero tienen ancho campo de investigación pues apenas si ella ha sido intentada. Todo el laboreo hecho hasta hoy es a mano y con todo se han extraído ingentes riquezas. La explotación pasada no agotó tampoco las zonas que se pueden trabajar por medio de socavones, que todavía pueden abrirse con magníficas expectativas y amucho menor costo que los piques. A nivel inferior a las lagunas existen seguramente enorme zonas vírgenes que constituyen una riqueza potencial de inestimable valor."

2.6 Otros

Caudalosa cuenta con casa de fuerza que produce energía eléctrica a base de tres 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.

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



PLANO GEOLOGICO REGIONAL DE CASTROVIRREYNA

CAPITULO III

3.1 Geología Regional - Situación Geológica de la Mina Caudalosa Grande

3.2 Situación Local

3.2.1 Estratigrafía

3.2.2 Tectónica

3.2.3 Magmatismo

3.2.4 Sistemas de Fracturamiento

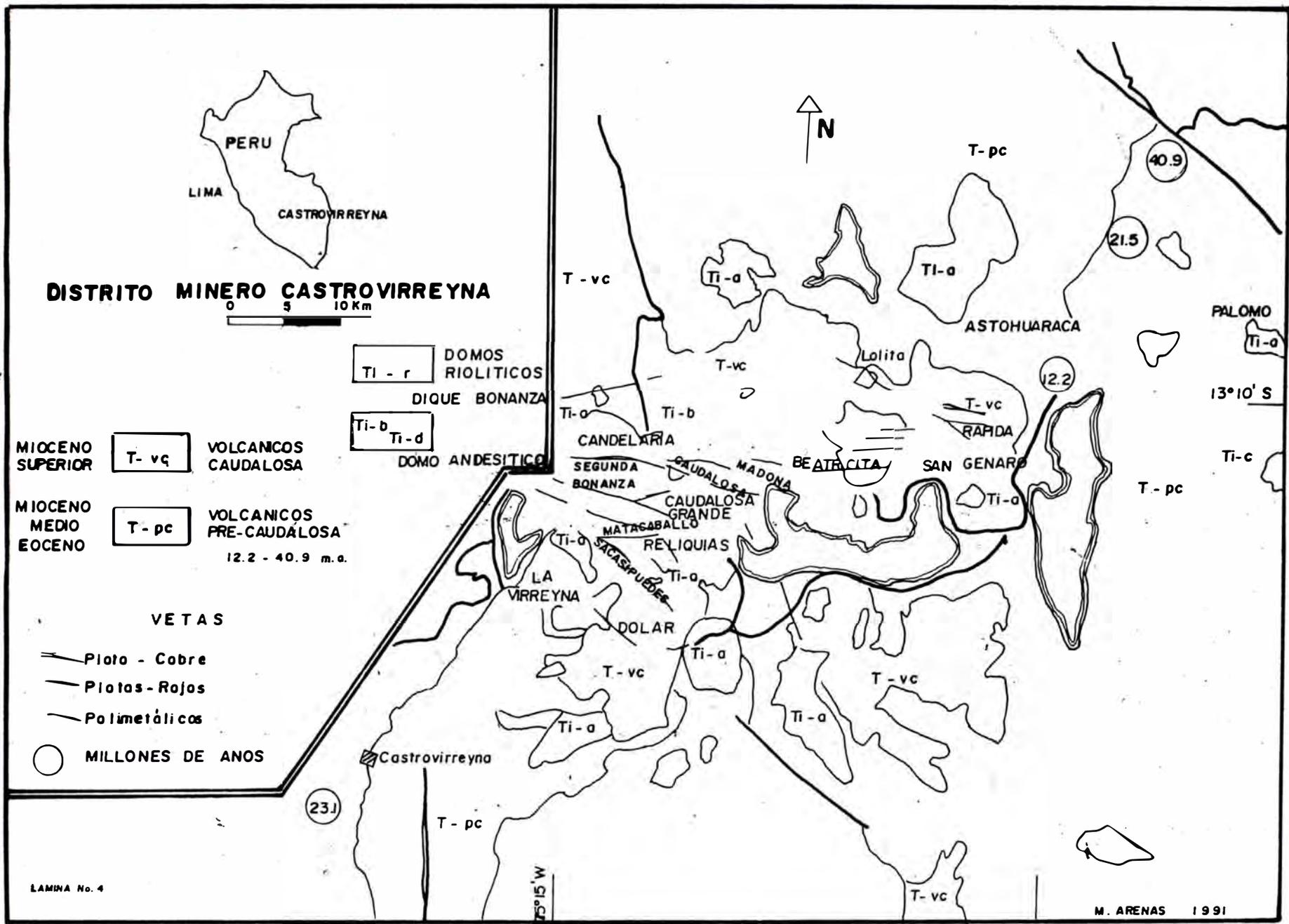
3.2.5 Geología Histórica

3.1 Geología Regional - Situación Geológica de la Mina Caudalosa Grande

El Arco Volcánico cenozoico que constituye la Cordillera Occidental está constituido de paleo-edificios volcánicos ó calderas activadas, S de los Andes Peruanos, es aproximadamente 400 km de largo, 50 km de ancho, y tiene muchos depósitos de metales preciosos que pertenece a la sub-provincia metalífera de plata de los Andes. Esos depósitos son el resultado de la mineralización hidrotermal asociada con pulsos de actividad ignea durante los tres intervalos del Neogeno llamados Quechua I, II y III (19, 9.5 y 6 m.a.). Las rocas volcánicas incluídas son del Oligoceno tardio, del Mioceno tardio e incluyen las formaciones Tacaza (30-17.5 m.a.), Palca (16.9 m.a.), Sillapaca (14-12.8 m.a.) y Maure (12.6 m.a.). Las rocas volcánicas post-mineral más jóvenes son del Mioceno tardio al Pleistoceno e incluyen las formaciones Barroso (6-1 m.a.) y Ampato (1 m.a.).

Los dos tipos de depósitos volcánicos incluyen metales preciosos epitermales son reconocidos en el sur del Perú: 1. Adularia-Sericita (plata en sulfosales- tipo de oro), y 2. Sulfuros ácidos (enargita-tetrahedrita-tipo de oro). El primer tipo es ubicado en el S del Perú y el segundo tipo en el centro y S del Perú. Ambos tipos pueden estar presentes en algunos distritos mineros, como en Castrovirreyna (San Genaro, Reliquias, Caudalosa y Bonanza) y los distritos de Atunsulla.

Los depósitos del primer tipo representa el clásico epitermal, vetillas de sulfosales de plata y sistemas de vetas de oro teniendo alteración filítica caracterizada por abundante adularia. Los principales minerales son la Ag nativa, argentita, pirargirita, polibasita, estefanita, miargirita, oro nativo, electrum, tetrahedrita, calcosita y sulfuros de metal base. Los minerales gangas son cuarzo, calcita, dolomita, rodocrosita, adularia, y pirita. Las temperaturas de los fluidos hidrotermales varían desde 180° a 280° (Arcata) o 255° (Orcopampa), y las salinidades están de 2 a 5% en peso NaCl equivalente (Arcata). Los depósitos están asociados con:



DISTRITO MINERO CASTROVIRREYNA



- | |
|-------|
| T - r |
|-------|

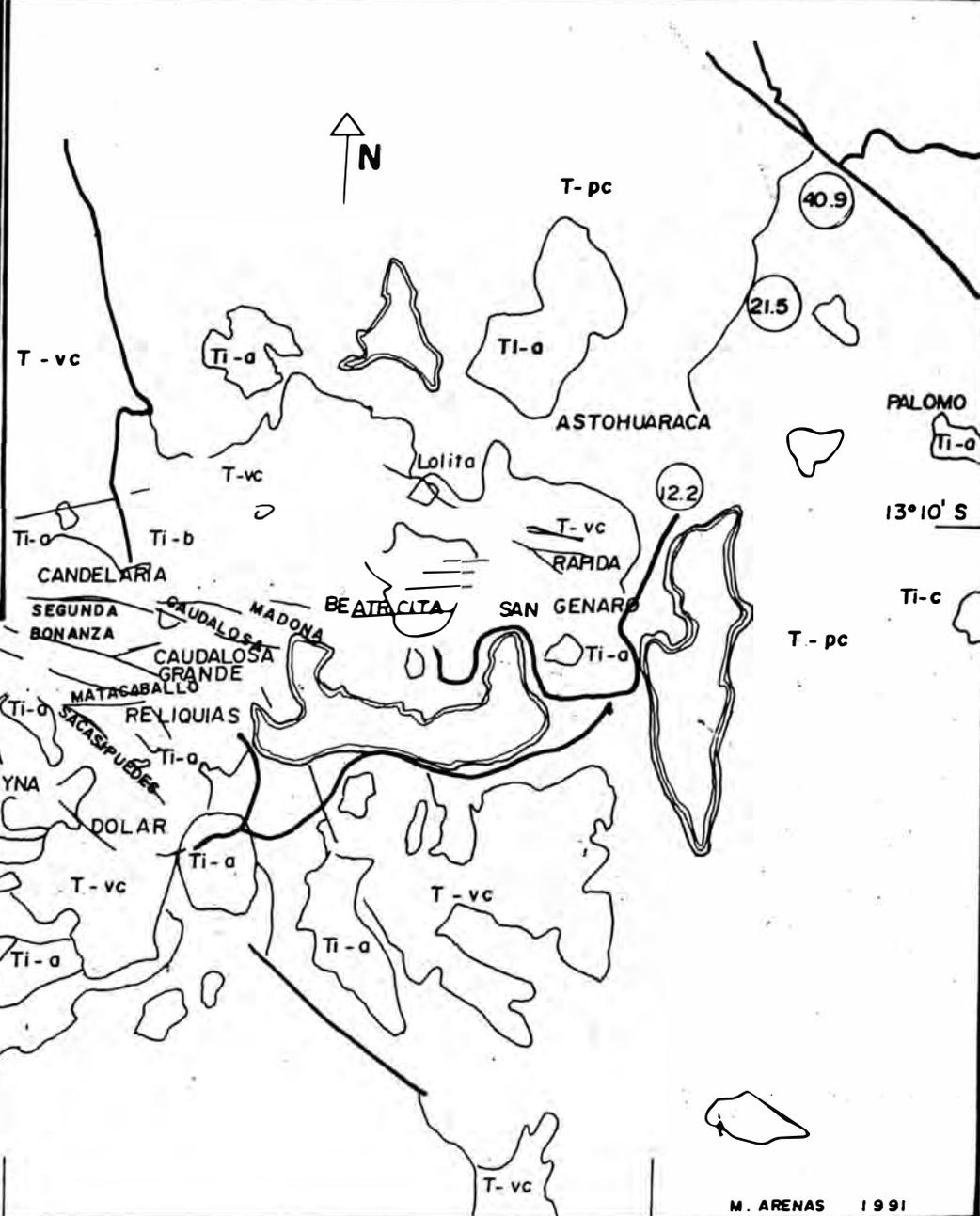
 DOMOS RIOLITICOS
- | |
|--------|
| Ti - b |
| Ti - d |

 DIQUE BONANZA
- | |
|--------|
| T - vc |
|--------|

 VOLCANICOS CAUDALOSA
- | |
|--------|
| T - pc |
|--------|

 VOLCANICOS PRE-CAUDALOSA
 12.2 - 40.9 m.a.
- | |
|-----------------|
| DOMO ANDESITICO |
|-----------------|

- VETAS**
- Ploto - Cobre
 - Plotas - Rojas
 - Polimetálicos
 - MILLONES DE ANOS



1. El resurgente caldera Nevado Portuguesa (San Julián) y La Libertad en Atunsulla, Chonta (Sucuitambo, Coraminas, San Miguel, Cailloma), Tumiri, Tetón (Tetón-Santo Domingo), San Martin (San Martin-Farallón);
2. Domos Volcánicas (San Genaro, Reliquias, Palomo de Castrovirreyna, Orcopampa, Arcata, Santa Bárbara, Cacachara);
3. Fallas (Orcopampa, San Juan de Lucanas, Condoroma);
4. Cuerpos Intrusivos (San Antonio de Esquilache, Orcopampa y Condoroma).

Los depósitos tienen las siguientes edades: Santa Bárbara (19.8 m.a.), Orcopampa (17.0 m.a.), Cailloma (17.1-15.8 m.a.), Santo Domingo (11.7 m.a.), Sucuitambo (11.4 m.a.), Coriminas (10.5 m.a.), Cacachara (7.1 m.a.), Arcata (5.0-4.5 m.a.), y Atunsulla (1.9 m.a.).

Los depósitos del segundo tipo son sistemas de vetas de enargita-tetrahedrita-oro teniendo avanzada alteración argílica caracterizada por abundante alunita. Los principales minerales son enargita, tenantita-tetrahedrita, oro nativo, electrum, bournonita, bismutinita, plata-bismuto, sulfosales, estibina, y sulfuros de metal base. Los minerales ganga son cuarzo, piritita, baritina, siderita, rejalgar, oropimente. La temperatura de los fluidos hidrotermales varían desde 270° a 325° (Caudalosa) y desde 295° a 325°C (Julcani). Las salinidades están entre 4-18 (Caudalosa) y 5-24% peso de NaCl equivalente (Julcani). Los depósitos asociados con:

1. La caldera resurgente en el Nevado Portuguesa (Rosario en Atunsulla);
2. Estratovolcánicos (Ccarhuarzo y Palla Palla);
3. Domos Volcánicas en Julcani y Castrovirreyna (Caudalosa, Candelaria y Bonanza);
4. Fallas (Cerro Anta en San Juan de Lucanas). Edades radiométricas son : Julcani (9.8 m.a.) y Ccarhuarazo (1.2 m.a.).

Los depósitos están localizados en distintos lineamientos o zonas de fallas. Menas de metales preciosos en ambos tipos de

depósitos ocurren en muy definidas vetillas, aunque algunas menas están en cuerpos de brechas hidrotermales (Santa Bárbara, Ccarhuarazo, Caudalosa y Anta de San Juan de Lucanas). Las direcciones de las vetillas N25°-40°W, N40°-75°E, y E-W. El rango desde 200 m a 4 km en longitud, y están generalmente a pocas decenas de centímetros a 1.5 en ancho.

El sistema de vetillas Caudalosa-Candelaria-Bonanza en el distrito de Castrovirreyna tiene una longitud excepcional de 9 km, donde como la veta Calera en el distrito de Orcopampa y la veta San Cristobal en el distrito de Cailloma tiene una anchura excepcional de 10 a 25 m, respectivamente. El Au y la Ag se extienden para profundidades relativamente someras y el oro incrementa con la profundidad en algunas vetas. La plata rubí da un modo para menas polimetálicas de metal base en profundidades de 300-400 m (San Juan de Juan De Lucanas, Cailloma, San Genaro, Reliquias, Condoroma, San Antonio de Esquilache) ellos están zoneados, y la tetrahedrita persiste en profundidad en los distritos de Julcani y Castrovirreyna.

Aparte de lo ya indicado acerca de la localización del yacimiento de Candelaria, debe anotarse que se halla emplazado en rocas volcánicas, formados por una secuencia de tufos, tufos brechas, lavas andesíticas con intercalaciones de arenas volcánicas y conglomerados, en donde se han diferenciado el domo Candelaria. Esta secuencia está cortada por intrusivos pequeños, diques y sills.

La veta es una gran falla de una longitud de 2 km la parte del Este es conocida como veta Caudalosa.

Hay una veta paralela, conocida como veta San Pedro; los niveles inferiores están en una andesita intrusiva, mientras que la parte superior en los volcánicos, al W es conocida como Candelaria, en donde hay tres vetas: Candelaria Primera, Candelaria Segunda, y Candelaria Tercera con rocas cajas en tufos. Candelaria Primera se correlaciona con Caudalosa, Candelaria Segunda y Candelaria Tercera se unen en profundidad para continuar hacia el W (buzamiento vertical).

3.2 Situación Local

Los depósitos minerales de esta zona están asociados genéticamente con la actividad hidrotermal de centros volcánicos del Terciario medio a superior. La forma y distribución de las fracturas están íntimamente relacionados a éstos centros y domos volcánicos, del tipo de relleno de fracturas.

Las vetas se caracterizan por su mineralización en rosario, tanto en dirección horizontal como en vertical, favoreciendo la riqueza de los clavos minerales existentes.

Asimismo, los lazos cimoides, y las intersecciones de vetas favorecen la mineralización. Consecuentemente adyacente a la veta Candelaria la presencia del domo volcánico Candelaria favorece al enriquecimiento de la mineralización, al igual que los tufos.

Las vetas mineralizadas de la mina Caudalosa Grande y aquellas del resto del distrito minero de Castrovirreyna, son parte de paleoedificios volcánicos o calderas, los cuales estuvieron activos durante el Mioceno-sup, durante las fases finales de una actividad volcánica andesítica compleja. Las que evidencian varios estados de evolución dentro de una estructura "tipo central"

1. Etapa efusiva lávica-piroclástica
2. Etapa subvolcánica
3. Etapa intrusiones periféricas (stocks intermedios)

Los sistemas geotermales activos son prototipos modernos de los sistemas antiguos, los cuales concentraron metales en las partes superiores para formar depósitos minerales epitermales. El estudio de los sistemas geotermales ha permitido conocer mejor los procesos físico-químicos que gobiernan el flujo a la superficie, la deposición de minerales, la alteración hidrotermal, la composición de los fluidos etc. Debido a estas observaciones los depósitos minerales epitermales en rocas volcánicas silíceas a andesitas han sido subdivididas en dos importantes y diferentes ambientes hidrotermales relacionados con el vulcanismo; los dos tipos distinguidos, principalmente en base a la mineralogía de la alteración hidrotermal y de las vetas son: tipo Adularia-Sericita y tipo Acido-Sulfato.

TABLA ESTRATIGRAFICA DE LOS CUADRANGULOS MALA, LUNAHUANA, CONAYCA, CHINCHA, TANTARA Y CASTROVIRREYNA

LAMINA No 5

FAJA DE LA COSTA

FLANCO OCCIDENTAL ANDINO

CUATERNARIO	RECIENTE	Depositos de Playa Depositos Eolicos y Aluviales				
	PL EISTOCENO	Fm. Conete	~ 200m			
TERCIARIO	SUPERIOR	Fm. Pucoto	~ 200m			
	INFERIOR	Fm. Paracas	1000m			
CRETACEO	SUPERIOR	SENONIANO	Gpo. Gullmond	1000m		
		CENOMANIANO				
	MIDDLE	ALBIANO	Fm. Chilca	Gpo. Imperial	450m	
		APTIANO	Fm. Atocongo			
		BARRENIANO	Fm. Pampuna			
		HAUTERIVIA	Fm. Pucosana			
	INFERIOR	MALANGIANO	Gpo. Morro Solar	Fm. Mercavilla Fm. Herradura Fm. S. del Frio	~ 800m	
		BERRIASIANO	Fm. Asa y Gpo Puente Piedra			
	JURASICO					

CRETACEO	SUPERIOR	Depositos Aluviales Fluvioglaciares y Glaciares	~ 100m	
		Fm. Castrovirreyne	~ 1500m	
		Gpo. Saccuero (Pucoto)	~ 1000m	
		Fm. Tanta	~ 2000m	
		Fm. Casapalca	~ 300m	
		Fm. Huancabamba	1000m	
		Fm. Huancabamba		
		Fm. Pariatambo	600m	
		Fm. Chulec		
		Fm. Parahuanc		
Gpo. Goyllariquizgo	~ 800m			
Fm. Chimu Santo, Carhuaz				
JURASICO	MIDDLE	Fm. Chumayo	~ 200m	
		Fm. Cercapague	~ 800m	
		Gpo. Pucara	~ 2000m	

El depósito mineral de Caudalosa Grande; propiamente Caudalosa-Candelaria-Bonanza es del tipo Acido-Sulfato, que se caracteriza por estar relacionado con un domo volcánico, por una mineralización constituida principalmente por la asociación en py (adularia escasa o ausente). La alteración hidrotermal caracterizada por una avanzada argilitización (alunita) asociada con la mineralización, a veces también con silicificación. El Au nativo y electrum están asociados con los sulfuros, sulfosales; hay poca bismutinita y rodocrosita. Los clavos de mineral tienen gran extensión con zoneamiento horizontal vertical, teniendo paragénesis de en-thd en profundidad.

La asociación en-thd-py constituye la mineralización interior de Caudalosa Grande con un zoneamiento lateral, que termina en gn, ef, en una zona de falla de 9 km de longitud. La zona mineralizada exterior está representada por San Genaro, Reliquias, Dollar, Carmen, Lira; las cuales tienen un zoneamiento vertical muy pronunciado, que empieza con Ag nativa, pasa a Ag rojas, luego a Ag negras y a una zona polimetálica en profundidad en donde la thd o cpy son abundantes parcialmente, tal como en la veta Poder de la mina Beatricita-San Genaro y Carmen-Lira de la mina La Virreyna.

Los bordes de esta mineralización exterior son también más ricos en Pb, Zn, como en San Genaro, La Virreyna e Itanayocc. El tipo Adularia-Sericita se caracteriza por estar relacionada con ambientes geológicos complejos comunmente calderas, por una mineralización de argentita, thd, Ag nativa, Au, sulfuros básicos, no hay bismutinita, adularia. La alteración hidrotermal característica es sericita-argilita.

3.2.1 Estratigrafía

En la región andina central afloran una gruesa secuencia de rocas volcánicas, agrupadas en unidades de derrames y piroclásticos que alternan con series sedimentarias piroclásticas. Estos conjuntos litológicos yacen discordantemente sobre las unidades sedimentarios mesozoicos y capas rojas Casapalca y está completamente distribuída en el altiplano del flanco occidental

andino, divisoria continental y el altiplano oriental de Tantará y sector noreste de Lunahuaná.

En zona de estudio, por de secuencias relacionados a episodios magmáticos terciarios, la clasificaremos de acuerdo a la cronología en las cuales se depositaron.

Episodios Magmáticos Eocnico-Oligocnico (40.5 a 21.55 m.a)

Se describe así a una gruesa secuencia volcánica que van con discordancia angular sobre las unidades formacionales del Mesozoico y la Formación Casapalca e infrayacen en aparente concordancia a la secuencia volcánico-sedimentario de Sacsaquero. Estos volcánicos tienen su mejor distribución en las partes altas del flanco occidental andino y exposiciones menores en algunas áreas del Altiplano, así se les ha reconocido en áreas extensas de la parte nororiental del cuadrángulo de Lunahuaná en la parte occidental y septentrional del cuadrángulo de Tupe, en la parte meridional del cuadrángulo de Conayca y en gran parte de los cuadrángulos de Castrovirreyna y Tantará.

Estas series están compuestos por derrames andesíticos, riolíticos y dacíticos de color gris y pardo violáceo con textura porfirítica a veces afanítica en forma subordinada y esporádica permiten intercalaciones de brechas andesíticas a dacíticas y tobas andesíticas a riolíticas. En conjunto la secuencia muestra pseudoestratificación en capas medianas a gruesas con cierta lenticularidad.

Está serie de episodios magmáticos se encuentran asociados con la primera fase o Fase Incaica, del Eoceno superior-Oligoceno inferior (40-21.5 Ma). Localmente se les denomina Volcánicos Tantará.

Episodios Magmáticos Miocénicos (21 a 14 m.a)

Conformado por una gruesa secuencia volcánico-sedimentario constituido por derrames andesíticos intercalados con tobas soldadas y tobas redepositadas, también se intercalan areniscas, limoarcillas y calizas lagunares que se adelgazan desapareciendo

por lenticularidad.

Este conjunto yace en discordancia sobre los volcánicos eocénicos-oligocénicos e infrayacen en discordancia a los volcánicos miocénicos medio ó volcánicos Castrovirreyna.

Estos episodios magmáticos están constituídos por un miembro inferior de naturaleza sedimentario piroclástico y un miembro superior lávico con intercalaciones piroclásticas como se observa en Poroche y en el sector norte y central del cuadrángulo de Tupe. Otra localidad representativa de edades alternadas como unidades sedimentarios y piroclásticos, se ubica al norte de Sacsaquero, con amplio desarrollo en el sector sur, central y occidental del cuadrángulo de Castrovirreyna.

Las mejores exposiciones de este grupo se observan en el área de Sacsaquero - Quishuarpampa, al norte y sureste de Marcuto, en el camino de Cusicancha a la hacienda Sinto, de Suytopampa al cerro Angorita (hoja de Castrovirreyna) entre Arma y Tantará, de Santa Beatriz a Tinco, al noreste y noroeste de Lircay (parte noreste del Cuadrángulo de Tanatará); así como en numerosos afloramientos en la parte oriental del cuadrángulo de Tupe.

Estas secuencias se depositaron durante la segunda fase o Fase Quechua I del Mioceno Inferior (21 a 14 Ma). Se encuentran relacionadas estratigráficamente con la Formación Sacsaquero.

Episodios Magmáticos Miocénicos (14.1 - 12 m.a)

Constituída en el área de Castrovirreyna por una secuencia monotoma donde se intercalan areniscas, gris rojizas, gris verduscas y marrones de grano fino a grueso, con arcillita y limolita gris verdosa, rojiza y violácea, generalmente en estratos delgados y medido hasta laminares. Subordinadamente, existe estratos delgados de caliza gris blaquesina localmente con replegamiento y fisilidad en lajas delgadas. Hacia el tope se encuentran brechas tobáceas, alternando con tobas, limos arenosos, y tobas brechoides con piroclastos pequeños y medianos; cerca del techo también se presenta una unidad delgada de calizas grises claras en capas delgadas y tobas dacíticas que infrayacen en

discordancia a los volcánicos Caudalosa. En la base afloran aglomerados volcánicos de color violáceo que sobreyacen a los volcánicos miocénicos inferiores.

Localmente se les denomina Volcánicos Castrovirreyna y son de edad correspondiente al Mioceno medio y se encuentran afectadas por la tercera fase o Fase Quechua II.

Episodios Magmáticos Miocénicos (10 - 8 m.a)

Son secuencias formadas por rocas volcánicas con algunas intercalaciones lenticulares de piroclásticos y areniscas tobáceas. Algunas exposiciones de estos volcánicos, se encuentran en los alrededores de la mina Caudalosa Grande, ubicado en la parte central del cuadrángulo de Castrovirreyna; otros afloramientos se encuentran en las hojas de Tupe y Conayca; y están relacionados a los sinclinales de Sigsihuas, Colcabamba, Chunchi y Huichinga.

El contacto inferior es con los clásticos de los Volcánicos Castrovirreyna, en aparente discordancia y está dado por un cambio litológico.

Estos volcánicos ocupan generalmente zonas altas, de topografía suave, con escarpas asociadas a derrames volcánicos más resistentes a la erosión. Esta secuencia volcánica se conforma de coladas de andesita y brecha de flujo igualmente andesítica, de color gris oscuro y verdoso. En algunos casos estos volcánicos constituyen, aparentemente, relictos de paleo-edificios volcánicos.

Localmente se les denomina Volcánicos Caudalosa, siendo subdivididas en: Brechas Beatita, Andesitas Reliquias y Volcánicos Candelaria con una potencia variable entre 200 y 800 m.

Brechas Beatita

Están en la base de la secuencia, los fragmentos son angulares y de composición andesítica, afanítica o porfiríticos de tamaños variables entre 1 y 5 cm; la matriz en una andesita de color gris. Estas brechas están en bancos delgados e interestratificados con lavas andesíticas de color oscuro. Esta unidad se encuentra en el área de las minas Beatita y Seguridad,. El contacto con los volcánicos Castrovirreyna está al W de la laguna Pacococha.

Andesitas Reliquias

Andesitas de color gris a gris verdoso en bancos expuestos a lo largo de la carretera Reliquias y Beatita, son cubiertos por los volcánicos Candelaria y sobreyacen a las Brechas Beatita. Tienen un espesor de 150 m.

Volcánicos Candelaria

Están formados por una alternancia de lavas andesíticas, andesitas brechoides, brechas andesíticas y brechas tufáceas intercaladas con lavas andesíticas afaníticas de color gris oscuro; constituyen la parte superior de la secuencia. Están expuestas en el área de las minas Candelaria, Perlas, Itanayocc, Reliquias. Algunos de los fragmentos de las brechas andesíticas son de gran tamaño entre 0.5 a 1.0 m. de diámetro como puede observarse entre Perlas y Reliquias, en la parte superior de la secuencia. Predominan los derrames andesíticos afaníticos, alguno de ellos podrían ser sills o diques capas, hay lavas andesíticas porfiríticas en la parte inferior como puede observarse en los alrededores de la mercantil. En la zona de Reliquias los bancos de andesita afanítica adquieren mayor espesor.

Episodios Magmáticos Miocénicos-Pliocénicos (8-4.5 m.a)

Las cuales son un conjunto de secuencias volcánicas las que están constituidos por los Volcánicos Madona, denominados Volcánicos Madona, Volcánicos Auquivilca, Volcánicos Huichinga, y los Volcánicos Astobamba; todos ellos correspondientes geológicamente entre el Mioceno superior al Plioceno inferior. Además están relacionadas a la cuarta fase o Fase Quechua III.

VOLCANICOS MADONA

Son una alternancia de tufos finos y tufos brechas subacuosa intercalados con lavas andesíticas y brechas andesíticas ampliamente conocidas en la mina San Genaro, San Julián, Soliman, San Pedro (Lyons 1961; Barba, 1977). Este trabajo se le ha denominado volcánicos Madona habiendo sido subdivididos en Madona Inferior y Madona Superior, separados por tres paquetes de lavas

denominados *Madona Uno, Dos y Tres*. En total tiene un espesor variable entre 300 y 500 m.

Andesitas Madona Uno

Andesitas afaníticas grises en bancos delgados, se encuentran en la laguna Orcococha, es la base de la secuencia volcánica expuesta.

Volcánicos Madona Inferior

Reposa sobre la anterior, es una secuencia de tufos subacuosos, tufos, brechas y brechas andesíticas, finamente estratificados de colores púrpura, rojo o amarillo bien expuesto entre la mina *Madona* y *Caudalosa*, se extienden hacia *Auquivilca* y la mina *San Genaro*. Una secuencia similar pero muy bien diferenciada se ha encontrado en el Cerro *Ferrobamba*, es cubierta por las lavas *Seguridad*; hacia el W se interdigitan y confunden con las brechas de los volcánicos *Caudalosa*.

Andesitas Madona Dos

Andesitas hornbléndicas de color gris verdoso a negro, generalmente afaníticos, en bancos gruesos, los contactos están brechados, intercalados con tufos finos. Forman repisas o acantilados, expuestos al E de *Candelaria*, en la laguna *Lopezcocha*, *Auquivilca*, *Dollar* etc, reposa sobre la secuencia anterior, son cubiertas por los volcánicos *Madona Superior*.

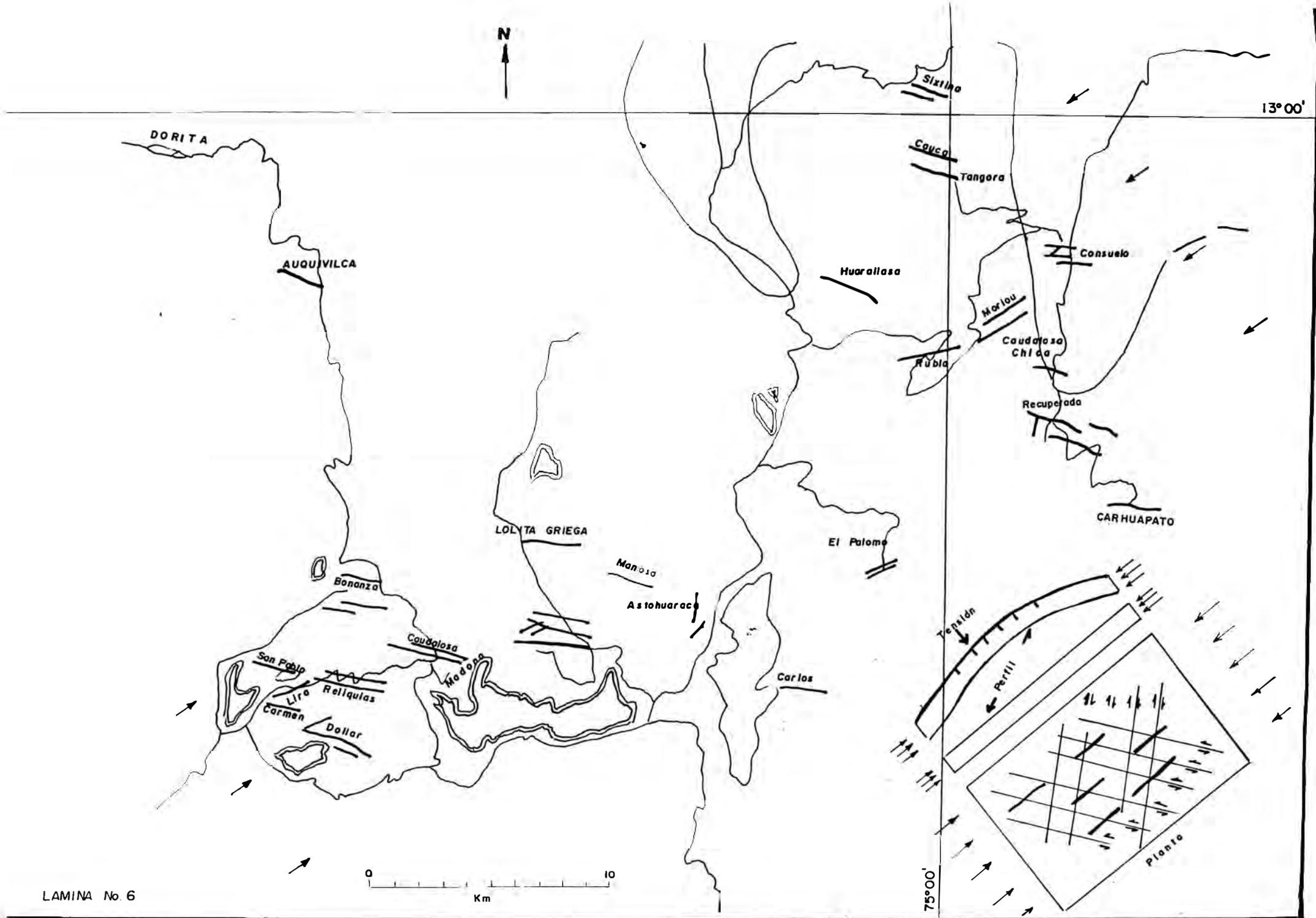
Volcánicos Madona Superior

Tufos finos subacuosos y tufos brechas de color amarillo a rojizo expuestos en la parte media del cerro *Yuracchayoc*, *Auquivilca*; se distinguen por tener una topografía suave.

Andesitas Madona Tres

Constituyen la parte superior del cerro *Yuracchayoc*, *Pucasalla* en donde los derrames de andesitas afaníticas grises forman bancos y acantilados en la cumbre de los cerros.

Los volcánicos *Caudalosa* reposan en discordancia sobre los volcánicos *Madona* en *Auquivilca* en donde están en discordancia angular sobre los volcánicos *Sacsaquero*. Los volcánicos *Madona* reposan sobre los volcánicos *Caudalosa*.



ESQUEMA DE LOS EPISODIOS MAGMATICOS Y TECTONICOS

SEDIMENTACION CALCAREA
Km - s



TECTONICA FASE PERUANA



Ks - EROSION

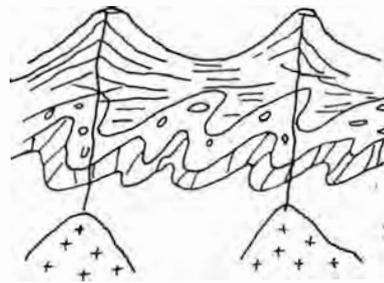


SEDIMENTACION MOLASICA (Capas Rojas) Ks - Ti

TECTONICA FASE INCAICA Ti



VULCANISMO TI LIGADO A MAGMATISMO



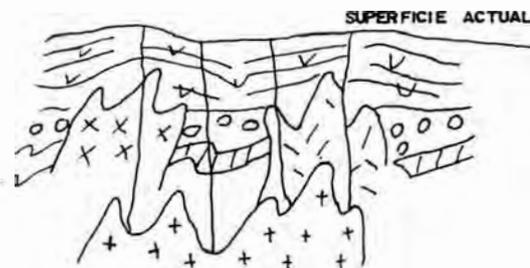
INTRUSIONES Y VULCANISMO



FRACTURAMIENTO Y MINERALIZACION LIGADOS A NUEVAS INTRUSIONES Y VULCANISMO



EROSION POR GRAN LEVANTAMIENTO



		ESCALA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
		SIE	ESQUEMA DE LOS EPISODIOS MAGMATICOS Y TECTONICOS HISTORICOS	
GEOLOGIA	E. ANTUNEZ de M.	FECHA	LAMINA	
DIBUJADO	HECTOR REYES CHANG	ABRIL-83	No. 7	
REVISADO	CARLOS MIRANDA A.		REGION DE CASTROVIRREYNA	

VOLCANICOS AUQUIVILCA

Con este miembro se describe una secuencia de rocas piroclásticas en la base y depósitos lacustres en la parte superior. Su nombre se ha tomado de los afloramientos que existen entre los cerros Saihuapata y Auquivilca, ubicadas en las vecindades del río Luicho y Santa Ana en el área central de empalme de las hojas de Castrovirreyna y Conayca, y en la parte suroriental de la hoja de Tupe. Los afloramientos más conspicuos se encuentran en el sinclinal de Yanacocha-Santa Ana, y se extiende al sur en el sinclinal suave del canal de Choclococha; otras ocurrencias se exponen en el sinclinal de la laguna Chunico en el sinclinal de la laguna Huichinga, y el sinclinal de Sigsihuasi

En el Cerro Auquivilca la sección medida presenta un grosor de 911 m, diferenciándose dos miembros; un inferior representado por rocas tobáceas macizas y un miembro superior que consiste de areniscas y limolitas intercaladas con calizas grises en capas delgadas hasta laminares y brechas tobáceas ocasionalmente.

Sección transversal al río Luicho entre la mina Dorita y cerro Auquivilca (cuadrángulo de Castrovrreyna).

Lavas andesíticas, dacíticas y brechas de flujo.

VOLCANICOS HUICHINGA

Se denomina así a la secuencia de derrames andesíticos y dacíticos extendidos con algunas brechas de flujo y tobas andesíticas y dacíticas que se interdigitan con la secuencia sedimentaria piroclástica de la Formación Auquivilca.

Esta litología está bien representada entre Sigsihuasi y Huichinga de donde toma su nombre. Su grosor es variable de un lugar a otro pero se estima en 300 m.

Esta unidad volcánica se considera que guarda relación con el volcanismo asociado a los centros volcánicos que dieron lugar a los volcánicos Caudalosa.

VOLCANICOS ASTOBAMBA

Se designa con este nombre a un conjunto de derrames

andesíticos, basálticos y brechas de flujo de similar composición con ocasionales horizontes tobáceos y piroclásticos, relacionados a centros volcánicos de tipo estrato volcánico, interpretación en la disposición groseramente periclinal que muestran los derrames.

Estos volcánicos se encuentra bien expuestos en los alrededores de la localidad de Astobamba (parte suroriental de la hoja de Conayca) de donde toman su nombre, también se les reconoce al norte de la laguna de Huichinga.

Por el piso se relaciona en disectamiento angular con los volcánicos Auquivilca y otras unidades formacionales más antiguas; en tanto que su techo se encuentra descubierto desconociéndose su relación con unidades más jóvenes; aunque fuera del área de estudio (parte suroccidental del cuadrángulo de Huancayo) se reconoce la secuencia tobácea arenosa y travertínica de Ingahuasi suprayacente a una secuencia volcánica similar a los volcánicos Astobamba.

ROCAS INTRUSIVAS

Se han diferenciado domos volcánicos, diques y otros cuerpos intrusivos. Parece haber una ligazón genética entre la mineralización y la actividad ígnea del domo Candelaria y sus domos asociados. Es por ello que por dataciones de edades de mineralización y de la actividad comprensiva sería entre 8 Ma y 4 Ma (Mc Kee et al, 1975).

Domo Candelaria, en lámina de este nombre, tiene una forma más o menos circular de 500 m. de diámetro; intruye a los volcánicos Candelaria y Madona. La roca es una andesita porfirítica piróxénica con estructura de flujo bien definida. Un cuerpo de brecha intrusiva está emplazada en la parte central. Las lavas de los niveles inferiores de Caudalosa y aquellas de Cerro de Pasco podrían estar relacionadas con este domo.

Los cuerpos de andesita hornbléndica a latita son afaníticos o micro-orfiríticos, se encuentran en los cerros Seguridad, San Pablo, La Virreyna, Itanayocc etc. La lava proveniente de estos cuerpos son denominados Andesitas Seguridad. El cuerpo más grande está ubicado en el Cerro Seguridad en donde tiene una forma más o

menos elíptica de 1.5 por 2.5 kms; esta intrusión es una de las grandes de Caudalosa, está dividida en dos partes por la quebrada Bonanza; las lavas relacionadas con este cuerpo se extienden al E de Sopococha. Los estratos en los alrededores del cerro Seguridad están plegados simétricamente con respecto a este centro.

De este cuerpo han salido diques capas (sills) y derrames lávicos los cuales están interestratificados con los volcánicos Caudalosa y Madona. Alguna de las lavas afaníticas de color gris oscuro descritas en las secuencias volcánicas anteriores están relacionadas con esta roca, principalmente las lavas observadas en la parte superior de Reliquias, Dollar (Cerro Ferrobamba), Madona (andesitas Madona Dos, Tres) y aquellas observadas en San Genaro.

En la quebrada Bonanza y en los alrededores de la laguna Lopezcocha hay diques y cuerpos de dacita porfirítica que intruyen a la Andesita Seguridad y a los volcánicos Madona. La gran cantidad de diques o apófisis en Lopezcocha sugieren la relación con un cuerpo mayor o stock en profundidad.

Domo Runahuañuscaorco al S de la repartición de la carretera a Caudalosa es un cuerpo circular de 2.5 km de diámetro constituido por una andesita vitrosa en donde puede observarse esferolitos en sus márgenes.

El domo Candelaria intruye a los volcánicos Caudalosa y Madona; los cuerpos sills y diques de Andesitas Seguridad intruyen también a los volcánicos mencionados y al Domo Candelaria; la dacita Bonanza intruye a la Andesita Seguridad, en secuencia, la edad asignada es el Mioceno Superior. Los derrames volcánicos andesíticos de San Genaro y Caudalosa son llamados volcánicos Huichingo por Salazar, podrían ser equivalentes en parte a Andesita Seguridad.

El domo Runahuañuscaorcco parece ser más joven que las unidades descritas.

DEPOSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos cuaternarios están representados por morrenas en

las partes altas de los valles glaciares. Depósitos fluvio-glaciares son abundantes en las quebradas Candelaria, Bonanza y Reliquias.

3.2.2 Tectónica

En el Perú, la Cordillera de los Andes está plegada en estructuras orientadas NW-SE por efecto de esfuerzos compresivos que actuaron orientados sobre la dirección WSW-ENE.

La presencia de numerosos sobreescurrecimientos señala el predominio de las fuerzas compresivas sobre las distensivas en los sedimentos mesozoicos del área de Ticrapo, producto de los esfuerzos de la Fase Incaica (Fini-Eocénica) (F. Mégard 1979; Steinmann 1929).

El vulcanismo terciario se emplazó en el curso de cuatro periodos sucesivos, desde el Oligoceno hasta el Plioceno terminal (Noble, Mc Kee 1978), cubriendo los sedimentos mesozoicos con derrames lávicos y piroclásticos.

Las fuerzas de compresión siguieron actuando en forma decreciente hasta después del periodo de actividad volcánica.

Según trabajos de Soulas (1975) y Mégard (1979), los esfuerzos de la Fase Quechuana (10-6 m.a.) en esta zona, se traducen mayormente en movimientos horizontales a lo largo de fallas de rumbo, siendo sucesivamente las direcciones de compresión horizontal: N45°E (Mioceno inferior), N-S (Mioceno superior) y E-W (mioceno terminal a Plioceno).

El principal fracturamiento donde se emplazan las estructuras mineralizantes correspondería a la última fase (E-W). Un movimiento post-compresivo (posiblemente contemporáneo), originó el hundimiento de las calderas, culminando la actividad tectónica en la zona.

El hundimiento de las calderas sobre fallas originalmente de rumbo distorsionaron las estructuras mineralizadas fallándolas con un movimiento principalmente vertical a sub-vertical.

3.2.3 Magmatismo

Probablemente la secuencia terciaria descansa discordantemente sobre las calizas Cretácicas, pues los movimientos orogénicos, al parecer muy débiles, comenzaron en la región desde el K-sup, acentuándose en el Mioceno terminal-Plioceno. Esta superficie discordante sería del tipo "colinas enterradas" propuesta por J.V. Harrison en la década del 50.

Rocas Volcánicas

Toda la secuencia volcánica aflorante descansa discordantemente sobre las rocas sedimentarias, tanto del K-sup como del T-inferior.

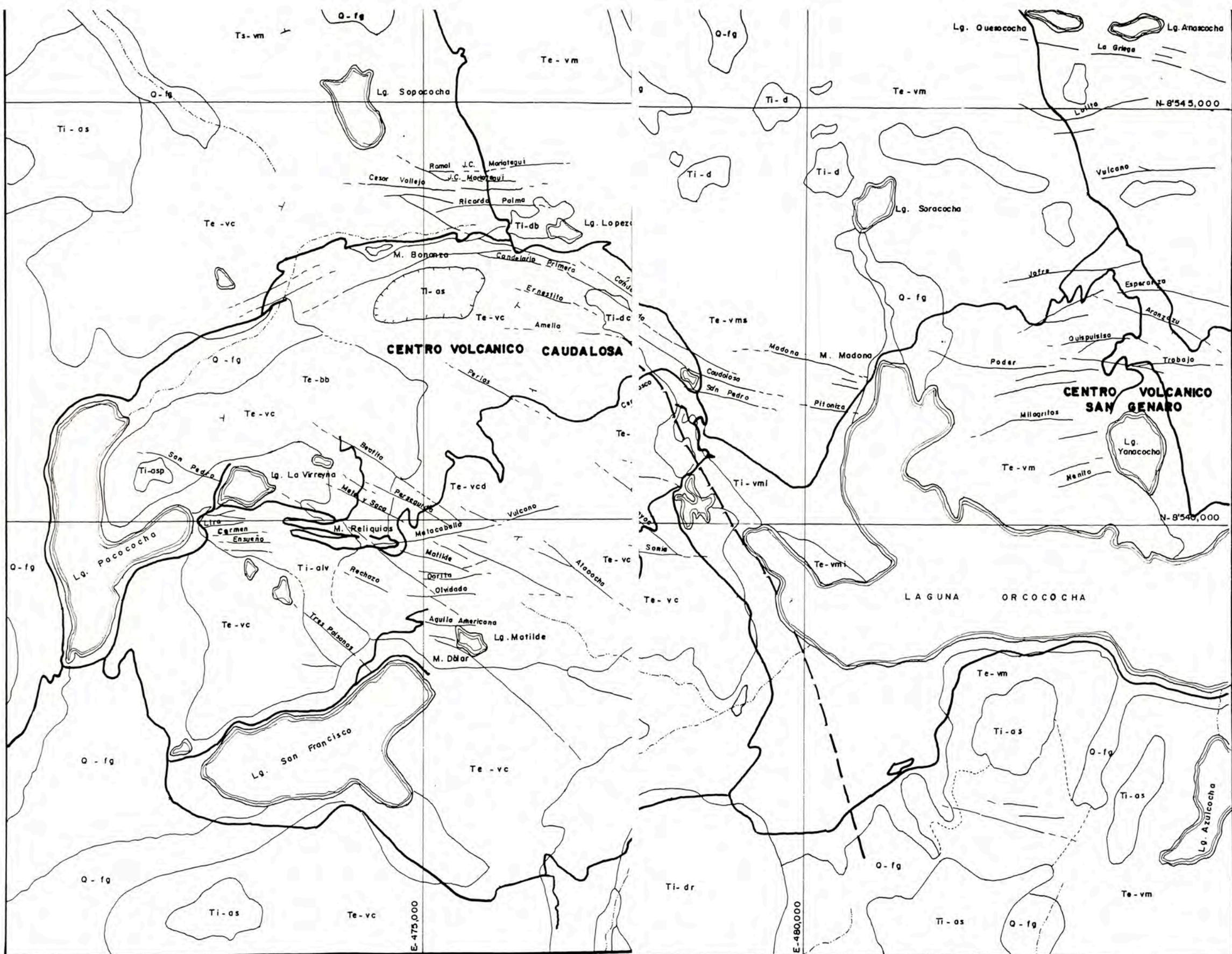
Esta secuencia ha recibido varias denominaciones: "Formación Terciaria" (A. Masías) y "Grupo Volcánico Terciario" (U. Petersen).

Podemos encontrar derrames lávicos que se extienden desde Pacococha hasta el E de Santa Inés, alcanzando una potencia aproximada de 1,800 m, siendo las más potentes aquellas que corresponden a la parte central de los centros volcánicos.

Estas secuencias volcánicas incluyen lavas, brechas de flujo, tobas y brechas tobáceas.

Las dos terceras partes de las rocas son lavas andesíticas, latíticas, dacíticas, riodacíticas, deleníticas de colores oscuros que van del gris verdoso al gris parduzco, con textura afanítica a porfirítica; se encuentran dispuestas en capas que varían desde 0.50 a 10 m. de potencia, alcanzando las secuencias hasta 70 m. Probablemente, las etapas efusivas más importantes de la zona se encuentran representadas por tres efusiones de lavas de grano fino.

Las brechas, en capas y lentes, se encuentran intercaladas con las lavas. Son de color verde grisáceo o gris rojizo, con fragmentos líticos que alcanzan los 2 m. La matriz es esencialmente lávica, existiendo en menor porcentaje material piroclástico. Encontraremos frecuentemente el contacto entre las lavas y las brechas, es irregular, y en algunos casos gradacional, lo que obliga en ocasiones a inferirlo. La mayor concentración de



Vetas Platas Rojas
 Vetas Cobre - Plata
 Vetas Polimetálicas

-  Porfido
-  Cuerpos de Brechas Hidrotermales
-  Centro y Domo Volcanico

LAMINA No. 8

PLANO DE AFLORAMIENTOS LOS CENTROS VOLCANICOS CAUDALOSA Y SAN GENARO

Modificado de M. Arenas 1981
 Afloramientos San Genaro: Quirita 1984

estas brechas se sitúa al W de la región, decreciendo hacia el E.

La existencia de brechas tobáceas y tobas es muy común en esta zona. Las tobas tienen una composición similar a la de las brechas tobáceas, diferenciándose simplemente en el tamaño de los fragmentos, que es lo que le da el nombre a la roca. Podemos considerar como la unidad más importante las rocas piroclásticas que aflora en la zona a una secuencia de tobas y brechas tobáceas, que tiene una extensión de 12 km, que va desde los 3 km al E de San Genaro, hasta la mina Caudalosa Grande; donde presenta 120 m de potencia.

Aflorando desde el W de San Genaro hasta 1 km al E de Caudalosa, existe otra unidad importante de andesitas piroclásticas de aproximadamente 140 m de potencia.

Rocas Intrusivas

Los cuerpos ígneos presentes en la zona son stocks, diques y domos, cuya composición varía desde pórfidos andesíticos hasta pórfidos monzoníticos dioríticos. Se puede reconocer cuerpos similares en toda la región.

Las intrusiones más importantes son las conocidas como Dacitas Bonanza e Intrusivo Rechazo (pórfido monzonítico) en la zona de Pacococha Y los domos de Candelaria y Runahuanusccaor en la zona de Caudalosa-San Genaro. Estas intrusiones se caracterizan por presentar una alteración de grado medio en el contacto con las capas volcánicas que intruye.

En muchos casos, las estructuras mineralizadas cortan a estos intrusivos, lo mismo que pequeños diques pegmatíticos-aplíticos de composición granítica (zona Trancas).

Centros de Vulcanismo

El arco volcánico cenozoico de la Cordillera Occidental está constituido de paleo-edificios volcánicos o calderas reactivadas. Estas por estudios geomorfológicos de la región reflejan numerosas calderas volcánicas de diferentes tamaños, alineadas sobre fracturas de dos direcciones: N75°E (rumbo principal del

vulcanismo) y $N60^{\circ}W$, rumbo general de los Andes Meridionales.

Tanto la erosión diferencial como las brechas volcánicas posteriores que se han depositado alrededor de estos centros, obliteran la estructura original.

Se pueden distinguir dos tipos de centros volcánicos:

a) Estructuras concéntricas (área de Pacococha-Caudalosa).

b) Agrupamientos irregulares de cráteres (área de San Genaro).

Se observa que las estructuras volcánicas decrecen hacia el E, lo que podría indicar que el vulcanismo se desarrolló de Oeste a Este.

Las estructuras circulares se presentan como relictos de antiguos cráteres volcánicos, en los cuales, los más grandes contienen protrusivos que son más recientes, muchas veces acomodados en forma concéntrica.

Como ya se mencionó, el rumbo principal del vulcanismo sigue la dirección $N75^{\circ}E$, coincidiendo con el rumbo principal de las estructuras mineralizadas. Esto podría indicar que los esfuerzos E-W podría haber actuado ya desde el Mioceno medio a superior, alineando la actividad volcánica y posteriormente produciendo el fracturamiento en el Mioceno Terminal-Plioceno.

La intensa actividad de tipo piroclástica al parecer precede al hundimiento. La importancia de estos paleo-edificios en el distrito, es que a sus alrededores se generan la mineralización, preferentemente de tipo filoneana.

3.2.4 Sistemas de Fracturamiento

En la región de Pacococha-Caudalosa-San Genaro se pueden distinguir tres direcciones principales de fracturamiento, correspondientes a la mayoría de estructuras tanto mineralizadas como estériles.

Sistema 1 (SENESTRAL) : $N60^{\circ}-75^{\circ}W$; en este sistema están agrupados siguientes vetas importantes: Dollar, María del Carmen, San Pablo, San Antonio, Milagritos, Matilde, Renecita, Sacasipuedes. Su buzamiento oscila entre $80^{\circ}N$

y 70°S, predominando las inclinaciones hacia el S. En la mayoría de los casos tiene una longitud entre los 300 m y 800 m. con mucho panizo, tanto dentro de los rellenos minerales como hacia las cajas evidenciando movimientos pre, inter, y post mineralización. El movimiento preferencial de las cajas fue senestral de cizallamiento.

Sistema 2 (DEXTRAL) N70°-80°E; en este sistema se agrupan las siguientes vetas importantes: Carmen, Ensueño, Lira, Isabel, Olvidada, Bonanza, San Julián, Alejandro, Sin Valor, Revuelta, Veta 3. La longitud promedio de afloramiento varia entre los 300 y 400 m con buzamientos preferentemente hacia el S (aproxim. 75°). El contenido de panizo es menor que en las del sistema 1, pero también se notan los movimientos pre, inter y post mineralización. Aparentemente, el movimiento de las cajas fue dextral en la mayoría de las estructuras.

Sistema 3 N05°-15°W; Este sistema es el de menor importancia pero el de mayor dificultad en el encuadre estructural de la región. Las vetas principales son: Tres Paisanos, Vetas 1 y 2 (Mina Astohuaraca) y la Veta 7 (Mina El Palomo). Podría tratarse posiblemente, de reactivaciones de antiguas estructuras (mioceno medio-superior) o producto del fracturamiento causado por intrusiones no aflorantes.

Estas estructuras, por pertenecer a un sistema cuyo desarrollo no fue muy marcado, son en general débiles, sin presentar evidencias de movimientos de cizalla muy acentuados las inflexiones de rumbo controlan los clavos de mineral.

En general, el fracturamiento-fallamiento de este distrito se puede agrupar en tres sistemas principales: NE-E, NW-W.

Se ha estudiado separadamente las diferentes estructuras existentes, mostrando en el siguiente cuadro su distribución de frecuencias, agrupándolas cada 15°.

Las estructuras mineralizadas (vetas) se presentan principalmente en dos direcciones: N76°-90°E (42.3%) y N46°-60°W (23.0%), mientras que las fallas en N61°-75°E (20%) y N76°-90°W (30.0%).

Al parecer, los esfuerzos de cizalla actuaron con mayor intensidad sobre las estructuras NW, originando fracturas estructuralmente más definidas.

El diaclazamiento se encuentra definido hasta en tres direcciones preferenciales: N61°-75°E, N76°-90°E y N61°-75°W.

En algunos sectores, el diaclazamiento producto de los esfuerzos compresivos se halla disturbado por cuerpos intrusivos.

Una interpretación foto-aérea de la zona, ha reflejado estructuras mayores "lineamientos", que se agrupan en tres direcciones: N31°-45°W (21.7%), N61°-75°W (17.4%) y N46°-60°E (13.0%). Las estructuras NW encajan en el sistema de fracturamiento distrital mientras que las NE se apartan de éste, tratándose tal vez de cambios locales.

3.5 Geología Histórica

De acuerdo a los estudios realizados por G. Steinmann, A. Masías, I. Dueñas, U. Petersen, C. Lisson, O. Walter, F. Mégard, D. Noble, E. Mc Kee, se puede indicar lo siguiente:

A comienzos del K, el mar se encontraba cubriendo extensas zonas continentales, incluida la zona de Huancavelica. En este periodo se depositaron secuencias sedimentarias que afloran en Huachocolpa, Astobamba, Vilca y Huancavelica. El K-inf, ha sido determinado en Huancavelica y Huachocolpa por Gerth y consiste en una secuencia de argilitas y calizas pertenecientes al piso Aptiano. El K-m está representado en esta zona es una secuencia de argilitas y calizas pertenecientes al piso Aptiano. El K-m está representado en esta zona (Berry y Singewal), por una secuencia calcárea muy fosilífera característica del piso Cenomaniano. Rocas

del K-sup han sido reconocidas como el Senomaniano (Dueñas, Bravo). Se trata de calizas que afloran en Huachocolpa, Huancavelica y Vilca. A mediados del K-sup, se emergieron los Andes probablemente precedidos de intensos plegamientos de la fase "Peruana" e intrusiones de alcance batolítico.

A fines del K-sup y comienzos del T, hubo un limitado vulcanismo que dió lugar a la formación de nuevos sedimentos continentales intercalados con capas volcánicas (U. Petersen).

Como consecuencia del levantamiento del continente se produjo un cambio notorio en la sedimentación, interrumpiéndose la sedimentación marina carbonatada al ser reemplazada por una sedimentación molásica continental de "capas rojas". Estos sedimentos molásicos son equivalentes a "capas rojas" Casapalca y afloran al E de Santa Inés, consistiendo en una secuencia de areniscas y lutitas rojas intercaladas con capas de conglomerado (A. Masías).

En el Eoceno-sup después de la depositación de las secuencias molásicas, se produce un intenso plegamiento (plegamiento Incaico) seguido de una erosión parcial de las capas rojas.

Luego, posterior al Plegamiento Incaico (Eoceno-sup), se produjo una intensa actividad volcánica que duró aparentemente hasta el Oligoceno.

Durante el Mioceno, en la zona entre Castrovirreyña y Lircay, predomina la actividad volcánica. Existen numerosos datos que han sido recogidos por Noble y colaboradores, que demuestra que el vulcanismo Terciario se emplazó en el curso de cuatro periodos sucesivos: 41 a 21 m.a.; 14.5 a 12 m.a.; 19.5 a 8.2 m.a.; 5.2 a 2.8 m.a.

Estos conjuntos volcánicos están separados por discordancias que se ubican en el Mioceno-inf, Mioceno-sup, al igual del Mioceno y a principios del Plioceno.

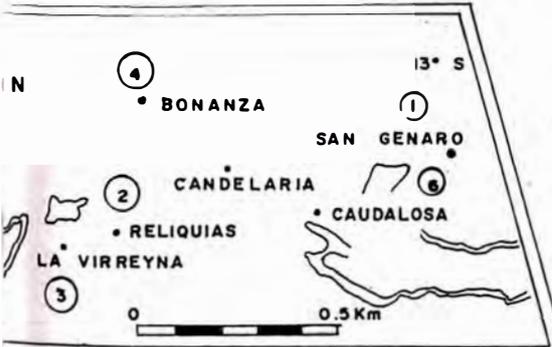
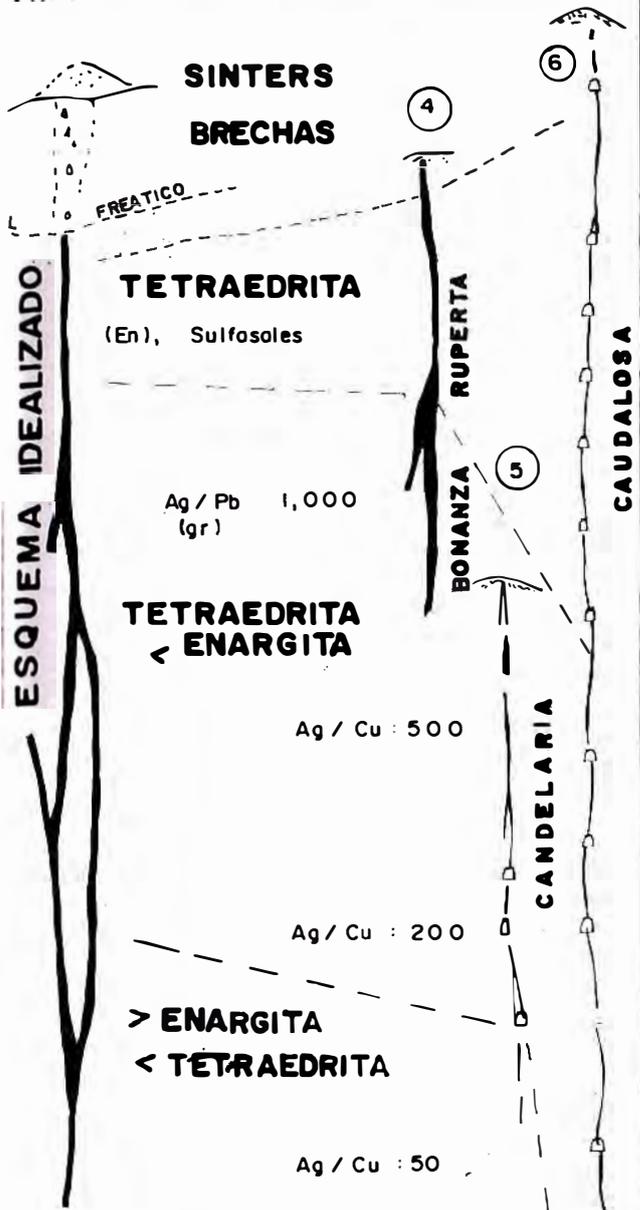
CAPITULO IV

GEOLOGIA ECONOMICA DE LA VETA

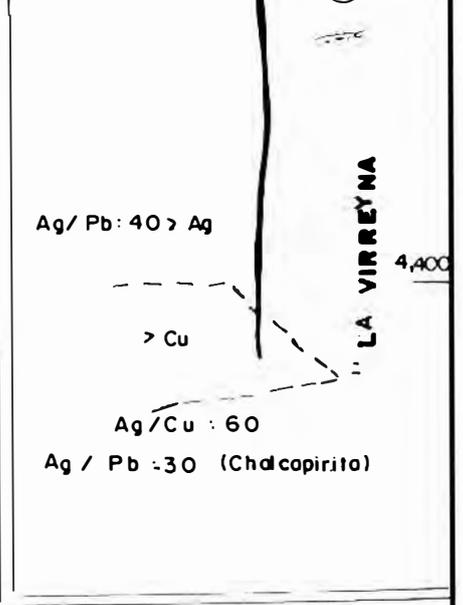
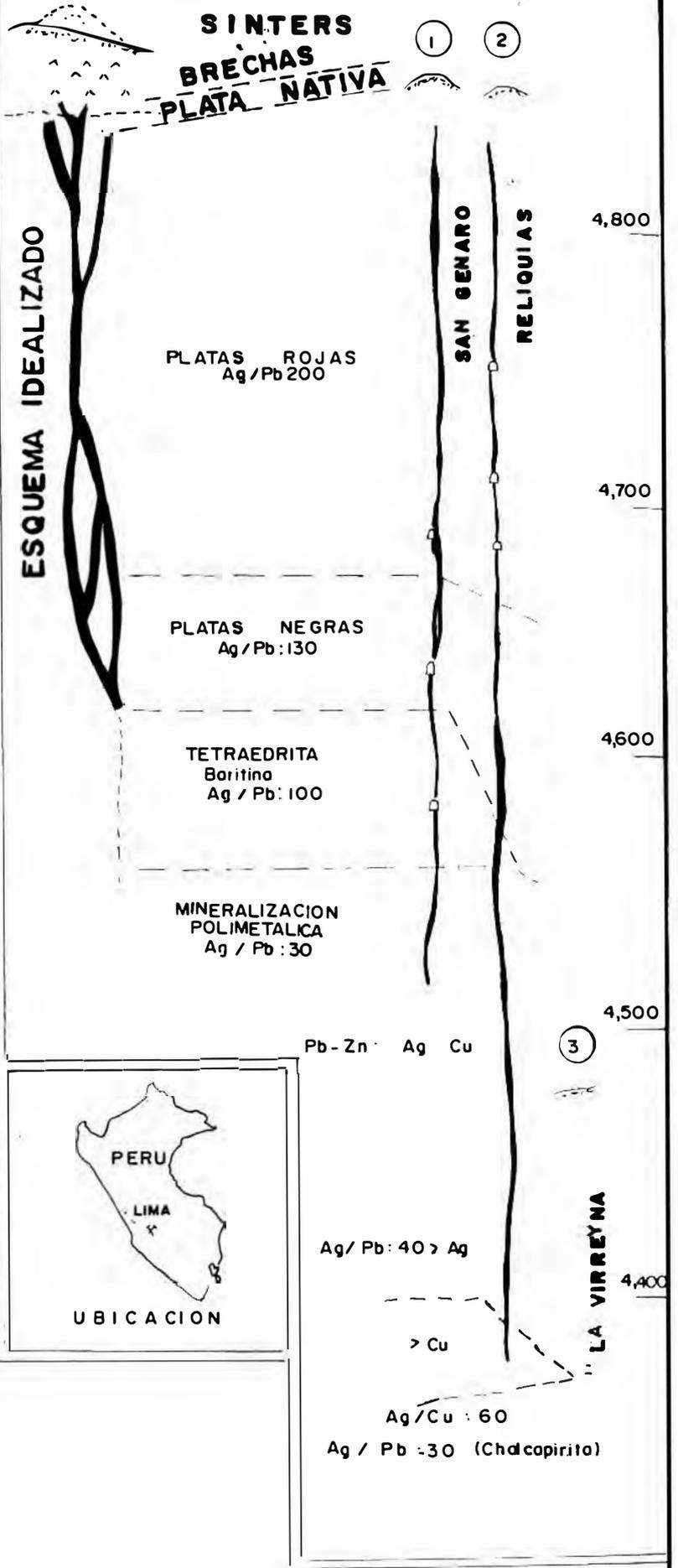
CANDELARIA SEGUNDA

- 4.1 Receptores de la mineralización**
 - 4.1.1 Fracturas Abiertas Pre-Mineralización**
- 4.2 Composición mineralógica de las vetas**
- 4.3 Rocas Encajonantes**
- 4.4 Alteración hipógena de cajas**
- 4.5 Posible Cuadro Paragenético**
- 4.6 Falla Post-mineralización**
- 4.7 Columnas mineralizantes**

TIPO ENARG. - TETRAEDRITA



TIPO SULFOSALES DE PLATA, ORO



GEOLOGIA ECONOMICA DE LA VETA CANDELARIA SEGUNDA

Los depósitos minerales de esta zona están asociados genéticamente con la actividad ignea de centros volcánicos del Terciario medio a superior. La forma y distribución de las fracturas depende del esquema estructural del emplazamiento de los centros y domos volcánicos, siendo el origen hidrotermal y del tipo de relleno de fracturas.

Las vetas se caracterizan por su mineralización en rosario, tanto en dirección horizontal como en vertical, siendo la causa de los clavos minerales existentes.

Finalmente los lazos cimoides, las intersecciones de vetas favorecen la mineralización. El domo volcánico Candelaria es favorable a la mineralización al igual que los tufos.

GENESIS DE LOS YACIMIENTOS MINERALES

Las vetas mineralizadas de la mina Caudalosa Grande y aquellas del resto del distrito minero de Castrovirreyna, son parte del antiguo sistema geotermal y erosionado, que estuvo activo en el Mioceno-sup, durante las fases finales de una actividad volcánica andesítica compleja. Los sistemas geotermales activos son prototipos modernos de los sistemas antiguos, los cuales concentraron metales en las partes superiores para formar depósitos minerales epitermales. El estudio de los sistemas geotermales ha permitido conocer mejor los procesos fisico-químicos que gobiernan el flujo a la superficie, la deposición de minerales, la alteración hidrotermal, la composición de los fluidos etc. Debido a estas observaciones los depósitos minerales epitermales en rocas volcánicas silíceas a andesitas han sido subdivididas en dos importantes y diferentes ambientes hidrotermales relacionados con el vulcanismo; los dos tipos distinguidos, principalmente en base a la mineralogía de la alteración hidrotermal y de las vetas son: tipo Adularia-Sericita y tipo Acido-Sulfato.

El depósito mineral de Caudalosa Grande; propiamente Caudalosa-Candelaria- Bonanza es del tipo Acido-Sulfato, que se

caracteriza por estar relacionado con un domo volcánico, por una mineralización constituida principalmente por la asociación en py (adularia escasa o ausente). La alteración hidrotermal caracterizada por una avanzada argilitización (alunita) asociada con la mineralización, a veces también con la silicificación. El Au nativo y electrum están asociados con los sulfuros, sulfosales; hay poca bismutinita y rodocrosita. Los clavos de mineral tienen gran extensión y zoneamiento vertical, cambian de en-thd en profundidad.

La asociación en-thd-py constituye la mineralización interior de Caudalosa Grande con un zoneamiento lateral, que termina en gn, ef, en una zona de falla de 9 km de longitud. La zona mineralizada exterior está representada por San Genaro, Reliquias, Dollar, Carmen, Lira; la cual tiene un zoneamiento vertical muy pronunciado, que empieza con Ag nativa, pasa a Ag rojas, luego a Ag negras y a una zona polimetálica en profundidad en donde la thd o cpy son abundantes parcialmente como en la veta Poder de la mina Beatricita-San Genaro y Carmen-Lira en La Virreyna.

Los bordes de esta mineralización exterior son también más ricos en Pb, Zn, como en San Genaro, La Virreyna e Itanayocc. El tipo Adularia-Sericita se caracteriza por estar relacionada con ambientes geológicos complejos comunmente calderas, por una mineralización de argentita, thd, Ag nativa, Au, sulfuros básicos, no hay bismutinita, adularia. La alteración hidrotermal característica es sericita-argilita.

4.1 Receptores de la Mineralización

Las rocas al ser sometidas a esfuerzos compresivos cortantes pierden su cohesión por medio de la ruptura, produciendo superficies de fractura cuya orientación está gobernada por las direcciones de los esfuerzos. Estas superficies toman formas, dependiendo de la homogeneidad y competencia de la roca.

En el Distrito de Pacococha, se pueden distinguir cinco esquemas o formas de estructuras que en algunos casos están mineralizados, motivo por el cual son las más conocidas.

Los esquemas serían:

1. **Curvas Sigmoides (cimoides):** se encuentran en los dos sistemas principales de fracturamiento. Se caracterizan por un cambio notorio (en la mayoría de los casos de 5° a 7°), lo que ocasiona una respuesta tensional reflejada en un ensanchamiento de la estructura al final de la curva; ésto dependiendo del sentido de movimiento de las cajas.

2. **Lazo Sigmoide:** se caracteriza por una bifurcación de la setructura principal en dos ramales más angostos pero de potencia relativamente uniforme. Existe un leve cambio de rumbo y potencia al unirse nuevamente los ramales.

3. **Unión en doble Eslabón:** esta unión se caracteriza, al igual que los lazos sigmoides, por una bifurcación de la estructura principal, pero aquí, existe un estrangulamiento de los ramales, tanto en la zona de división como en la de unión.

Estos tres esquemas representan diferentes estados de una deformación-fracturación, producto de esfuerzos de cizalla como respuesta a los esfuerzos compresivos, las fuerzas tensionales producen estructuras particulares, que se caracterizan por ser poco definidas y de corta longitud.

4. **Cola de Caballo:** son una serie de ramales que se curvean lateralmente al final de una veta principal. Este esquema está representado en la veta Dollar, donde ésta entra a una zona tensional, en donde se descomponen los esfuerzos de cizalla.

5. **Fracturas Tensionales:** son grietas cuyas paredes se han abierto, separándose en dirección normal o subnormal del plano de la grieta.

La presión del magma y de las soluciones puede ser un agente activo en la separación de las paredes, por lo que se encuentran en muchos casos rellenas por cuerpos de pegmatita o mineralizados.

Estas fracturas están dispuestas, en la mayoría de los casos, a lo largo de las fallas de cizalla o uniendo dos fallas paralelas mediante una unión diagonal. Es el caso de las vetas intermedias entre las vetas Lira, Carmen y Ensueño.

4.1.1 Fracturas Abiertas Pre-Mineralización

Como ya se mencionó anteriormente, en esta zona los esfuerzos compresivos en la Fase Quechuana se traducen mayormente en movimientos horizontales a lo largo de fallas de rumbo, las cuales, según Soulas (1975) y Mégard (1979), han tenido diferentes direcciones: N45°E (Mioceno inferior), N-S (Mioceno superior) y E-W (Mioceno terminal-Plioceno).

La cobertura volcánica superior del distrito, flujos de Mioceno superior a Plioceno, ha sido afectada por los esfuerzos N-S, que al parecer en la zona fueron muy débiles, y por los esfuerzos E-W que sí originaron un fallamiento, principalmente NE-E y NW-W.

El lineamiento preferencial del vulcanismo Pliocénico es N75°E, dirección que corresponde al rumbo principal de las estructuras mineralizadas. Esto indicaría tal vez que los esfuerzos E-W actuaron en la zona ya desde el Mioceno medio a superior, gobernando la actividad volcánica, la cual fue fracturada y mineralizada en el Mioceno terminal hasta el Plioceno.

Según el diagrama de frecuencias de estructuras (gráfico 2c) se nota que el fracturamiento-fallamiento del distrito de Pacococha está distribuido en dos direcciones preferenciales: compresión actuaron siguiendo direcciones N70°-75°E y N70°-75°W. De acuerdo a esto, los esfuerzos distensivos tomarían direcciones N15°-20°E y S15°-20°W.

4.2 Composición mineralógica de las vetas

Las vetas presentan un promedio de potencias apreciables para este tipo de estructuras y los minerales primarios tanto en Candelaria como en San Pedro se ha depositado formando masas deformes, hilos y bandas angostas de potencias muy variables comprendidas entre 0.5 a 1.0 m encontrándose el espacio restante relleno por ganga formada por carbonato y cuarzo. En ambas vetas la potencia de las bandas mineralizadas está relacionada con la potencia de la fractura y su buzamiento.

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 las vetas.

En las estructuras "anillo simoide", los ramales han sido mineralizados, siendo sus extremos pobres o estériles y en la unión de los ramales a veces es muy escasa preséntandose buena mineralización al centro del ramal.

La mineralización dentro de la estructura "en echelon" 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 es en forma de "clavos" o masas, más o menos tabulares, corta en una dimensión y relativamente grande en las otras dos.

La mineralización de Candelaria es principalmente tetrahedrita, con cantidades menores de esfalerita, jamesonita, oropimente, rejalgar, cuarzo etc.

Los minerales que se encuentran en las minas de la Corporación son del mismo tipo en todas, con la diferencia de mayor predominancia en una que en otras y se clasifican en:

A. *Minerales Comerciales*

Son los minerales que se explotan económicamente, ellos son:

- tetraedrita
- galena
- esfalerita (blenda)
- calcopirita
- estibina
- rejalgar
- polibasita
- covelita
- enargita
- famatinita
- luzonita
- jamesonita
- marcasita

B. *Minerales no Comerciales*

Llamados también gangas, y son:

cuarzo
pirita
calcita
dolomita
yeso
baritina
rodonita
rodocrosita

Hay dos zonas argentíferas perfectamente definidas, Candelaria con thd y Reliquias con Ag rojas. En la zona de Candelaria se han reportados los siguientes minerales Colorado School of Mines 1980(I); Cánepa 1980b(II); Gaviño 1980 (III)

MENA	I	II	III	GANGA
Bournonita	x		x	cuarzo
Chalcopyrita	x		x	baritina
Enargita	x	x	x	limonita
Esfalerita	x	x	x	oropimente
Luzonita			x	pirita
Famatinita	x	x		rejalgar
Galena	x	x	x	rodocrosita
Jamesonita	x			silice
Miargirita				
Polibasita			x	
Tetrahedrita	x	x	x	
Sartorita	x			
Stromeyerita			x	
Au	x		x	



Foto No. 1: esfalerita corroída por cgrs que contiene abundantes inclusiones de cpy y sfsAg, pearcita (pea).

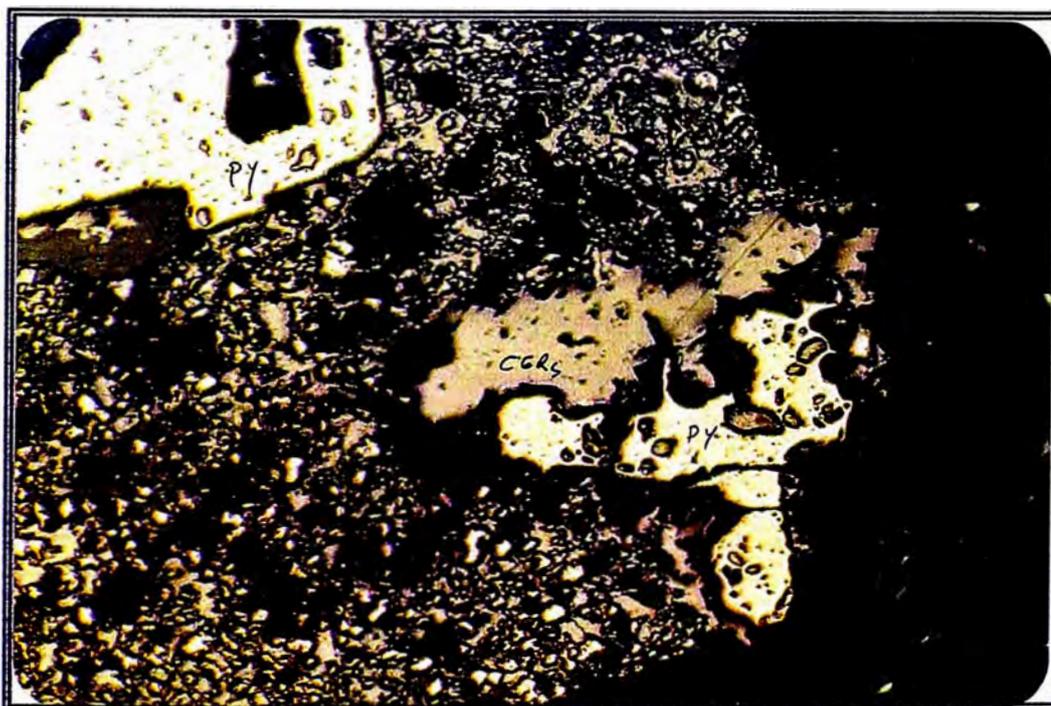


Foto No. 2: py y cgrs, relícticos, fuertemente corroídos por un agregado de gn más sfs Ag. La intensa corrosión forma una microbrecha de fragmentos de py, de tamaño fino. Obsérvese las abundantes inclusiones de gn y/o sfs Ag dentro de los granos grandes de py.

4.3 Rocas Encajonantes

Toda el área es subyacida por estratos horizontales de rocas volcánicas, la mayoría de las cuales son andesíticas. Ellos incluyen lavas, obsidianas, brechas de flujo, tufos y tufo-brechas. Casi las dos terceras partes son flujos de lavas andesíticas de 5 a 50 metros de potencia. Ellos son comúnmente microporfiríticas, pero también son macroporfiríticas y contiene fenocristales de plagioclasa de 2 a 5 mm de largo. Tres conductos volcánicos de andesita de grano fino los cuales probablemente marcan las formaciones de conductos volcánicos, eran reconocidos.

Interdigitados con los flujos están las capas delgadas y lentes de brecha de flujo andesítico. Son verde grisáceo a morado grisáceo y son de dureza media a baja. Los fragmentos son de 1 a 100 cm cruzados y son conjuntados en una matriz de andesita conteniendo tanto como un 20% de material piroclástico. El contacto entre las brechas de flujo y las lavas englobadas son vagas altamente irregular, y comunmente gradacional. Mientras como las brechas eran formadas por fracturamiento y asimilación de crestas endurecidas de los flujos de lava, las brechas eran encontradas no solamente entre los flujos individuales, pero también dentro de los flujos mismos. Las brechas son más abundantes en la parte oeste del área.

Los tufos-brecha y tufos son encontrados en todo el fistrito en capas extensas tanto como en pequeños lentes; ellos son más abundantes en las partes este y sur del distrito que en cualquier otra parte. Los tufos-brechas son: gris, verde, morado, o rojo y consiste principalmente de lava o rocas piroclásticas en una matriz de fragmentos vidriosos. Los tufos son similares pero prácticamente no contienen fragmentos mayores a 0.5 mm. La mayoría de esas rocas son andesíticas en composición, pero también rocas piroclásticas dacíticas y riolíticas eran vistos en muchos lugares cerca a las periferias del distrito. La unidad más importante de las rocas piroclástica es una capa de tufo andesítico y tufo brecha que afloran por más de 12 km entre un punto 3 km al este de San Genaro, donde hay 10 a 30 m de espesor y la mina Caudalosa Grande, donde

existe 120 m de espesor. Otro estrato de andesita piroclástica de 100 a 140 m de espesor yace 200 m encima del anteriormente mencionado y se extiende desde un punto casi al oeste de San Genaro hasta 1 km al este de Caudalosa. Una tercera capa de roca similar es encontrada en los laboreos de la mina Caudalosa Grande.

El oeste, sur y este del distrito rocas de flujos dan extensivas capas de tufos lapillicos, predominantemente andesítico, pero también dacítico y riolítico.

La obsidiana probablemente de composición andesítica, era vista en varias partes cerca a la parte este del distrito.

4.4 Alteración Hipógena de cajas

La alteración de las rocas encajonantes es más acentuada en los lugares donde se encuentran los lugares más ricos y en las zonas de mayor fracturamiento, siendo las principales alteraciones sufridas por las paredes de las fisuras la silicificación, y "cenicitización" no habiendo fenómenos de reemplazamiento o metasomatismo.

La silicificación y caolinización ha formado zonas de panizo producidas por los movimientos de las cajas. La cenicitización es reconocida pero en menor amplitud que la caolinización y también ha sufrido alteraciones mecánicas.

Otra alteración de las cajas debido a las aguas descendentes de naturaleza ácidas, es la formación de "alumita", que se encuentra mayormente en las paredes del nivel 570 en las dos vetas. Esta sal presenta colores de blanco amarillento en masas terrosas porosas de sabor agrio astrigente.

4.5 Posible Cuadro Paragenético

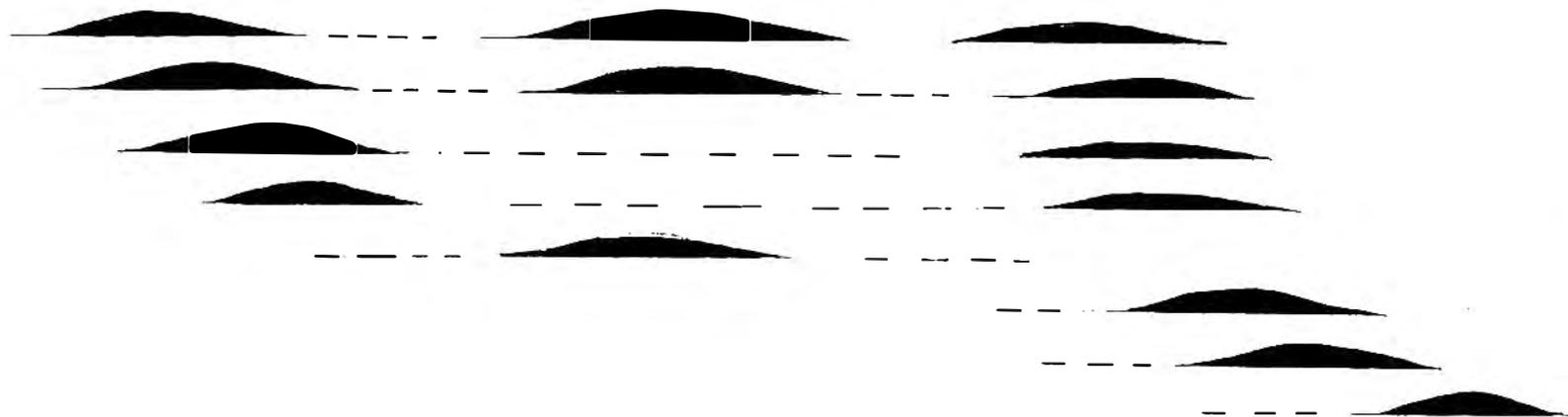
La paragénesis del yacimiento de acuerdo al orden de la deposición es mostrado en la figura 11.

Los minerales presentes en esta zona pertenecen al grupo de sulfuros ácidos (enargita-tetrahedrita-tipo de oro)

Estos depósitos son sistemas de vetas de enargita-tetrahedrita-oro teniendo avanzada alteración argilica

POSIBLE SECUENCIA PARAGENETICA
DEL YACIMIENTO

CUARZO
PIRITA
ESFALERITA
GALENA
SULFOSALES
CALCOPIRITA
RODOCROSITA
BARITA



————— TI E M P O —————

Revisado: F. Llerena B.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
Geología: F. Llerena B.	SECUENCIA PARAGENETICA DEL YACIMIENTO	PLANO
		No. 9

caracterizada por abundante alunita. Los principales minerales son enargita, tenantita-tetrahedrita, oro nativo, electrum, bournonita, bismutinita, plata-bismuto, sulfosales, estibina, y sulfuros de metal base. Los minerales ganga son cuarzo, pirita, baritina, siderita, rejalgar, oropimente. La temperatura de los fluidos hidrotermales varían desde 270° a 325° (Caudalosa).

Minerales hipógenos incluidos en orden de abundancia: galena, esfalerita, tetrahedrita, tenantita, jordanita, chalcopirita, estibina, pearcita, polibasita, pirargirita, proustita, enargita, famatinita, boulangerita, bournonita y argentita.

Los depósitos minerales del distrito pertenecen a zonas epitermal, leptotermal, y mesotermal. Esas zonas son representadas aproximadamente por los depósitos de los tres principales centros y sus respectivos subcentros. Los depósitos de San Genaro y Rápida son epitermales, aquellos de Caudalosa, Madona y Reliquias son leptotermales, y aquellos de La Virreyna son mesotermales.

Los depósitos leptotermales contienen galena, esfalerita, jordanita, tetrahedrita, tenantita, chalcopirita, estibina, pearcita, polibasita, pirargirita, proustita, enargita, famatinita, boulangerita, bournonita y argentita. Y en ganga de cuarzo, pirita, baritina, rodocrosita, calcita, marcasita, arsenopirita, hematita, rejalgar, caolin, y sericita. Varios minerales típicos de depósitos epitermales eran depositados durante la última etapa de mineralización. El material de veta es compacto, de grano medio y muestra bandeamiento simétrico y asimétrico. Los vugs no son abundantes.

Las vetas de la mina Caudalosa muestran cuatro etapas distintivas. En la primera etapa pirita, galena, esfalerita, y enargita eran depositadas. Durante la segunda etapa pirita, esfalerita, y chalcopirita eran reemplazados por bournonita y boulangerita, y la enargita era reemplazada por la famatinita. La tercera etapa era marcada por la conversión de los minerales de Plomo a Jordanita, el reemplazamiento de los minerales de cobre por tetrahedrita, y la deposición de la pearcita y proustita. La cuarta etapa era caracterizada por la deposición de estibina, rodocrosita,

pirargita y polibasita en oquedades y posteriores fracturas. La primera y la tercera etapa son esencialmente arsénicas, mientras que la segunda y la cuarta son antimónicas.

Se cree que todos los depósitos en el distrito tienen una fuente común, un elongado plutón no aflorante, y que el zoneamiento observado es una función de la distancia entre la fuente y el depósito. Si esto es así, los minerales dentro de una veta particular deberían demostrar un arreglo zonal, los minerales de mayor temperatura ocurriendo en grandes profundidades, cerca a la fuente plutónica. En la mina Caudalosa dos zonas son reconocidas, la zona epitermal en las partes superiores de las vetas caracterizada por estibina, rodocrosita, proustita y pirargirita y la zona leptotermal en la parte central e inferior de la mina caracterizada por la jordanita, enargita, famatinita, boulangierita, y bournonita. En grandes profundidades esas vetas podrían ser similares a las vetas mesotermales del área de La Virreyna.

4.6 Falla Post-Mineralización

Las cuales están caracterizadas por ser del tipo relacionadas con la del último intervalo de la Tectónica Andina Quechua III (cuarta fase); y que en la mayoría de los casos han actuado como delineadores de los clavos mineralógicos de las principales asociaciones mineralógicas. Dichas fallas a su vez, favorecieron el emplazamiento de cuerpos intrusivos menores.

Existiendo además fallas subhorizontales las cuales han causado, el desplazamiento de las vetas y ramales, algunas de las direcciones preferenciales son mostrados en la figura 9.

4.7 Columnas Mineralizantes

Se llaman columnas mineralizantes las áreas de menas ricas en el seno del filón metalífero; a menudo tienen, en efecto, forma de columna, pero a veces poseen contornos más complicados de las manchas de una mineralización concentrada en el fondo general mucho más pobre de la juntura filoneana. Entre las columnas metalíferas se distinguen dos categorías: *morfológica* y de *concentración*. Las

de primera categoría forman abultamientos del filón metalífero compuesto por mena rica. Las columnas de la segunda categoría están contorneadas por áreas de mena de una alta concentración que nos están relacionadas con el aumento del espesor del filón. Las columnas de ambas categorías pueden estar orientadas de modos diferentes en el plano de filón. Pueden estar erguidas, en pendiente suave e inclinadas con distintos ángulos.

En el caso de la veta Candelaria Segunda se ha determinado en base a altos valores de leyes 3 posibles clavos mineralizantes:

1° : Localizado en la parte E a partir del P-3E hacia la coordenada 1500E. La cual es caracterizada por un tipo de mineralización de Cu-Ag.

2° Localizado en la parte Oeste, aproximadamente en la coordenada 1700-1800 Oeste, y con un tipo de mineralización Pb-Zn.

3° : Localizado a partir de la coordenada 2000-2200 Oeste. Siendo el tipo de mineralización del mismo tipo del segundo clavo es decir Pb-Zn.

En el caso de la veta Candelaria Segunda podemos observar que dichas columnas tienen una pendiente casi-vertical, lo cual es apreciable desde el nivel superior (Nivel 712), hasta el nivel inferior en la actualidad (Nivel 490).

CAPITULO V

5.1 Metodología de muestreo

5.2 Poblaciones de leyes Ag, Cu, Pb, Zn

5.3 Estimación Estadística Clásica

5.3.1 Caracterización de la repartición

probabilística

5.3.1.1 La variable aleatoria (V.A.)

5.3.1.2 Densidad de Probabilidad

5.3.2 Caracterización de la repartición de

probabilidad

5.3.2.1 Distribución observada

5.3.2.2 Histograma

5.3.2.3 Valor medio y varianza

5.4 Estimación de Reservas Minerales

5.4.1 Determinación de Reservas Minerales

5.4.1.1 Relaciones fundamentales para el cálculo del promedio simple

5.4.1.2 Cálculo tradicional log-normal

5.4.2 Criterios de Dilución

5.5 Cálculo en la microcomputadora

5.6 Estimación Geoestadística

5.6.1 Consideraciones para el tratamiento

Geoestadístico

5.6.2 Estudio estructural de las variables

5.6.2.1 El Variograma

5.6.2.2 Variable Regionalizada

5.6.2.3 Cálculo del Variograma

5.6.2.4 Modelización de los variogramas

5.6.2.4.1 Características del variograma

5.6.2.5 Fluctuación de la variable y estimación de errores

5.6.2.5.1 Varianza de estimación

5.6.2.5.2 Varianza de Dispersión

5.6.3 Configuraciones

5.6.3.1 El Soporte

5.6.3.2 Configuraciones Presentes

5.6.4 El Krigage

5.6.4.1 Sistema de Krigage

5.6.4.2 Krigage Práctico - según las configuraciones

5.6.4.2.1 Configuración 1

5.6.4.2.2 Configuración 2

**5.6.4.3 Sistematización de Procesos por
Quatro Pro**

5.1 Metodología de muestreo

La metodología de muestreo es de la siguiente manera:

Localización tomando como referencia un punto topográfico conocido.

Medición de la potencia de la estructura mineralizada dándole un pequeño margen para tomar en cuenta la dilución de la estructura.

Se hacen canaletas, perpendicular a la dirección de la estructura; con suficiente cantidad de muestra para hacer un buen cuarteo in-situ, debiéndose indicar que se recomienda a los muestreros, no sacar únicamente el material suave, ya que ello nos induciría a sobreestimar las leyes.

Posteriormente se llena la tarjeta especial de muestras, repitiéndose este proceso cada 2 m en galerías enviándose luego a laboratorio para el análisis respectivo.

El procedimiento en chimeneas varía ligeramente ya que se debe hacer canaletas en las cajas, que son perpendiculares a la estructura mineralizada. Siendo el resto del procedimiento similar al de galerías.

Además de estos muestreos se hace en los subniveles de explotación, muestreo de carga, y en ocasiones propiamente en la planta previo a su tratamiento.

5.2 Poblaciones de leyes de Ag, Cu, Pb, Zn

Las poblaciones de Ag, Cu, Pb, Zn fueron obtenidos de los resultados de ensayos de muestreo de laboreos, y en todas ellas la tendencia general de la población muestra un comportamiento de distribución lognormal.

Dichas poblaciones difieren sustancialmente con el comportamiento casi normal de las potencias, por lo cual se tuvo en cuenta para las siguientes etapas de la estimación de reservas; especialmente cuando se tuvo que trabajar en la simulación de valores.

Cabe indicar además que cada una de las poblaciones tienen un distinto comportamiento cuando se hizo los cálculos de los momentos

de segundo orden (tal como covarianza, variograma).

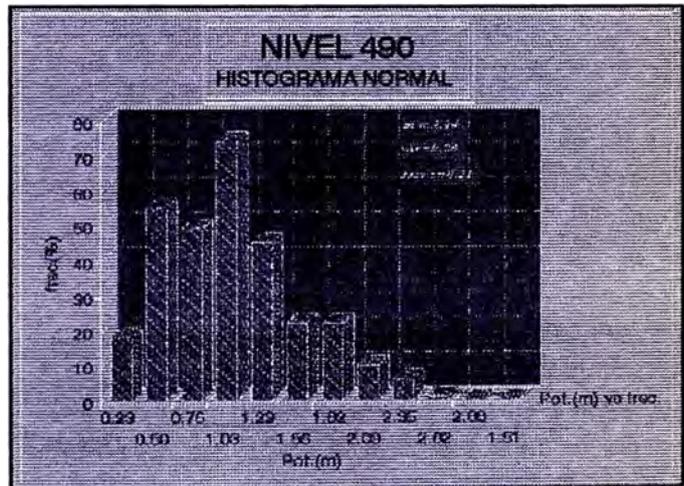
Por lo cual es necesario, antes de iniciar, cualquier tipo de estimación o procesos precedentes el poder determinar con la mayor precisión y criterio, la mejor metodología, debiéndose para ello, asumir las características más saltantes de dichas poblaciones.

A su vez, es imprescindible para este tipo de depósito polimetálicos el poder determinar, las interrelaciones exactas entre los minerales (tipo de correlación: lineal, no-lineal, multivariable etc); lo cual incluye complejas matrices matemáticas.

5.3 ESTIMACION ESTADISTICA CLASICA

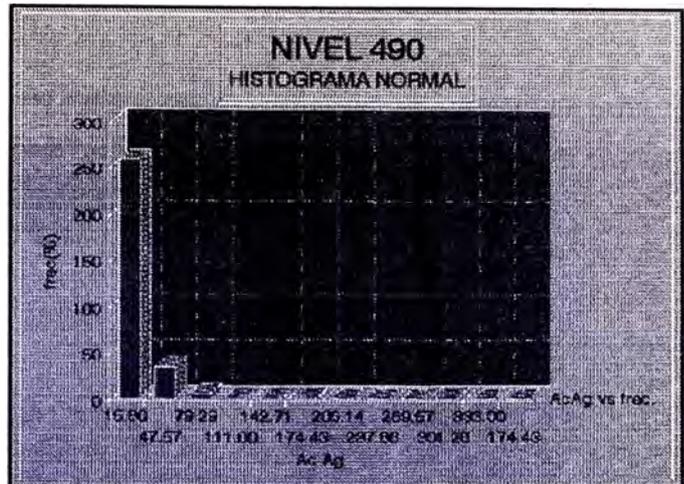
5.3.1 Caracterización de la repartición probabilística

La caracterización de la repartición pobabilística de las leyes son del tipo lognormal, siendo ello debido en ocasiones a altos erráticos, cabe recalcar que hemos creído conveniente hacer dichos análisis utilizando acumulados de leyes en lugar de leyes únicamente. Algunos gráficos se mostrarán para notar la lognormalidad de dichas distribuciones. También se debe precisar, se diseñaron gráficos correspondientes, de la distribución de los acumulados a lo largo de las labores, los que en ocasiones nos muestran similitudes con sus correspondientes en niveles inferiores.

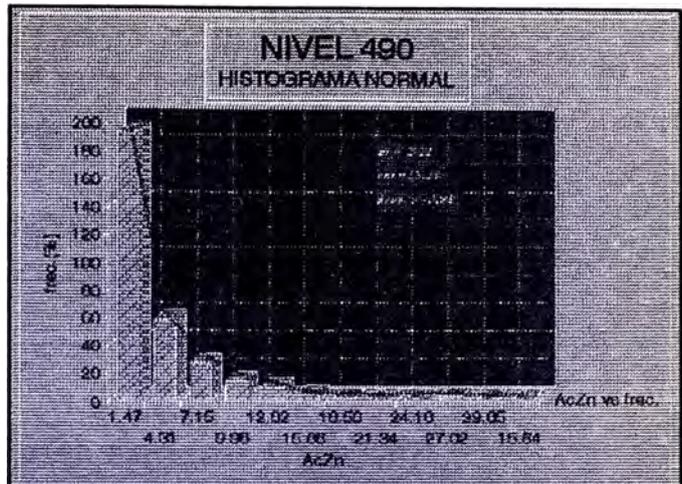


HISTOGRAMA : para Potencia en valores de distribución normal

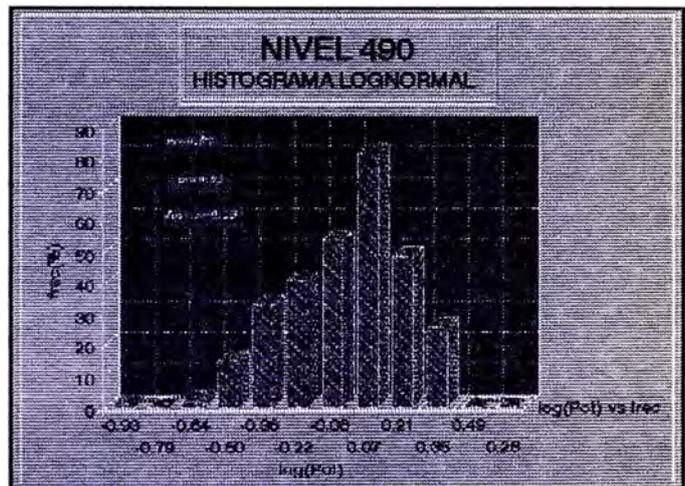
HISTOGRAMA : para Acumulado de Ag en valores de distribución normal.



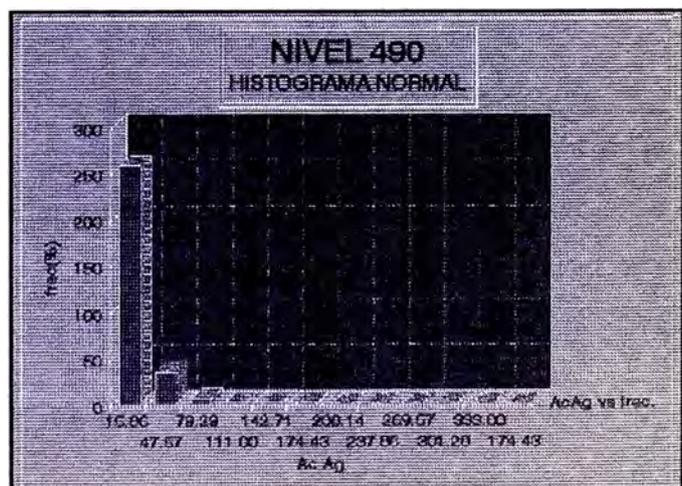
HISTOGRAMA : para Acumulado de Zn en valores de distribución normal.



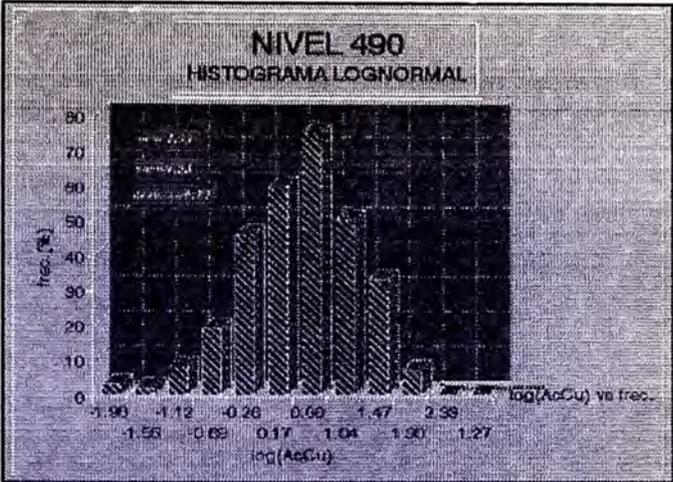
HISTOGRAMA : para Potencia en valores de distribución lognormal.



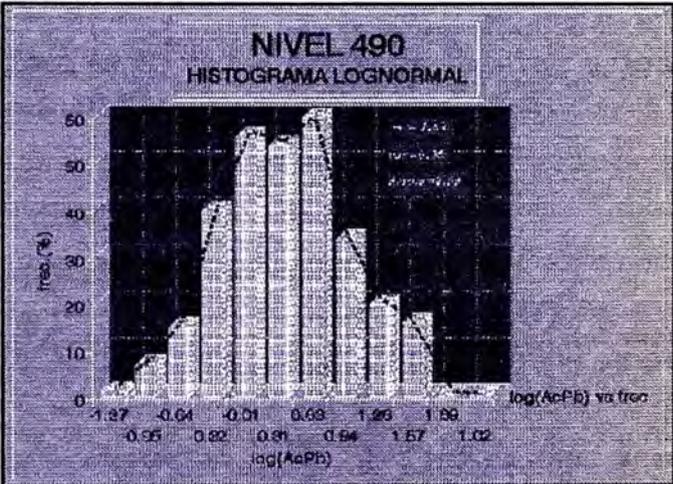
HISTOGRAMA : para Acumulado de Ag en valores de distribución lognormal.



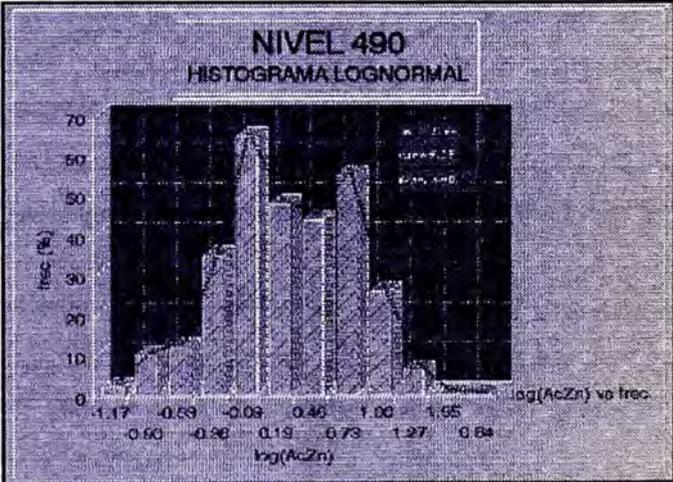
HISTOGRAMA : para Acumulado de Cu en valores de distribución lognormal.



HISTOGRAMA : para Acumulado de Pb en valores de distribución lognormal.



HISTOGRAMA : para Acumulado de Zn en valores de distribución lognormal.



5.3.1.1 La Variable Aleatorio V.A.

El concepto de variable regionalizada (V.R.)

Hemos visto que la información disponible para un yacimiento es de dos aspectos:

Un aspecto cualitativo hecho de conclusiones geológicas que tendrán una gran importancia para escoger el tipo de modelo.

Un aspecto cuantitativo con las leyes de los taladros

Este aspecto cuantitativo puede traducirse matemáticamente como una función del espacio a valores positivos.

Esas funciones tienen la propiedad de tener un soporte finito (el yacimiento es finito), y, presentan las dos características siguientes:

1. Una gran irregularidad local: esas fluctuaciones imprevisibles son el aspecto "aleatorio" del fenómeno.
2. Una estructura a escala más grande el geólogo, el minero conoce las "zonas ricas", o "pobres" del cuerpo mineralizado: la función presenta comportamientos bien diferenciados según los sitios.

Esas funciones a la vez estructuradas y erráticas son generalmente llamadas "variables regionalizadas" (V.R.). Hemos visto con el ejemplo de "trend surface analysis" que esos dos aspectos son inseparables (grado del polinomio) y para guardar con nuestro modelo topo-probabilístico esta característica, se utilizará el concepto de Función Aleatoria: la variable regionalizada será considerada como una realización parcial de esta función.

Función Aleatoria: una F.A. es una función que asocia a un punto x del espacio una variable aleatoria (V.A.) $Y(x)$

Existen dificultades de inferencia estadística, porque normalmente, una F.A. es definida por su "ley temporal".

Es necesario introducir Hipótesis restrictiva que disminuyan el número de parámetros a estimar, y permitir inferirlos a partir de los datos. La elección de esta

hipótesis y del modelo mismo no es fija y única, y se hará según el objetivo real de la modelización.

En depósitos minerales, la ocurrencia de secciones de leyes altas y leyes bajas, hacen la ley mineral una variable regionalizada. Más aún, cuando sea que las circunstancias lo permitan, las técnicas mineras de tomar muestras en intervalos regulares, más que "aleatorizando" deliberadamente su información por toma de muestra en lugares aleatoriamente seleccionados.

5.3.1.2 Densidad de Probabilidad

Si la variable aleatoria puede tomar cualquier valor, $p(x=t)$ representa la probabilidad de que x tome el valor t y $p(a < x < b)$ o simplemente la probabilidad de que tome un valor t en el intervalo $a < t < b$.

En el caso de una curva continua, no es posible asignar una probabilidad $f(x)dx$ a un segmento diferencial $(x, x+dx)$, en que $f(x)$ recibe el nombre de "densidad de probabilidad". Por lo tanto,

$$p(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x)dx = F(x_2) - F(x_1)$$

Haciendo $x_1 \rightarrow -\infty$ y $x_2 = a$

$$p(x \leq a) = F(a) = \int_{-\infty}^a f(x)dx$$

y haciendo, en, esta última $a \rightarrow +\infty$, nos queda,

$$p(-\infty < x < +\infty) = 1 = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx$$

Por lo tanto, si la variable "ley en metal" es continua y definida sobre cierto intervalo AB (finito o infinito, cada punto de la abscisa x estará asociado a una "densidad de probabilidad" $f(x)$). Las probabilidades están representadas por áreas comprendidas entre las curva y el eje x . En el caso de que:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1 \quad \text{ó} \quad \int_A^B f(x)dx = 1$$

$f(x)$ define una ley de probabilidad continua.

Si la "ley en metal" es discontinua, a cada valor a_i tomado por la variable x_i estará asociada a una probabilidad $p(a_i)$, de modo que:

$$0 < p(a_i) < 1$$

Así, denominado

$$\sum_{k=1}^{K=N} p(a_k) = \sum_{k=1}^K p(a_k) = 1$$

En el caso de contar con una serie de valores discretos en la que la variable x toma n_i veces el valor x_i , la presentación de los valores obtenidos por la variable consistente en agrupar los valores de acuerdo al número de observaciones que presentan esos valores, define lo que se denomina "distribución estadística"

5.3.2 Caracterización de la repartición de probabilidad

El conocimiento aproximado de una repartición lineal se hace en base a:

- Un parámetro que proporciona una idea del punto medio de la repartición: el valor medio.

- Un parámetro que proporciona una idea de la dispersión de la repartición alrededor del valor medio: la varianza.

Luego vemos que esta modelación probabilística debe ser adaptada al fenómeno estudiado, y en particular tomar en cuenta su doble aspecto estructurado y errático. Eso nos orienta hacia la noción de variable regionalizada (VR), y la teoría de las Funciones Aleatorias (FA).

Abordamos después el problema de la elección de un modelo particular de la FA y mostramos que no depende sólo de la VR, sino también del tipo de problema que se debe resolver.

Las vías de un estimador puede ser expresado en términos de la pendiente de la curva de regresión. La vía es también una función del componente aleatorio del variograma y puede ser expresado en términos del efecto de pepita E :

$E = (\text{Componente Aleatorio de la varianza}) / (\text{Componente espacial de la varianza})$

5.3.2.1 Distribución observada

Los valores estadística correspondiente a la muestra obtenida del yacimiento o región recibe el nombre de "distribución observada". La distribución estadística que corresponde a todo el espacio de interés se denomina "distribución verdadera". La distribución verdadera (que es la que nos interesa) es imposible de conocer (salvo en el caso de una observación del 100% de las partes). Sin embargo, es posible llegar a ciertas conclusiones sobre la distribución verdadera si la muestra obtenida puede ser considerada como formada por elementos escogidos al azar en todo el yacimiento. En efecto, si la distribución verdadera se conociera, el cálculo de probabilidades permitiría sentar conclusiones sobre las características de una muestra cualquiera; inversamente, y este es el objeto de la estadística cuando la distribución verdadera es desconocida, es igualmente posible a continuación del examen de la muestra, inferir ciertas propiedades de la distribución verdadera a partir de la distribución observada.

5.3.2.2 Histogramas

Cuando la característica en estudio x (le en metal, por ejemplo) es susceptible a tomar una serie continua de valores se procede a agrupar las observaciones dividiendo el intervalo (a,b) dentro de la cual la variable x puede variar, en intervalos parciales o clases $(a,a_1)(a_1,a_2) \dots (a_{n-1}, b)$. Se determina el número de observaciones que corresponden a cada clase (o intervalo).

La frecuencia relativa del intervalo a_{i-1}, a_i , es el número $f_i=(n_i/N)$. Si se constituye sobre cada intervalo (a_{i-1}, a_i) , un rectángulo de superficie igual a la frecuencia f_i se obtendrá el histograma de la distribución observada.

5.3.2.3 Valor medio y varianza

El *valor medio* (o abscisa del centro de gravedad de la repartición) está dado por la suma de los valores de la

variable ponderada por sus respectivas probabilidades. Es decir,

$$m = E(x_i \cdot p_i) \quad (\text{caso discreto})$$

$$m = \int xf(x)dx \quad (\text{caso continuo})$$

La varianza (o momento de inercia de la repartición) está dado por:

$$V = E(x_i - m)^2 \cdot p_i \quad (\text{caso discreto})$$

$$V = \int (x - m)^2 f(x)dx \quad (\text{caso continuo})$$

Todo valor medio también recibe el nombre de Esperanza Matemática (E.M.) que es un operador que presenta las siguientes propiedades:

a) La E.M. de una suma de V.A. es igual a la E.M. de cada una de las V.A.

$$E(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = E(x_1) + E(x_2) + \dots + E(x_n)$$

b) La E.M. del producto de una V.A. por una cierta constante es igual al producto de la E.M. de la V.A. por la constante.

$$E(kx) = kE(x)$$

La desviación típica y el coeficiente de variación son otros dos parámetros que definen una distribución de probabilidad. La desviación típica está dado por \sqrt{V} , y el coeficiente de variación por $C = \sigma/m$.

5.4 Estimación de Reservas

Para propósitos de estimación existen variados criterios que pueden proporcionar una medida o un estimador de una característica bajo estudio l que realmente hace la diferencia entre un criterio y otro, sin embargo, es la precisión de estas estimaciones y la desviación que las afecta. Por precisión entendemos la aproximación que existe entre el valor de nuestras estimaciones y el valor real desconocido que esperamos medir. Por desviación entendemos las fluctuaciones de nuestras estimaciones con respecto a su valor esperado. Así un estimador puede ser preciso y estar afecto a

una gran desviación. Y de modo contrario, un estimador puede ser poco preciso y estar afecto a una muy pequeña desviación.

5.4.1 Determinación de Reservas Minerales

En la estimación de reservas, por ejemplo, existen, varios criterios frecuentemente utilizados en la práctica minera. El *método seccional* por una parte, consiste en la consideración de varias secciones consecutivas de un depósito las que se estiman ponderando, primero, los promedios de muestras existentes en esa sección por la porción seccional que les corresponde y, luego, ponderando estas secciones por los volúmenes a los que esas secciones se encuentran asociados.

El *método poligonal*, por otra parte, consiste en una superposición de un sistema de polígonos adyacentes sobre la superficie del depósito de modo tal que cada polígono resulta asociado a uno de los elementos de muestreo. El método del *inverso de la distancia* es también frecuentemente utilizado y consiste en la consideración de varias muestras para la estimación de un bloque mineral. En este caso cada muestra se pondera por el inverso de la distancia al centro del bloque, distancia que generalmente se eleva a una distancia determinada. Hemos establecido en nuestro caso el hacerlo por el primer método.

5.4.1.1 Relaciones Fundamentales ara el cálculo del promedio simple

Las relaciones para el promedio simple consiste en conocer lo siguiente:

Largo del panel (l): que es determinado por el geólogo en base a su propio criterio.

Altura del panel (h): del mismo modo que el anterior.

Ancho del panel (a): que es un ancho promedio de las muestras pertenecientes al panel.

Ley media de mineral (m): que es calculada de la

siguiente manera:

$$\text{Ley de mineral (m)} = \Sigma^n \text{acum}_i / \Sigma^n \text{pot}_i$$

Peso Específico (P.e.) = determinado de acuerdo al contenido de ley de metal, en ciertos rangos. En nuestro caso dicho rango está entre los 2.3 a 3.0 gr/cm³.

Dilución: en nuestro caso al no llevar una estadística apropiada de las diluciones puntuales para cada muestra se asume una dilución promedio de 0.30 m.

$$\text{Ley Diluída (m}_{dil}) = \Sigma^n \text{acum}_{dil} / \Sigma^n \text{pot}_{dil}$$

$$\text{Tonelaje} = m_{dil} * l * h * \text{P.e.} * a_{dil}$$

5.4.1.2 Cálculo tradicional log-normal

Las relaciones para el promedio simple consiste en conocer lo siguiente:

Largo del panel (*l*): que es determinado por el geólogo en base a su propio criterio.

Altura del panel (*h*): del mismo modo que el anterior.

Ancho del panel (*a*): siendo la distribución de las potencias generalmente normal, se aplica el mismo criterio que el cálculo simple es decir un ancho promedio de las muestras pertenecientes al panel.

Ley media de mineral (*m*): siendo la distribución de las leyes de tipo lognormal se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ley Acumulado} = e^{(\Gamma + \sigma^2 / 2)}$$

Siendo:

$$\Gamma = \Sigma \log(x_i) / n$$

$$\sigma^2 = \Sigma (\log(x_i) - \Gamma)^2$$

$$\text{Ley de mineral (m)} = \Sigma^n \text{acum}_i / \Sigma^n \text{pot}_i$$

Peso Específico (P.e.) = determinado de acuerdo al contenido de ley de metal, en ciertos rangos. En nuestro caso dicho rango está entre los 2.3 a 3.0 gr/cm³.

Dilución: en nuestro caso al no llevar una estadística apropiada de las diluciones puntuales para cada muestra se asume una dilución promedio de 0.30 m.

$$\text{Ley Diluída (m}_{dil}) = \Sigma^n \text{acum}_{dil} / \Sigma^n \text{pot}_{dil}$$

$$\text{Tonelaje} = m_{\text{dil}} * l * h * P.e. * a_{\text{dil}}$$

5.4.2 Criterios de Dilución

El criterio de dilución que se utiliza en la mina es 0.20 a 0.30 m, dependiendo esencialmente del tipo de cajas presentes, este criterio es mayormente útil para los cálculos de cubicación. Esto, es generalmente tomado en cuenta en las operaciones de minado, en el cual hay problemas cuando hay presencia de zonas de debilidad de las rocas caja.

5.5 Cálculo en la microcomputadora

El cálculo realizado en la micro-computadora, es desarrollado en la hoja de cálculo Quatro-Pro 5.0, los cuales dieron lugar a la generación de las distintas macros las se esquematizan el siguiente Cuadro. Para un mejor entendimiento se hace ver en el anexo el listado y resultados de las funciones visualizadas en pantalla.

5.6 Estimación Geoestadística

Los siguientes párrafos tienen el objetivo de analizar el problema de las estimaciones o simulaciones de un yacimiento, y justifican el empleo de los métodos cuantitativos y probabilísticos utilizados en Geoestadística.

Se suponen aquí que ya se conocen las bases de ésta técnica geoestadística, y este artículo se orienta mayormente a personas, geólogo, mineros con énfasis en matemáticas, que son especializados en la resolución práctica del problema de cálculo de reservas.

Nuestra demostración tiene su origen en tres constataciones preliminares.

1. El Yacimiento nunca es enteramente conocido
2. No existen modelos determinísticos en micro-geología

El problema de la extensión de una información parcial al fenómeno entero, tiene en teoría una solución única, si existe un modelo determinístico que toma perfectamente en cuenta las

leyes de la naturaleza. Es el caso de varias discde galeria o chimenea (o todo un sector homogéneo) en 3 columnas, la primera de potencias sin diluir, la segunda de potencias diluídas, según el criterio mencionado, y la tercera de los acuiplinas de loa física, mecánica, astronomía etc. Se puede también considerar que existen en macro-geología, que proponen modelos de formación de montañas, yacimientos etc.

Pero al nivel del metro, o del decámetro, tales modelos explicativos no existen, porque los factores locales son múltiples y desconocidos en la mayoría de los casos.

Es desde esta constatación de la no existencia actual de modelos explicativos micro-geológicos que se comprende que la extensión necesaria de la información hasta el objetivo buscado no puede ser otra que una aproximació, una extrapolación.

3. El contexto económico necesita un control de la calidad de la aproximación.

Esta tercera constatación explica la necesidad de controlar la calidad de las aproximaciones y extrapolaciones hechas a partir de la información, y explica también la sofisticación progresiva de las técnicas de estimación, planeamiento y explotación.

Modelos Monoscópicos

En las cuales se especifican sólo los parámetros que se necesitan para la resolución del problema práctico dado, es decir:

Estimación global o local

Simulación

Selección etc.

Entonces los modelos monoscópicos dependen del problema y la primera calidad que deben verificar en su carácter operacional. Deben cumplir con otras condiciones, tal que:

a. La inferencia estadística de los parámetros que definen el modelo debe ser posible.

b. El modelo debe ser compatible con los datos

experimentales.

c. La mejor probación de la calidad de un modelo es la comparación de sus resultados con la realidad.

La intervención de la geología es aquí al nivel del campo geográfico de validez del modelo (mineralización continua o por lentes etc) y, de la adecuación del tipo de modelo al tipo de yacimiento.

Los conocimientos cualitativos tienen bastante importancia en la elección del modelo genérico, porque esos modelos no se pueden probar estadísticamente.

Pero si tenemos la libertad de escoger cualquier tipo de modelo, la especificación de sus parámetros, función de la información cuantitativa disponible puede ser problemática e imposible.

Entonces es más razonable escoger el modelo adecuado a los conocimientos del yacimiento lo más simple posible, lo que permite evitar cálculos largos para la inferencia de sus parámetros.

Con el punto (b) se hace la especificación de los parámetros del modelo genérico escogido. Sabemos que sus inferencias son posibles, luego hay que estimarles de tal modelo están de acuerdo con la información disponible. Esta etapa es la más importante de un estudio geoestadístico (análisis estructural) es aquí donde se hace la hipótesis anticipada del tipo exacto de estructura del fenómeno, con la definición del variograma, covarianza etc. Hablamos de la hipótesis anticipada, porque estos parámetros son inferidos sólo con una información parcial, y les extendemos a todo el fenómeno.

Entonces, en la práctica, no utilizamos tests estadísticos en geoestadística, pero si unas reglas semi-empíricas de "buen sentido, y sobre todo la información cualitativa dada por los estudios geológicos. Ello nos permite, muchas veces de decidir si los parámetros inferidos con la información cuantitativa son bien adecuados al

fenómeno.

Es implícito que los modelos elegidos deben ser los más simples posibles. Para escoger un modelo geoestadístico que verifique los puntos que hemos visto, o que sea operacional, robusto, adecuado a la información y simple, se sigue generalmente la metodología siguiente:

1. Definición exacta del problema práctico.

Una metodología más positiva es de exponer el problema mismo el geoestadístico y buscar con él la herramienta más adecuada para su resolución.

2. Inventario de los métodos que pueden resolver el problema.

3. Especificación de los parámetros del modelo escogido.

4. Resolución matemática del problema, al nivel del modelo escogido.

5. Resultados numéricos de estimación (o simulación).

III. Los modelos estocásticos utilizados en Geostatística

III.A La esperanza condicional

Es el mejor estimador, teóricamente posible.

Para inferir con la variable regionalizada los parámetros necesarios tenemos el problema de la unicidad de unicidad de la realización conocida del modelo de función aleatoria. Entonces es necesario, hacer una hipótesis de estacionaridad, es decir suponer que existe un carácter homogéneo del fenómeno que se "reproduce" de cierta manera en el espacio. Esta hipótesis puede entenderse en sentido estrictamente (estacionaridad pura), o no (hipótesis intrínseca, intrínseca generalizada). Estas hipótesis pueden parecer demasiadas limitativas: la experiencia muestra que no, y que, por ejemplo, la mayor parte de los yacimientos admiten una modelización con procesos estocásticos casi estacionarios.

Modelos de Simulación

Hay problemas que no se resuelven con estimaciones, es

generalmente el caso cuando se interesa a la variabilidad del fenómeno.

Este conocimiento se puede alcanzar con simulaciones, que reproducen justamente (al nivel puntual) las características de las variaciones del fenómeno, dando los mismos variogramas e histogramas, pasando eventualmente por los puntos experimentales (estimaciones condicionales).

Las simulaciones son muy importantes al nivel de programación de explotación; permiten simular después varios métodos de explotación o tratamiento de mineral. Pueden ayudar también al geólogo, cuando él quiere visualizar el tipo de mineralización que puede encontrar, en el caso de estudios de extensión de una mina ya existente.

La realización práctica de esas simulaciones se hace con hipótesis muy parecidas a la de los modelos utilizados para estimaciones lineales. En el caso estacionario o intrínseco, con una esperanza constante, se debe también inferir el histograma de las leyes puntuales o de bloques. En el caso de simulaciones de bloques, se introducen a este nivel unas hipótesis más de estacionaridad y de tipo de conservación de ley pasando de un soporte a otro.

5.6.1 Consideraciones ara el tratamiento Geostadístico

Si bien el "modelo geológico" del yacimiento puede estar excelentemente concebido, la determinación de la cantidad de mineral y por consiguiente de metal no lo está en la misma forma que el modelo geológico, debido principalmente a dos factores:

- No se toma en cuenta el criterio del "soporte" sobre el que se definen los análisis químicos.
- No se toman en cuenta el criterio de estructura de la mineralización.

El método geoestadístico de evaluación de reservas toma precisamente en cuenta estos factores; donde por consiguiente

un valor más confiable en la determinación de:

Cantidad de mineral (función del espesor de la veta)

Cantidad de metal (función de la ley del metal en la zona mineralizada).

El estimar correctamente las reservas de mineral, porque esto implica que al planificar y ejecutar la explotación se conseguirá con ello un uso más racional del recurso natural no renovable que nos ofrece la naturaleza.

Se recomienda "sacrificar" un poco la categoría de la cantidad de metal probado, versus la seguridad obtener un tonelaje de mineral probado. Quiere decir que si tenemos un área de influencia $b > a$, trabajamos solamente con los bloques de dimensiones $a \cdot c$.

La técnica que vamos utilizar se denomina de krigage. Consiste en asignar pesos a la información de leyes analizadas, de manera de poder calcular con la precisión máximo el espesor promedio del bloque de mineral que se define con las distancias a y c .

Para la estimación del tonelaje de mineral en las otras vetas, se procede de la misma forma que el caso anterior. Como se tiene un mismo alcance y diferente efecto de pepita los únicos términos que varíen son los del término diagonal del sistema de ecuaciones de Krigeage, dando por consiguiente diferentes valores de λ .

Para depósitos de metales base, donde el rango de influencia podría ser de varios cientos de pies, las muestras en los niveles podría ser adecuado. Más aún, algunas minas podrían tomar menos muestras sin causar alguna pérdida seria de exactitud en la estimación. Utilizando la geoestadística, errores parecidos de estimación en tales evaluaciones puede ser calculada muy rápidamente.

5.6.2 Estudio Estructural de las variables

"Análisis Estructural" es el nombre dado al procedimiento de caracterización de las estructuras de la distribución

espacial de las variables consideradas (leyes, potencias, acumulaciones). En su primer e indispensable paso de algún estudio geoestadístico. El modelo de variograma actúa como un sumario cuatificador de toda la información estructural disponible, la cual es entonces canalizada dentro de varios procedimientos de recursos y evaluación de reservas. Así $\tau(h)$ establecido como una inyectiva experiencia geológica dentro de la secuencia de estudios incluidos en un proyecto minero.

5.6.2.1 El Variograma

La definición del variograma como la varianza de los incrementos enlaza las siguientes propiedades:

$$\tau(0) = 0, \quad \tau(h) = \tau(-h) \geq 0$$

El fenómeno de transición: muy frecuente, en la práctica, el semivariograma detiene de aumentar más allá de una cierta distancia y empieza a ser más o menos estable alrededor de un valor límite $\tau(\infty)$ llamado valor meseta, la cual es simplemente una varianza a priori de la Función Aleatoria.

$$\tau(\infty) = \text{Var}\{Z(x)\} = C(0)$$

En tales casos, la varianza a priori existe como lo hace la covarianza. Tales variogramas, los cuales son caracterizados por un valor meseta y un rango, son llamados modelos de "transición, y corresponde a una F.A., la cual no es únicamente intrínseca pero también estacionaria de segundo orden.

Zona de influencia: en un fenómeno de transición, algún valor $z(x)$ será correlacionado con algún otro valor cayendo dentro de un radio a de x . Está correlación γ , consecuentemente, la influencia de algún valor en el otro disminuirá como la distancia entre dos puntos incrementados. Así el rango corresponde a la idea intuitiva de una zona de influencia de una V.A.: más allá de la distancia $|h| = a$, las V.A. $Z(x)$ y $Z(x+h)$ no son más correlacionados.

Anisotropías: no hay razón para esperar que la mineralización exhibirá el mismo comportamiento en cualquier dirección, ya

que la mineralización será isotrópica. En el espacio tridimensional, x representa las coordenadas (x_u, x_v, x_w) y h representa un vector de módulo $|h|$ y dirección α . Así en forma condensada, $\tau(h)$ representa el conjunto de semivariogramas $\tau(|h|, \alpha)$ para cada dirección α .

5.6.2.2 Variable Regionalizada

Cuando una variable es distribuída en el espacio, se dice ser "regionalizada". Tal es una variable es usualmente característica de un cierto fenómeno, como leyes de metales, por ejemplo son característicos de una mineralización. El fenómeno que la variable regionalizada es utilizada para representar es llamada una "regionalización".

Las variables regionalizadas no son restringidas a la minería. En efecto, casi todas las variables encontradas en las ciencias de la tierra pueden ser asumidas como variables regionalizadas.

La definición de una variable regionalizada (abreviada como V.Re. como una variable distribuída en el espacio es puramente descriptiva y no incluye algún tipo de interpretación probabilística. Desde un punto de vista matemático, una VRe es simplemente una función $f(x)$ la cual toma un valor en cada punto x de coordenadas (x_u, x_v, x_w) en el espacio tridimensional. Sin embargo, más frecuente de que no, está función varía tan irregularmente en el espacio tal para predecir algún estudio matemático directo de esta.

En prácticamente todos los depósitos, un comportamiento característico o estructura de la variabilidad espacial de la VRe bajo estudio puede ser discernido bajo un aspecto localmente errático. En casi todos los depósitos, existen zonas las cuales son más ricas que otras.

Así una VRe posee dos características aparentemente contradictorias:

(i) una local, aleatoria, de aspecto errático lo cual llama a pensar la idea de una variable aleatoria;

(ii) una general (o promedio) de aspecto estructurado la cual requiere una cierta representación funcional.

5.6.2.3 Cálculo del Variograma

La función:

$$\tau(h) = \frac{1}{2} E\{[Z(x)-Z(x+h)]^2\}$$

se define como semi-variograma. Sin embargo, a que frecuentemente los términos semi-variograma y variograma se confunden, se hace necesario muchas veces el valor $\tau(h)$.

Como

$$\tau(h) = K(0) - K(h)$$

$$\tau(h) \leq K(0), \text{ y naturalmente}$$

$$\tau(0) = 0$$

Como consecuencia de la relación, el semivariograma de una función aleatoria está necesariamente acotado (por ejemplo alcanza una meseta). Sin embargo, existen variogramas que no exhiben una meseta. Ellos nos proporcionan el valor $K(0)$ y de este modo no responden a la hipótesis estacionaria.

En términos prácticos, en el campo geológico-minero, el variograma constituye una función de una característica geológica (o cualquier otra variable regionalizada) en el espacio. El representa el grado de continuidad de la variable bajo estudio.

Para cada distancia entre muestras $d, 2d, 3d, \dots, (n-1)d$, el valor del semi-variograma estará dado por:

$$\tau(h) = \frac{1}{2} * (1/(n-K)) \sum_{n-K} [Z(x)-Z(x+h)]^2$$

En donde K es el múltiplo de la distancia d que proporciona la separación entre los valores de las muestras consecutivas consideradas.

5.6.2.4 Modelización de los Variogramas

Las cuatro principales observaciones de la geoestadística lineal (varianzas de estimación y dispersión, regularización y kriging) incluye únicamente la función estructural de la F.A. (covarianza o variograma). Así, cada estudio

diseñado para caracterizar la estructura espacial de la variable regionalizada estudiada.

Modelos teóricos de regionalización

Dejar que $Z(x)$ sea una F.A. intrínseca con semi-variograma $\tau(h)$. Las dos características principales de un variograma estacionario son:

- (i) su comportamiento en el origen, los tres tipos (parabólico, lineal y efecto de pepita);
- (ii) la presencia o ausencia de una meseta en el incremento de $\tau(h)$, $\tau(h) = \text{constante}$ cuando $|h| > a$.

Así los modelos corrientemente utilizados pueden ser clasificados como:

Modelos con una meseta (o modelos de transición)
y un comportamiento lineal en el origen

- (a) modelo esférico
- (b) modelo exponencial

y un comportamiento parabólico en el origen

- (c) modelo Gaussiano

Modelos sin una meseta (la correspondiente F.A. es únicamente intrínseca y tampoco tiene covarianza ni varianza finita a priori).

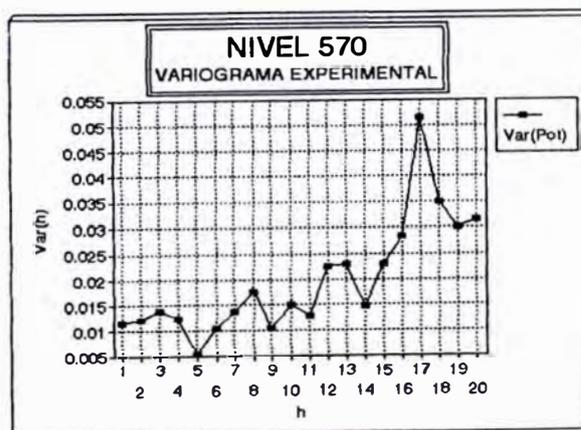
(a) modelos en $|h|^\theta$
con $\theta \in]0,2[$

(b) m o d e l o
logaritmico

5.6.2.4.1

Características del Variograma

En general el variograma es una función creciente de h , ya que los valores tomados en dos puntos distintos son en promedio, tanto



VARIograma EXPERIMENTAL de Potencia

más diferentes cuanto más alejados estén el uno del otro. De este modo, el variograma da un contenido preciso a la noción tradicional de zona de influencia de una muestra: el crecimiento más o menos rápido con la cual se deteriora la influencia de una muestra dada sobre las zonas más lejanas del yacimiento.

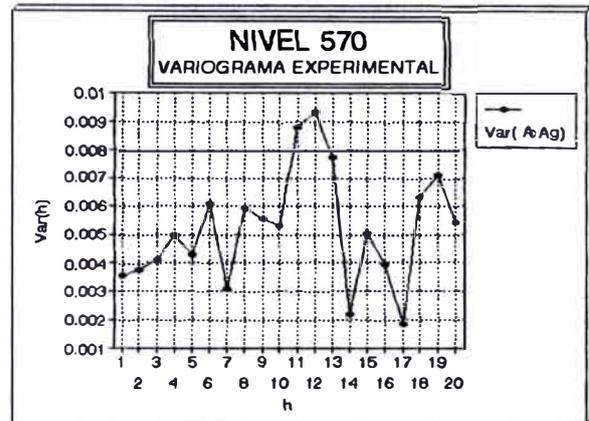
Meseta: la función $\tau(h)$ aumenta a medida que $\tau(h)$ aumenta alcanzar un valor máximo el cual es denominado *meseta*. En algunas ocasiones la función $\tau(h)$ no tiene una

meseta, crece indefinidamente: en este caso se está en presencia de una tendencia, vale decir de una variación sistemática a gran escala y no existe estacionariedad del fenómeno.

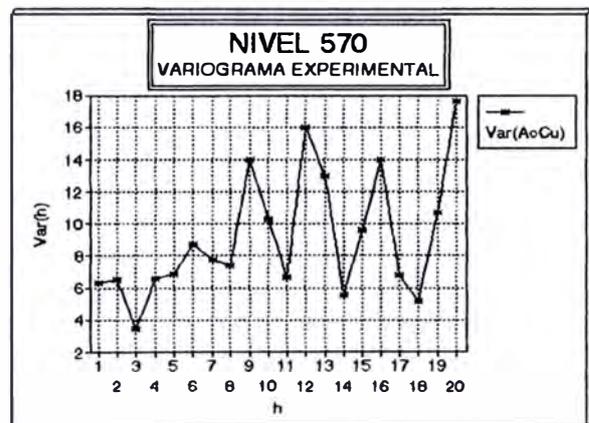
Alcance: es la distancia a la cual se produce la meseta, y nos proporciona una medida promedio de la zona de influencia de la mineralización en estudio.

Si existiera más de un alcance se estaría suponiendo la presencia de dos o más estructuras.

Efecto de Pepita: una aparente discontinuidad en el origen del semi-variograma, una constante de pepita C_0 puede ser interpretado como una estructura de transición alcanzando su



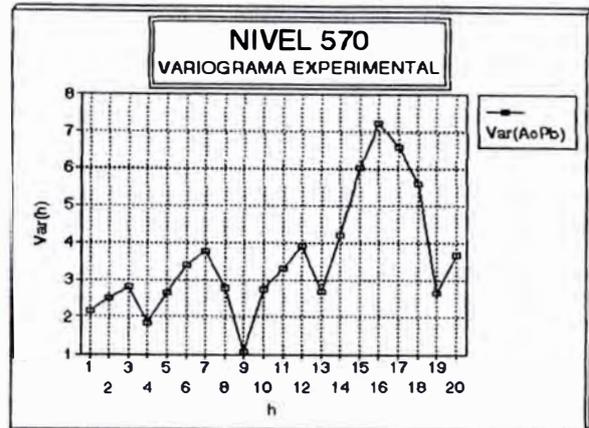
VARIograma EXPERIMENTAL Acumulado de Ag



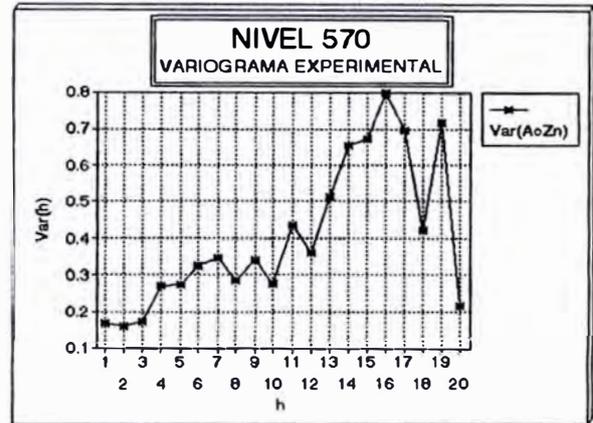
VARIograma EXPERIMENTAL de Acumulado de Ag

valor meseta C0 en muy pequeño rango comparado con las distancias disponibles de observación.

VARIOGRAMA EXPERIMENTAL de Acumulado de Pb



VARIOGRAMA EXPERIMENTAL de Acumulado de Zn



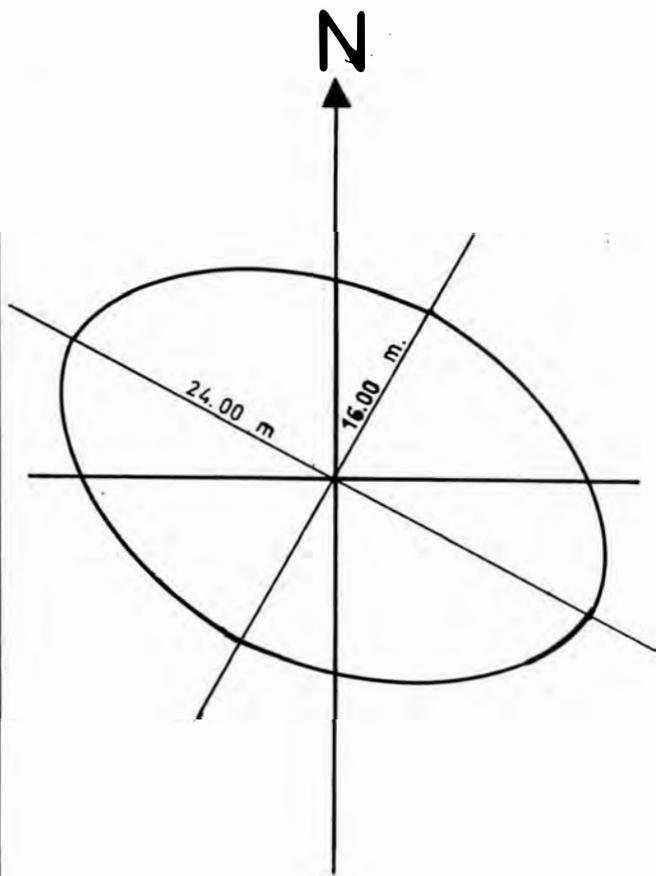
5.6.2.5 Fluctuación de la variable y estimación de errores

Tanto la covarianza como la varianza envuelven la consideración de dos elementos espaciales. Estas expresiones pueden ser extrapoladas al caso de dos superficies B1 y B2 mostrando estacionaridad con respecto al análisis de una variable específica.

En general, llamando $K(x, x+h)$ la función covarianza entre dos puntos x é y , la varianza y covarianza pueden ser expresadas por:

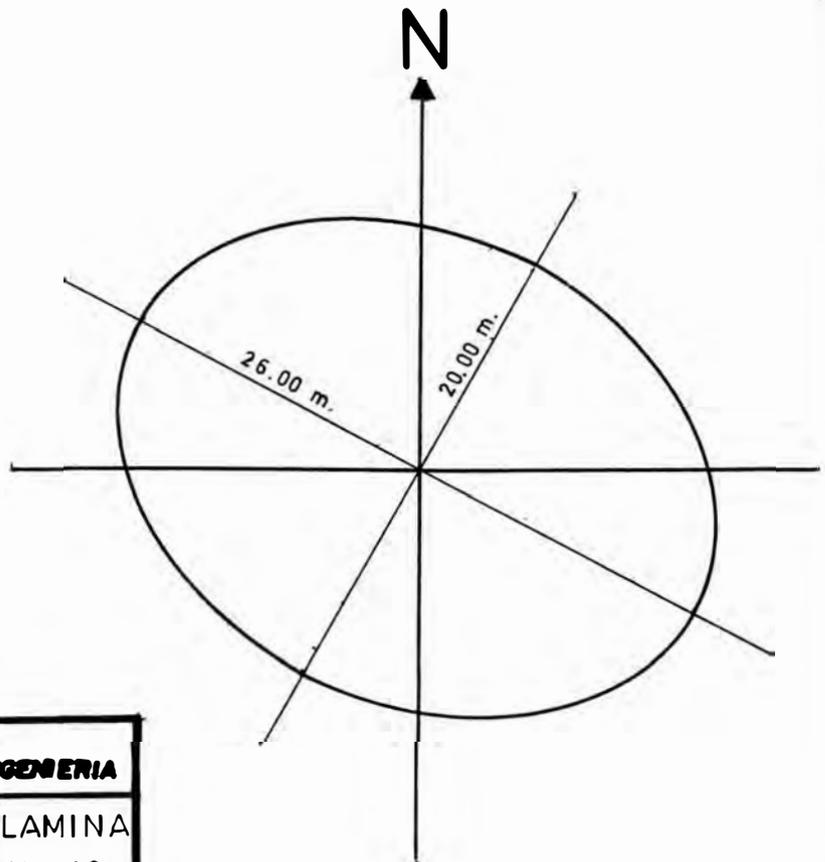
$$\text{Varianza} = \sigma^2(B_1) = \int B_1 \int B_1 K(x, y) / B_1 B_1$$

Veta Candelaria Segunda



ANISOTROPIAS DE POTENCIAS

**ANISOTROPIAS DE
ACUMULADOS DE Ag**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**ANISOTROPIAS DE LA VETA
CANDELARIA SEGUNDA**

**LAMINA
No. 12**

MARZO 96

POR: WALTER LA TORRE CH.

$$\text{Covarianza} = \sigma(B_1, B_2) = \int_{B_1} \int_{B_2} K(x, y) / B_1 B_2$$

Si cada superficie B_1 y B_2 es representada por un selecto número de puntos, por ejemplo N_1 y N_2 respectivamente, las expresiones de la varianza y covarianza se transforman en

$$\text{Varianza} = \sigma^2(B_1) = \sum_{N_1} \sum_{N_1} K(x, y) / B_1 B_1$$

$$\text{Covarianza} = \sigma(B_1, B_2) = \sum_{N_1} \sum_{N_2} K(x, y) / N_1 N_2$$

Extrapolando los conceptos anteriores al caso de superficies se pueden asociar las dos situaciones siguientes. Para el caso de la varianza las parejas de valores a considerar se refieren a puntos seleccionados en una superficie.

5.6.2.5.1 Varianza de Estimación

La función variograma puede ser visto como una varianza de estimación, la varianza del error cometido cuando la ley en el punto x es estimado por la ley en el punto $x+h$. De esta varianza de estimación elemental, $2\tau(h) = E\{[Z(x) - Z(x+h)]^2\}$, las técnicas geoestadísticas pueden ser utilizadas para deducir la varianza de estimación de una ley promedio Z_V por otra ley promedio Z_v . Esta varianza de estimación es expresada como:

$$E\{[Z_V - Z_v]^2\} = 2\tau(V, v) - \tau(V, V) - \tau(v, v)$$

Las leyes promedios Z_V y Z_v puede ser definidos en algunos soportes, V podría representar un bloque centrado en el punto Y .

Por lo deducido, la calidad de estimación, depende de lo siguiente:

- (i) Las distancias relativas entre el bloque V a ser estimado y la información v utilizada para estimarla. Esto es incluido en el término $\tau(V, v)$.
- (ii) El tamaño y la geometría del bloque V a ser estimado. Esto es incluido en el término $\tau(V, V)$.
- (iii) La cantidad y el arreglo espacial de la información v , lo cual es incluido en el término $\tau(v, v)$
- (iv) El grado de continuidad del fenómeno bajo estudio,

lo cual es convenido por su característico semivariograma $\tau(h)$

5.6.2.5.2 Varianza de Dispersión

Hay dos fenómenos de dispersión muy conocidos en la minería. La primera es la dispersión alrededor de su valor promedio del conjunto de datos dentro de un dominio V aumenta con la dimensión de V . Esto es una consecuencia lógica de la existencia de correlaciones espaciales, más pequeños V , más cercana la información y así, más cercanos sus valores. Lo segundo es que la dispersión dentro de un dominio mezclado V disminuye como el soporte v en la cual cada dato es definido aumentado, las leyes promedios de los bloques son menos dispersos que las leyes promedios.

Esos dos fenómenos son expresados en el concepto geoestadístico de la varianza de dispersión. Dejar que V sea un dominio consistente de N unidades con el mismo soporte v . Si las N leyes de esas unidades son conocidas, su varianza puede ser calculada. La varianza de dispersión de las leyes de las unidades v dentro de V , escrita $D^2(v/V)$ es simplemente el valor probable de esta varianza experimental y es calculada por los promedios del variograma elemental $2\tau(h)$ a través de la fórmula

$$D^2(v/V) = \tau(V, V) - \tau(v, v)$$

donde $\sigma^2(v/V) = K_{VV}(S_1, S_2) - K_{VV}(S_1, S_2)$

usando la expresión

$$\tau(h) = K(0) - K(h) \text{ esto es}$$

$$\tau(S_1, S_2) = K(0) - K(S_1, S_2)$$

$$\sigma^2(v/V) = \tau_{VV}(S_1, S_2) - \tau_{VV}(S_1, S_2)$$

Si v es una muestra puntual, $v=p$ y

$$\sigma^2(p/V) = \tau_{VV}(S_1, S_2)$$

En otras palabras $\tau_{VV}(S_1, S_2)$ mide el promedio de fluctuaciones de los valores asociados a dos puntos S_1 y S_2 que se mueven independientemente en el volumen V . Se puede observar que:

$$\sigma^2(p_i/V) = \sigma^2(p/V)$$

Así la varianza de dispersión de un valor p en V es igual a la varianza de estimación de un punto aleatorio p_i ubicado al interior del volumen V .

Asumamos que existe un bloque de gran tamaño G al interior del cual se han definido una serie de bloques V . Supongamos además que estos bloques V sean a su vez subdivididos en pequeños bloques de tamaño v . De acuerdo a las relaciones anteriores, las siguientes relaciones pueden ser establecidas.

$$\sigma^2(v/V) = \tau_{VV}(S_1, S_2) - \tau_{VV}(S_1, S_2)$$

$$\sigma^2(v/G) = \tau_{GG}(S_1, S_2) - \tau_{VV}(S_1, S_2)$$

y

$$\sigma^2(v/G) = \tau_{GG}(S_1, S_2) - \tau_{VV}(S_1, S_2)$$

Es fácil demostrar que sobre la base de estas relaciones se puede establecer

$$\sigma^2(v/G) = \sigma^2(v/V) + \sigma^2(V/G)$$

Esta expresión, recibe el nombre de relación de Krige e indica que la dispersión de las muestras v en un bloque grande G iguala a la suma de dos dispersiones: la dispersión de los valores muestrales de tamaño v al interior de los bloques V y la dispersión de los valores asociados a estos bloques al interior del gran bloque G .

5.6.3 Configuraciones

5.6.3.1 El Soporte

En la práctica todas las variabilidades nunca son observadas simultáneamente, ya que esto requeriría una enorme cantidad de información de soporte casi puntual cubriendo el campo entero de variabilidad.

En la escala de observación, cuando contabilizamos elementos en una una sección delgada (donde la información tiene un soporte casi puntual), no es posible distinguir entre la primera variabilidad debido a los errores de medida (errores de conteo) y el segundo debido a la variabilidad petrográfica.

En la escala de la evaluación de una fase de toma de muestras por canales, el soporte de las muestras de canal integra las dos primeras variabilidades dentro de una simple variabilidad indiferenciada que es definida como "efecto de pepita". Sin embargo, es posible en esta escala distinguir la tercera variabilidad, debido a pequeños cuerpos lenticulares dentro de la misma veta

5.6.3.2 Configuraciones Presentes

Las configuraciones definidas para el presente estudio son las siguientes.

CONFIGURACION EN LAS VETAS

CONFIGURACION 1: Esta configuración se establece en los casos donde el panel está flanqueado por una sólo labor reconocida (muestreada) ya sea por su galería o chimenea.

CONFIGURACION 2: esta configuración se presenta cuando el block está flanqueado por dos labores reconocidas, a un lado una chimenea y al otro la galería.

5.6.3.3 Categorización de Reservas

Se mantiene la definición que aquella de la cubicación tradicional, considerándose dos categorías de reservas: reservas **PROBADAS** y reservas **PROBABLES**.

Reservas PROBADAS; definida en base al área de influencia (alcance).

Reservas PROBABLES; se definen en los blocks que no son rodeadas por labor alguna.

5.6.4 El Krigeage

El término "krigeage engloba una serie de aspectos a la variable regionalizada, cuyo estudio, aplicación y desarrollo es toda una especialidad, y rebasa los límites del presente trabajo.

Siendo la Geoestadística una disciplina activa la cual no

puede ser enmarcadamente fijamente. Entonces, la incertidumbre de un Krigeage Universal permanece. Adicionado a ello, los persistentes problemas de dirección y buzamiento en la evaluación, arriesgando la hipótesis estacionaria, y los métodos asociados a ella.

La concepción del krigeage universal y su consecuente aplicación a la minería no es aún lo suficiente, pero a cambio de ello se puede solucionar con el debido fortalecimiento de las propiedades del variograma y el krigeage local (o puntual). Esto ahora ha alcanzado un repunte en el campo del muestreo y el contorno matemático. La cual ha sido favorecido, por la introducción del concepto de funciones intrínsecas aleatorias de orden k .

5.6.4.1 Sistema de Krigeage

La técnica del krigeage local la cual haremos uso ahora es una herramienta para la estimación porque nos proporciona el mejor estimador lineal sin sesgo de alguna de las características ya sea la potencia (ancho) o el acumulado de las cuales tenemos datos de muestreo.

Teniendo en cuenta además una quasi-estacionariedad, por lo general constituidos de los datos de canaletas de muestreo y la información estructural del variograma modelizado que caracteriza la variabilidad espacial de nuestra zona.

Siendo V el volumen de un block, y teniendo que estimarla por Z^* tomaremos en cuenta lo siguiente:

a) Sea Z^* insesgada, que el promedio de este estimador sea igual al valor verdadero ZV ;

$$m = E\{Z^*\} = E\{ZV\};$$

b) Sea Z^* optimo, tal que:

$$Z^* = \sum l_i * Z_i \text{ sea mínimo}$$

5.6.4.2 Krigeage Práctico – según las configuraciones

La estimación se ha realizado diseñando un plan de

Krigeage, la cual es un sistema simplificado del planteado por Matheron, y que es ajustado a las configuraciones de bloques mencionados.

5.6.4.2.1 Configuración 1

Esta configuración es cuando existe un panel flanqueado por una labor ya sea galería o chimenea, y que tiene dos ponderadores ρ_1 y ρ_2 relacionados con el estimador Z^* por:

$$Z^* = \rho_1 Z_1 + \rho_2 Z_2$$

Donde:

Z_1 es el promedio de los valores en la longitud L del panel muestreado.

Z_2 es el promedio de los valores en todo o en gran parte de la galería o chimeneas circundantes.

Las ecuaciones de Krigeage quedan simplificadas a:

$$\rho_1 G_{11} + \rho_2 G_{12} + \mu = G_{1V}$$

$$\rho_1 G_{21} + \rho_2 G_{22} + \mu = G_{2V}$$

$$\rho_1 + \rho_2 = 1$$

Cuando "a" (alcance de variograma) es menor que $L/2$, se cumple:

$$G_{11} = F(L) - C_0/L \quad G_{12} = C \quad G_{1V} = X(L,1)$$

$$G_{21} = C \quad G_{22} = C \quad G_{2V} = C$$

Siendo C y C_0 parámetros del variograma respectivo y $X(L,1)$ es la función auxiliar "chi".

Reemplazando los respectivos valores obtenemos

$$\rho_1 = (X(L,1) - C) / (F(L) - (C_0/L) - C)$$

$$\rho_2 = 1 - \rho_1$$

$$\mu = 0$$

Siendo $F(L)$:

$$F(L) = 1 - (3a/4L) + (a^2/5L^2) \quad \text{si } L > a$$

$$F(L) = (L/2a) - (L^3/20a^3) \quad \text{si } L < a$$

Mientras que la varianza de Krigeage para el mínimo error de estimación se calcula según la siguiente relación:

$$\sigma_{2K} = \rho_1 G_{1V} + \rho_2 G_{2V} - G_{VV} \quad \text{donde } G_{VV} = F(L,1)$$

$$\sigma_{2K} = \lambda_1 G_{1V} + \lambda_2 G_{2V} - G_{VV} \quad \text{donde } G_{VV} = F(L, l)$$

5.6.4.2.2 Configuración 2

En la cual tendremos una variable adicional, tal que:

$$Z^* = \lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2 + \lambda_3 Z_3$$

Siendo:

Z_1 el promedio de potencias o acumulados del tramo "L" la cual se ponderará con λ_1

Z_2 es el promedio del tramo "l" ya sea de potencia o acumulado, que se ponderará con λ_2 .

Z_3 es el promedio de gran parte del yacimiento o de un sector

de homogeneidad geológica, que será ponderado con λ_3 .

$$\lambda_1 G_{11} + \lambda_2 G_{12} + \lambda_3 G_{13} + \mu = G_{1V}$$

$$\lambda_1 G_{21} + \lambda_2 G_{22} + \lambda_3 G_{23} + \mu = G_{2V}$$

$$\lambda_1 G_{31} + \lambda_2 G_{32} + \lambda_3 G_{33} + \mu = G_{3V}$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$$

En las mesetas estudiadas por lo general, cada labor tiene sus propios parámetros geoestadísticos, tal que el alcance, meseta, efecto de pepita de las galerías así como de chimeneas son diferentes.

Siendo los valores para resolver dichas ecuaciones los siguientes:

$$G_{11} = F(L) - (C_0/L)$$

$$G_{12} = H(L, l)$$

$$G_{13} = G_{31} = G_{32} = G_{33} = G_{3V} = G_{33} = G_{3V} = C$$

$$G_{21} = H(l, L)$$

$$G_{22} = F(l) - (C_0/l)$$

$$G_{1V} = X(L, l)$$

Dado que $\mu=0$, y haciendo $k=H(L, l)$

$$Q = [(X(L, l) - 1) * (k - 1) - (X(l, L) - 1) * (F(L) - (C_0/L) - 1)]$$

$$P = [(k - 1)^2 - (F(L) - (C_0/L) - 1) * (F(l) - (C_0/l) - 1)]$$

$$\lambda_2 = Q/P$$

$$\lambda_1 = [(X(L, l) - 1) - \lambda_2(k - 1)] / (F(L) - (C_0/L) - 1)$$

$$\lambda_3 = 1 - \lambda_1 - \lambda_2$$

La varianza de Kriging para la configuración 2 es la siguiente expresión:

$$\sigma^2_k = \lambda_1 G_{1V} + \lambda_2 G_{2V} + \lambda_3 G_{3V} - G_{VV}$$

5.6.4.3 Sistematización de Procesos por Cuatro-Pro

Para una mayor rapidez en el desarrollo de un proceso de cálculo de cálculo por el método geoestadístico, se generó diferentes macros, las cuales consisten en las diferentes etapas de este estudio, tales como:

- Eliminación de altos erráticos
- Confección de Histogramas de Distribución de Frecuencias: simples y acumuladas.
- Determinación de los valores estadísticos: tales como media (m), varianza (σ^2); desviación estándar (σ).
- Valores de regresión, covarianza.
- Variograma experimental, y teórico.
- Determinación de los coeficientes de Lagrange.
- Cálculo de reservas por el método geoestadístico, y errores de estimación.

FIG. 13 ORGANIZACION DE LA BASE DE DATOS Y DE LAS MACROS

BASE DE DATOS	Eliminación de Altos Erráticos STATICS <i>media; varianza; desv. standard; error relativo</i>	VARIOGR	KRIGE
	CORREL <i>Covarianza</i> Coeficientes de correlación		
		<i>Experimental</i> Teórico	Coeficientes de Lagrange Errores de Estimación Cálculo de Reservas

CAPITULO VI

COMPARACION ENTRE RESULTADOS

- 6.1 Promedio simple**
- 6.2 Promedio Lognormal**
- 6.3 Promedio Geoestadístico**

6.1 PROMEDIO SIMPLE

No.	Ancho (m)			
Block	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	0.72	0.09	0.30	0.42
B	0.90	0.08	0.29	0.32
C	1.37	0.37	0.61	0.45
D	0.82	0.21	0.46	0.56
E	0.90	0.05	0.23	0.25
F	1.19	0.41	0.64	0.54
G	1.11	0.25	0.50	0.45
H	1.18	0.17	0.41	0.34
I	1.06	0.24	0.49	0.46
J	0.90	0.18	0.43	0.47
K	0.96	0.31	0.56	0.58
L	1.59	0.10	0.32	0.20
H1	1.18	0.17	0.41	0.34
I1	1.06	0.24	0.49	0.46
J1	0.90	0.18	0.43	0.47
K1	0.96	0.31	0.56	0.58
L1	1.59	0.10	0.32	0.20

PROMEDIO SIMPLE

No. Block	Acum(Oz Ag)			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	9.93	106.76	10.33	1.04
B	11.98	298.92	17.29	1.44
C	23.21	355.29	18.85	0.81
D	2.01	3.10	1.76	0.88
E	3.27	14.01	3.74	1.15
F	2.69	7.48	2.74	1.02
G	0.25	0.08	0.28	1.14
H	0.31	0.05	0.23	0.73
I	10.14	114.95	10.72	1.06
J	19.47	401.91	20.05	1.03
K	47.41	1728.24	41.57	0.88
L	55.26	5354.56	73.17	1.32
H1	0.31	0.05	0.23	0.73
I1	10.14	114.95	10.72	1.06
J1	19.47	401.91	20.05	1.03
K1	47.41	1728.24	41.57	0.88
L1	55.26	5354.56	73.17	1.32

PROMEDIO SIMPLE

No.	Acum(% Cu)			
	Block	Media(m)	Varianza	D. St.
A	4.39	22.17	4.71	1.07
B	8.63	156.47	12.51	1.45
C	18.87	1447.01	38.04	2.02
D	9.02	132.04	11.49	1.27
E	12.82	198.38	14.08	1.10
F	17.75	184.70	13.59	0.77
G	3.65	38.26	6.19	1.69
H	2.75	6.39	2.53	0.92
I	1.37	3.15	1.77	1.30
J	1.38	1.48	1.22	0.88
K	3.97	31.57	5.62	1.42
L	17.70	350.85	18.73	1.06
H1	2.75	6.39	2.53	0.92
I1	1.37	3.15	1.77	1.30
J1	1.38	1.48	1.22	0.88
K1	3.97	31.57	5.62	1.42
L1	17.70	350.85	18.73	1.06

PROMEDIO SIMPLE

No. Block	Acum(% Pb)			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	2.31	4.64	2.15	0.93
B	1.86	3.52	1.88	1.01
C	5.33	55.85	7.47	1.40
D	4.51	48.47	6.96	1.55
E	4.11	28.91	5.38	1.31
F	8.47	79.03	8.89	1.05
G	3.47	26.64	5.16	1.49
H	1.82	6.43	2.54	1.39
I	4.67	36.99	6.08	1.30
J	6.28	37.41	6.12	0.97
K	7.90	107.76	10.38	1.31
L	18.69	339.54	18.43	0.99
H1	1.82	6.43	2.54	1.39
I1	4.67	36.99	6.08	1.30
J1	6.28	37.41	6.12	0.97
K1	7.90	107.76	10.38	1.31
L1	18.69	339.54	18.43	0.99

PROMEDIO SIMPLE

No.	Acum(% Zn)				
	Block	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A		1.96	4.79	2.19	1.12
B		2.49	6.77	2.60	1.04
C		1.99	4.35	2.09	1.05
D		2.33	5.12	2.26	0.97
E		6.03	25.29	5.03	0.83
F		6.65	15.66	3.96	0.60
G		0.97	2.07	1.44	1.48
H		1.18	0.47	0.69	0.58
I		2.83	4.50	2.12	0.75
J		1.95	3.39	1.84	0.94
K		4.29	33.80	5.81	1.35
L		7.28	38.30	6.19	0.85
H1		1.18	0.47	0.69	0.58
I1		2.83	4.50	2.12	0.75
J1		1.95	3.39	1.84	0.94
K1		4.29	33.80	5.81	1.35
L1		7.28	38.30	6.19	0.85

6.2 PROMEDIO LOGNORMAL

No.	Ancho (m)				
	Block	Media (m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A		0.85	0.04	0.19	0.22
B		0.94	0.02	0.16	0.17
C		1.12	0.05	0.22	0.19
D		0.88	0.07	0.27	0.30
E		0.95	0.01	0.12	0.12
F		1.04	0.05	0.23	0.22
G		1.02	0.03	0.18	0.18
H		1.21	0.21	0.46	0.38
I		1.06	0.23	0.48	0.45
J		0.91	0.32	0.56	0.61
K		1.00	0.49	0.70	0.70
L		1.60	0.05	0.23	0.14
H1		1.21	0.21	0.46	0.38
I1		1.06	0.23	0.48	0.45
J1		0.91	0.32	0.56	0.61
K1		1.00	0.49	0.70	0.70
L1		1.60	0.05	0.23	0.14

PROMEDIO LOGNORMAL

No. Block	Oz Ag			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	2.43	0.45	0.67	0.27
B	2.40	0.65	0.81	0.34
C	3.85	0.98	0.99	0.26
D	1.31	0.51	0.72	0.55
E	1.50	0.62	0.79	0.52
F	1.50	0.62	0.79	0.52
G	0.48	0.34	0.59	1.22
H	0.32	0.48	0.69	2.19
I	20.51	3.35	1.83	0.09
J	19.74	0.95	0.97	0.05
K	53.77	1.09	1.04	0.02
L	53.36	1.01	1.01	0.02
H1	0.32	0.48	0.69	2.19
I1	20.51	3.35	1.83	0.09
J1	19.74	0.95	0.97	0.05
K1	53.77	1.09	1.04	0.02
L1	53.36	1.01	1.01	0.02

No. Block	% Cu			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	1.72	0.19	0.43	0.25
B	2.13	0.56	0.75	0.35
C	2.70	0.66	0.81	0.30
D	2.36	0.67	0.82	0.35
E	2.64	0.43	0.66	0.25
F	3.27	0.16	0.40	0.12
G	1.43	0.73	0.86	0.60
H	3.13	1.30	1.14	0.36
I	1.48	1.45	1.20	0.81
J	1.50	1.06	1.03	0.69
K	3.90	1.38	1.17	0.30
L	19.04	1.16	1.08	0.06
H1	3.13	1.30	1.14	0.36
I1	1.48	1.45	1.20	0.81
J1	1.50	1.06	1.03	0.69
K1	3.90	1.38	1.17	0.30
L1	19.04	1.16	1.08	0.06

PROMEDIO LOGNORMAL

No.	% Pb			
Block	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	1.30	0.18	0.42	0.32
B	1.18	0.15	0.39	0.33
C	1.71	0.28	0.53	0.31
D	1.57	0.28	0.53	0.33
E	1.60	0.20	0.45	0.28
F	2.25	0.23	0.48	0.21
G	1.39	0.37	0.61	0.44
H	2.03	1.89	1.38	0.68
I	5.08	1.85	1.36	0.27
J	6.59	1.07	1.04	0.16
K	9.92	2.47	1.57	0.16
L	27.09	2.40	1.55	0.06
H1	2.03	1.89	1.38	0.68
I1	5.08	1.85	1.36	0.27
J1	6.59	1.07	1.04	0.16
K1	9.92	2.47	1.57	0.16
L1	27.09	2.40	1.55	0.06

PROMEDIO LOGNORMAL

No. Block	% Zn			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	1.23	0.10	0.32	0.26
B	1.30	0.19	0.44	0.34
C	1.18	0.25	0.50	0.43
D	1.30	0.23	0.48	0.37
E	2.00	0.18	0.43	0.21
F	2.19	0.27	0.52	0.24
G	0.85	0.18	0.42	0.50
H	1.23	0.45	0.67	0.55
I	4.22	1.98	1.41	0.33
J	1.89	0.65	0.81	0.43
K	4.28	1.42	1.19	0.28
L	7.05	0.40	0.63	0.09
H1	1.23	0.45	0.67	0.55
I1	4.22	1.98	1.41	0.33
J1	1.89	0.65	0.81	0.43
K1	4.28	1.42	1.19	0.28
L1	7.05	0.40	0.63	0.09

6.3 PROMEDIO GEOESTADISTICO

No. Block	Ancho (m)			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	0.70	0.11	0.33	0.47
B	0.87	0.25	0.50	0.58
C	1.45	0.30	0.54	0.37
D	0.78	0.25	0.50	0.65
E	0.87	0.22	0.47	0.53
F	1.23	0.26	0.51	0.41
G	1.13	0.25	0.50	0.45
H	1.18	0.12	0.35	0.29
I	1.04	0.12	0.35	0.34
J	0.86	0.12	0.35	0.41
K	0.97	0.21	0.46	0.47
L	1.68	0.19	0.44	0.26
H1	1.18	0.12	0.35	0.29
I1	1.04	0.12	0.35	0.34
J1	0.86	0.12	0.35	0.41
K1	0.97	0.21	0.46	0.47
L1	1.68	0.19	0.44	0.26

PROMEDIO GEOESTADISTICO

No. Block	% Cu			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	3.29	0.12	0.34	0.10
B	8.62	0.19	0.43	0.05
C	17.93	0.22	0.47	0.03
D	8.97	0.30	0.55	0.06
E	12.75	0.28	0.53	0.04
F	17.63	0.31	0.56	0.03
G	3.78	0.18	0.43	0.11
H	3.23	0.23	0.48	0.15
I	3.16	0.23	0.48	0.15
J	0.43	0.12	0.35	0.81
K	4.30	0.64	0.80	0.19
L	10.24	11.29	3.36	0.33
H1	3.23	0.23	0.48	0.15
I1	3.16	0.23	0.48	0.15
J1	0.43	0.12	0.35	0.81
K1	4.30	0.64	0.80	0.19
L1	10.24	11.29	3.36	0.33

PROMEDIO GEOESTADISTICO

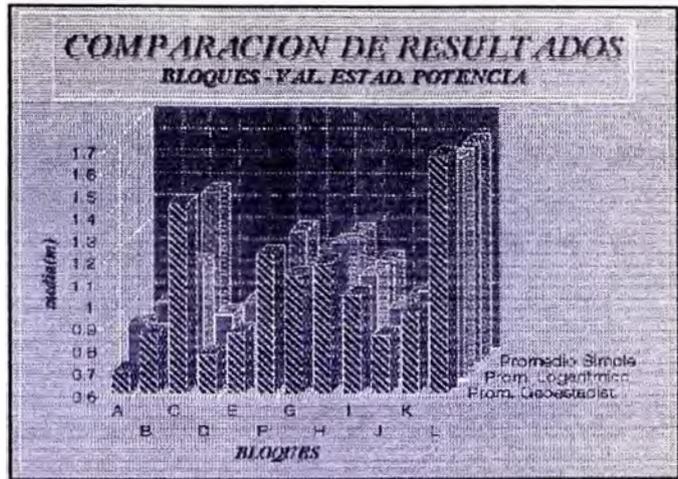
No. Block	% Pb			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	1.98	0.09	0.31	0.15
B	0.29	0.29	0.54	1.86
C	5.00	0.59	0.77	0.14
D	4.73	1.34	1.16	0.25
E	2.47	0.77	0.88	0.21
F	5.24	1.70	1.30	0.16
G	3.24	0.75	0.87	0.24
H	2.02	0.24	0.49	0.20
I	4.50	0.66	0.81	0.17
J	7.32	3.90	1.98	0.31
K	7.89	3.12	1.77	0.23
L	10.63	11.20	3.35	0.19
H1	2.02	0.24	0.49	0.20
I1	4.50	0.66	0.81	0.17
J1	7.32	3.90	1.98	0.31
K1	7.89	3.12	1.77	0.23
L1	10.63	11.20	3.35	0.19

PROMEDIO GEOESTADISTICO

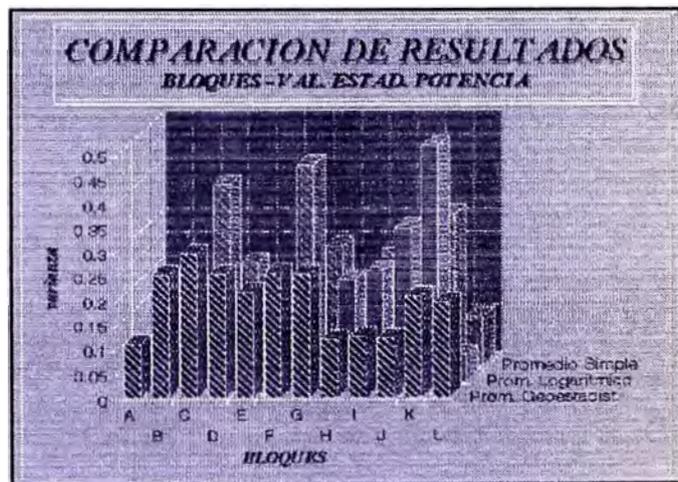
No. Block	% Zn			
	Media(m)	Varianza	D. St.	E. relat.
A	1.62	0.10	0.31	0.19
B	1.75	0.39	0.63	0.36
C	2.03	0.26	0.51	0.23
D	2.50	0.18	0.42	0.17
E	3.47	0.79	0.89	0.15
F	4.12	0.30	0.55	0.08
G	1.34	0.21	0.46	0.31
H	1.34	0.17	0.41	0.26
I	2.77	0.17	0.41	0.14
J	2.36	0.09	0.30	0.15
K	4.34	1.10	1.05	0.25
L	4.22	1.31	1.14	0.16
H1	1.34	0.17	0.41	0.26
I1	2.77	0.17	0.41	0.14
J1	2.36	0.09	0.30	0.15
K1	4.34	1.10	1.05	0.25
L1	4.22	1.31	1.14	0.16

GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESULTADOS DE LOS METODOS

POTENCIA: comparación de las medias (m)



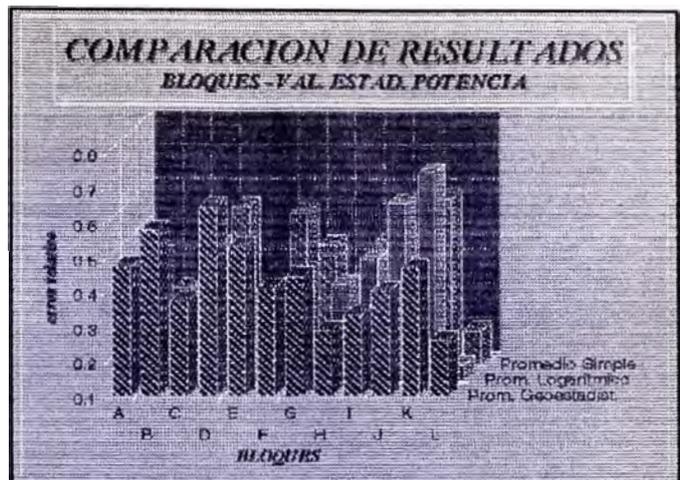
POTENCIA: comparación de las varianzas (σ^2)



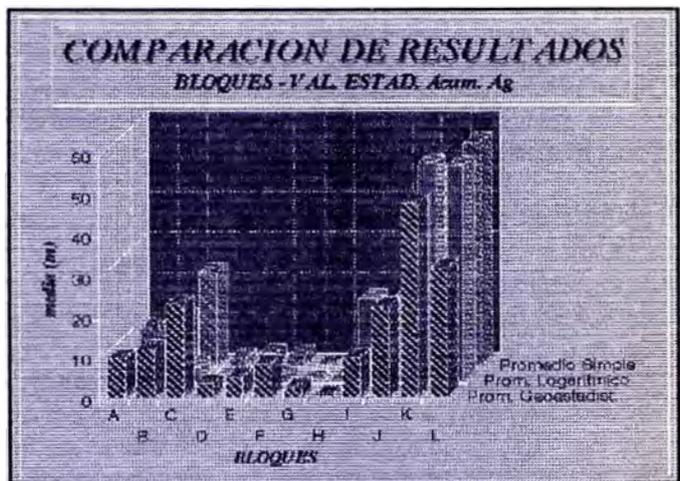
POTENCIA: comparación de las desviaciones standard (σ)



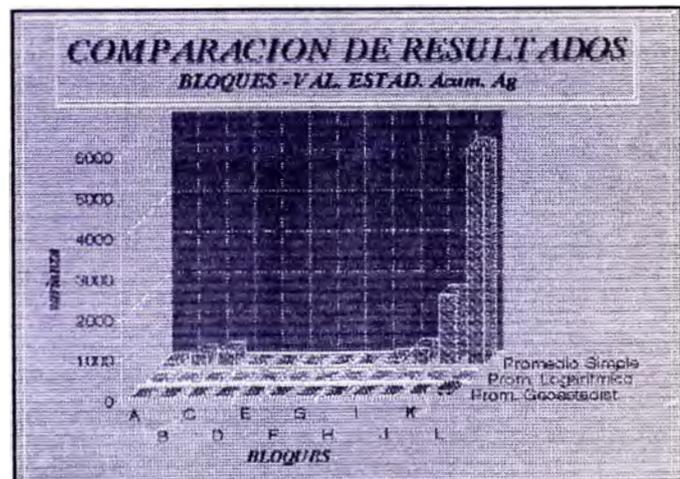
POTENCIA: comparación de los errores relativos
(ϵ)



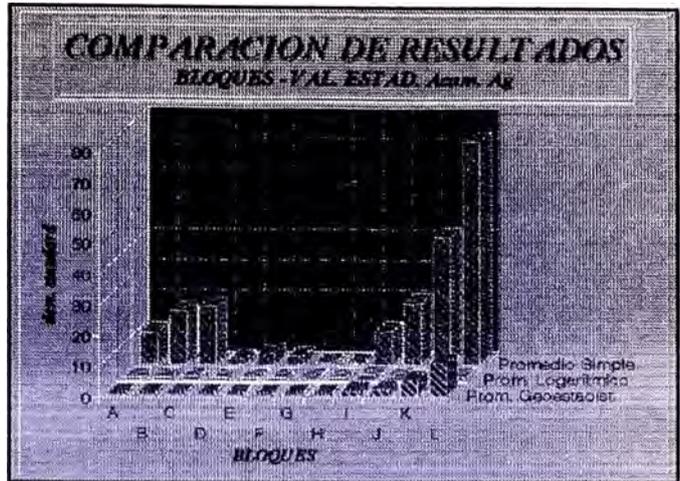
Acumulado de Ag: comparación de las medias
(\bar{m})



Acumulado de Ag: comparación de las varianzas
(σ^2)



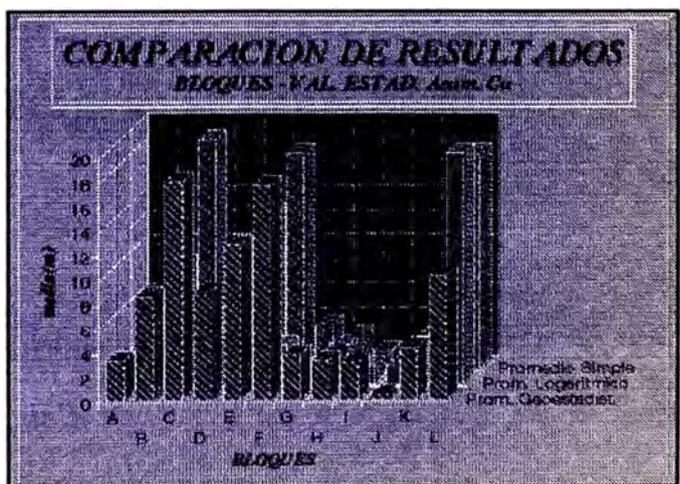
Acumulado de Ag: comparación de las desviaciones standard (σ)



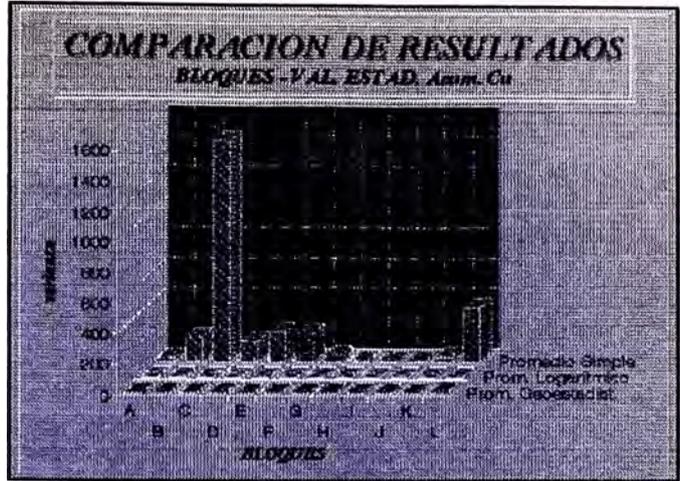
Acumulado de Ag: comparación de los errores relativos (ϵ)



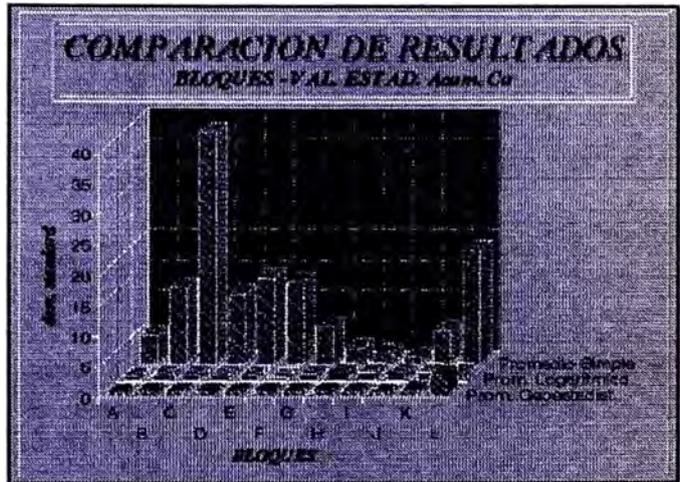
Acumulado de Cu: comparación de medias (μ)



Acumulado de Cu: comparación varianzas (σ^2)



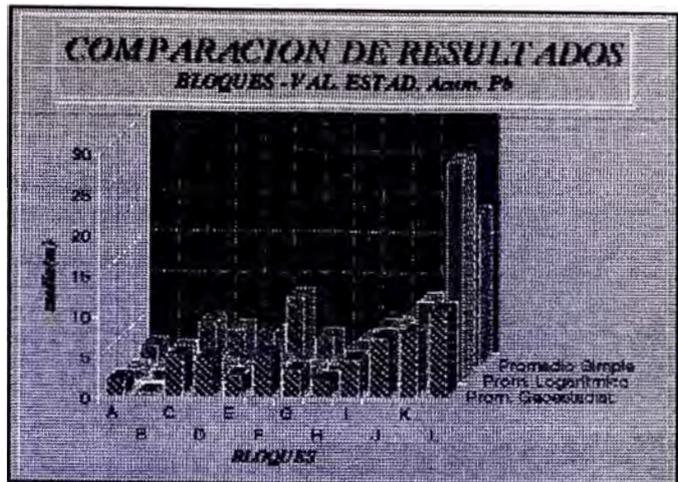
Acumulado de Cu: comparación de las desviaciones standard (σ)



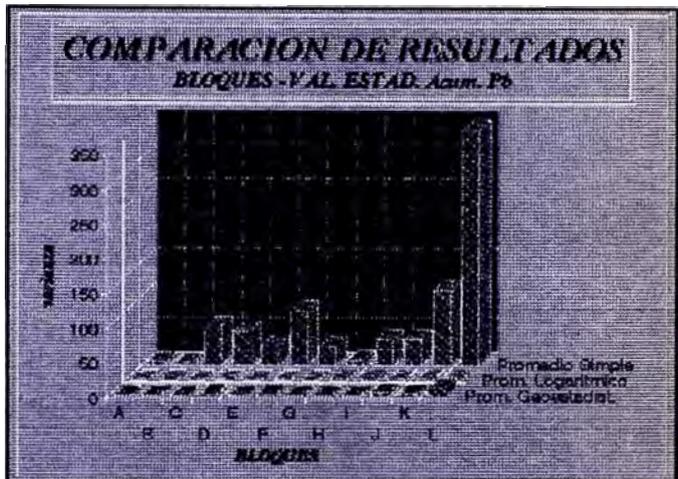
Acumulado de Cu: comparación de los errores relativos (ϵ)



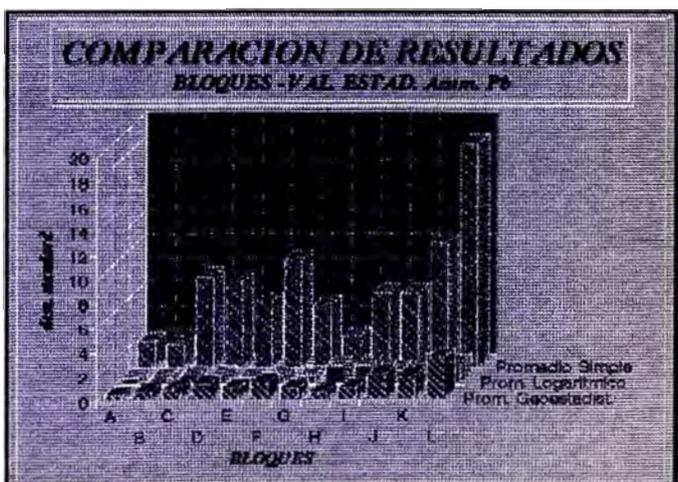
Acumulado de Pb: comparación de las medias (m)



Acumulado de Pb: comparación de las varianzas (σ^2)



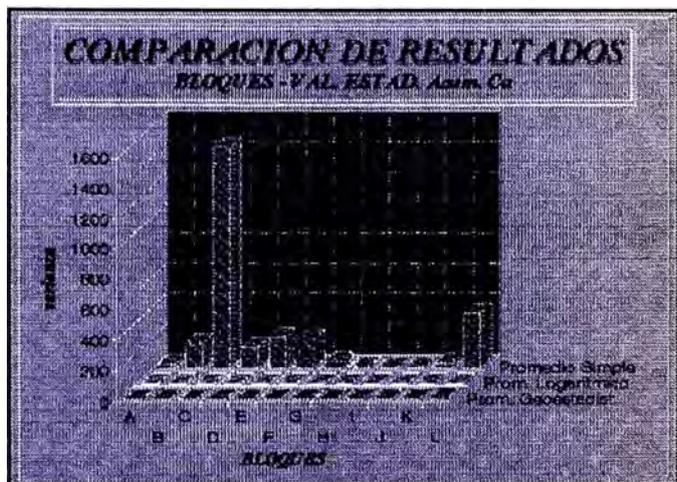
Acumulado de Pb: comparación de las desviaciones standard (σ)



Acumulado de Pb: comparación de los errores relativos (ϵ)



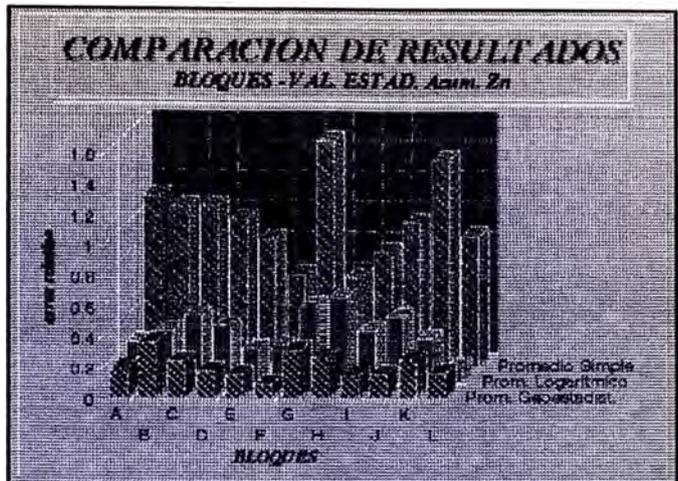
Acumulado de Zn: comparación de las medias (\bar{x})



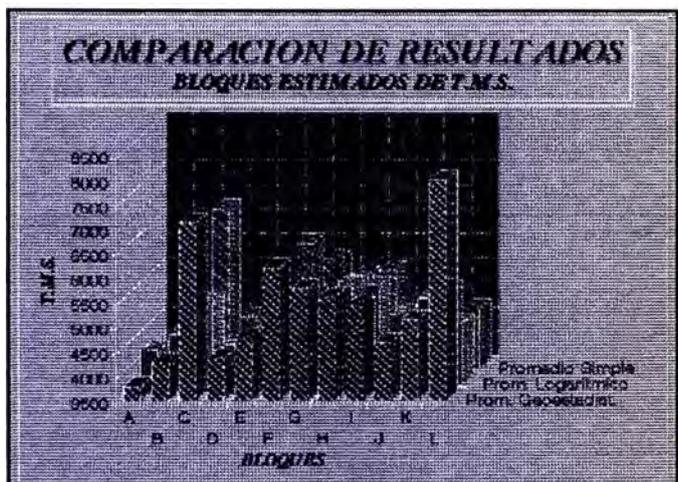
Acumulado de Zn: comparación de las varianzas (σ^2)



Acumulado de Zn: comparación de los errores relativos (ϵ)



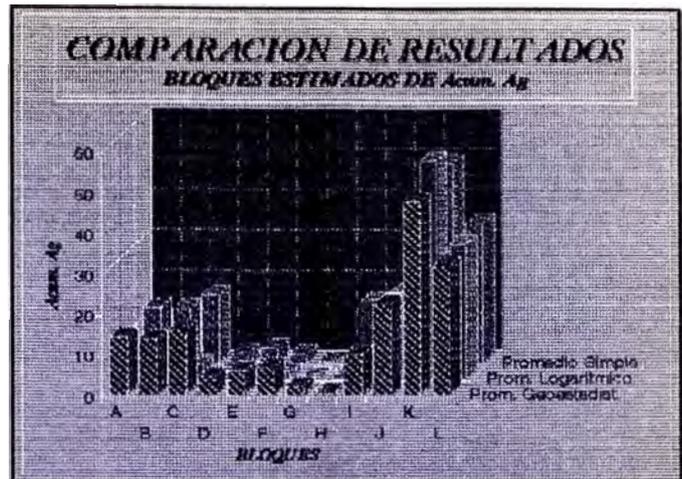
TONELAJES ESTIMADOS: comparación entre los tres métodos



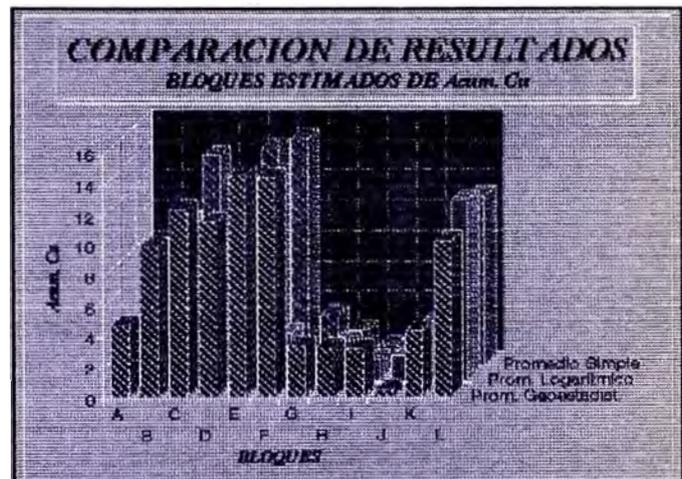
POTENCIAS ESTIMADOS: comparación entre los tres métodos



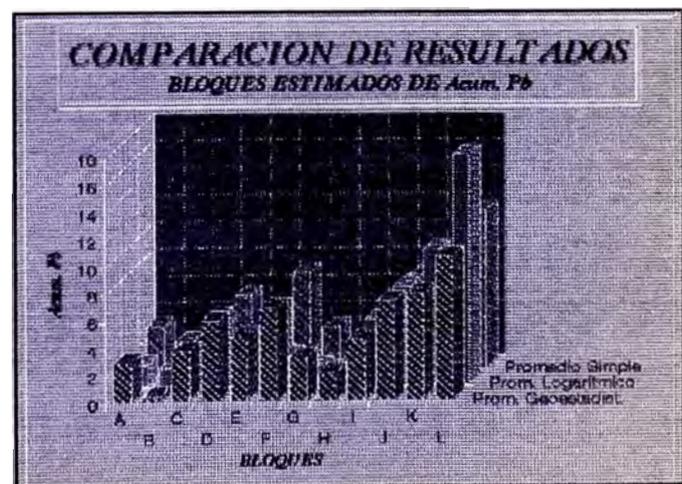
Acumulados de Ag Estimados: comparación entre los tres métodos

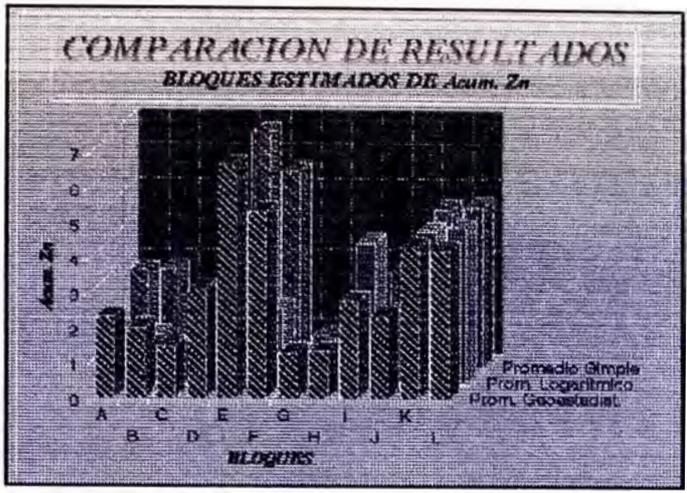


Acumulados de Cu Estimados: comparación entre los tres métodos



Acumulados de Pb Estimados: comparación entre los tres métodos





Acumulados de Zn Estimados: comparación entre los tres métodos

CAPITULO VII

PROYECCION GEOESTADISTICA PARA LOS NIVELES EN EXPLOTACION

Proyección Geoestadística para los niveles en explotación

Se realizó la técnica de simulación para generar la información para los niveles inferiores debido a que habíamos tenido dificultad de obtener una información completa para el nivel inferior (Nivel 490). Es por ello que creemos conveniente explicar muy suscintamente los *criterios de la simulación condicionada* y sus principales fundamentos de dicha técnica para su mejor entendimiento.

La idea de las simulaciones consiste en obtener otras realizaciones $z_s(x)$ de esta clase de Funciones Aleatorias, y retener únicamente aquellas realizaciones $z_{sc}(x_q)$ las cuales las encontraremos en las localizaciones x_q , $z_{sc}(x_q)=z(x_q)$, $\forall x_q \in a$ los datos. Las realizaciones $z_{sc}(x)$ son llamadas "simulaciones condicionales" del fenómeno regionalizado.

Objetivos de la simulación:

Si la realidad in-situ fuera perfectamente conocida, las dispersiones requeridas, y, así, los métodos de laboreo más adecuados, podrían ser determinados por aplicación de variados procesos de simulación a esta realidad. Desafortunadamente, el conocimiento perfecto de esta realidad in-situ no es disponible.

Como es imposible estimar la realidad in-situ correctamente en suficiente detalle, una simple idea es simularla en la base del modelo. En un modo, un depósito real, y las simulaciones de este depósito son diferentes variantes del mismo fenómeno mineralizado, así caracterizado por un modelo dado.

Este modelo es, así, adecuado para el problema práctico de determinación de varias dispersiones de leyes en el depósito, mientras que las varianzas de dispersión de $Z(x)$ puede ser expresado como una función de momentos de segundo orden únicamente- covarianza o variograma. Una simulación así

consiste de obtener otras realizaciones $z_s(x)$ de esta F.A. $Z(x)$. Las dos realizaciones, real y simulada, difieren una de otra en sus localizaciones pero vienen de la misma F.A. $Z(x)$, los dos primeros momentos y la función de distribución univariar de las cuales son combinadas.

Tan lejana sea, la dispersión de la variable simulada que es incluida. No hay diferencia entre el depósito simulado $\{z_s(x)\}$ y el depósito real $\{z_0(x)\}$. El depósito simulado tiene la ventaja de ser conocido en todos los puntos x y no únicamente en los puntos de datos experimentales x_q . Este depósito simulado es también llamado un "modelo numérico" del depósito real.

Los resultados de dicha simulación en algunos casos, tuvieron una buena aproximación con los reales, especialmente en las zonas dentro de una misma columna mineralizante, por el contrario, los errores se incrementaron por diversos factores tales como:

- En zonas vecinas a los dos tipos de columnas mineralizantes;

- En zonas cercanas a fallas, las cuales por lo común nos generan leyes más bajas de los pronosticados.

- La erraticidad de las principales formas de estructuras recepcionantes de la mineralización, los cuales por lo general afectan a una buena simulación de las potencias.

De acuerdo, a lo que se obtenga con valores reales en los siguientes meses, trataremos de realizar algo similar con el nivel inmediato inferior (Nivel 450).

Además dependiendo de los resultados de los siguientes meses puede ser una buena alternativa de poder tener un alcance del potencial aproximado del cuerpo. Asimismo, podríamos aplicar esta técnica a las otras unidades de propiedad de la Corporación Minera Castrovirreyna S.A., ubicadas dentro del mismo Distrito Minero.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

8.2 Recomendaciones

8.1 Conclusiones

1. Se comprobó en la veta Candelaria Segunda de la Mina Caudalosa Grande la viabilidad de las técnicas geoestadísticas en la estimación de reservas acorde con su nivel de explotación actual, la cual puede mejorarse.
2. El tiempo para la estimación de reservas del Nivel 490 de la veta Candelaria Segunda es ligeramente mayor que el utilizado por los métodos clásicos. Pero ello es justificado por los resultados que se obtienen, los cuales son más confiables.
3. Con la aplicación del método geoestadístico a la veta candelaria Segunda, el concepto de reservas probadas se rige bajo mayores parámetros los cuales aumentan la confiabilidad de los resultados.
4. A su vez, las reservas probables son demasiados subjetivos debido a que ellos son el resultado de parámetros obtenidos indirectamente, lo cual como podemos razonar aumentan el grado de confiabilidad lo creemos no es uno de los objetivos del método geoestadístico.
5. La implantación de las técnicas de simulación geoestadística fue posible en la estimación de reservas, para poder asociar de manera global los procesos de mineralización (tales como génesis, estructuras, alteraciones etc); y su estrecha asociación con valores cuantitativos.
6. Los errores de estimación dependen estrechamente de la metodología utilizada, siendo la técnica del Krigeage, las que nos ofrece los menores errores, debido a la minimización de estos errores.
7. Asociar los valores de correlación lineal, con aquellos estudios de cocientes metálicos que fueron encomendados por la Corporación en el pasado, los cuales nos confirman el modelo geológico de zoneamiento por la existencia un antiguo paleo-edificio volcánico o caldera reactivada.
8. En lo referente al punto anterior, sería recomendable el

poder hacer los mismos estudios en las unidades vecinas pertenecientes a la Corporación tal como Beatricita, Reliquias. Esto, nos definiría la potencialidad de las unidades alrededor de la antigua caldera volcánica Caudalosa.

9. El considerable interés práctico de los dos tipos de varianza (estimación y dispersión), proviene del hecho que no dependen sino del variograma, y no de los valores reales de muestreo; se puede así, preveer el efecto de una campaña de reconocimiento, comparar alternativas de reconocimiento y optimizarlas . Por lo tanto, el uso de estas varianzas permite una mejor gestión de un presupuesto de reconocimiento.

11. La zonalidad, es el control de mineralización más importante dentro del Distrito Minero de Castrovirreyna, ya que está en función de la existencia de calderas volcánicas. Los que se diferencian tanto por sus ensamblajes mineralógicos, así como también por las temperaturas de formación.

12. Las técnicas de muestreo, utilizadas en la unidad, no son las más adecuadas, ya que no toman en cuenta la dilución de la veta.

8.2 Recomendaciones

1. El poder implementar adecuadamente la informática, dentro de todos los procesos de la actividad minera, especialmente en lo concerniente a un confeccionamiento de una Base de Datos, la que lamentablemente en la actualidad no existe en la Corporación Minera Castrovirreyna S.A. para sus diferentes unidades.
2. Actualizar, todos los planos de muestreo; y confeccionar planos de muestreo para los tajeos, los cuales nos permitirían visualizar tridimensionalmente el comportamiento de los valores de leyes los cuales, son muy útiles para proyectar hacia los niveles inferiores y por ende mejorar la estimación para dichos niveles.
3. Supervisar permanentemente la dilución, ya que por las características del cuerpo es variable, este problema es latente perjudicando en muchos casos la calidad del mineral. Es necesario capacitar al personal de muestreo para una mejor obtención de datos.
4. El análisis químico de las muestras, debe ser completo para los diferentes elementos, y no parcial como ocurre en la actualidad.
5. Es imprescindible, el iniciar una etapa de exploración más agresiva en la veta Candelaria Segunda, con el fin de poder aumentar las reservas actuales.
6. Iniciar labores verticales, hacia el nivel 450 especialmente entre las coordenadas 1300 a 1500 W, y entre las coordenadas 1800 a 1900 W, debido a que parecen ser los límites de las zonas de mayor temperatura, dentro del modelo geológico de caldera volcánica.
7. Es aconsejable, el reinicio de las exploraciones en las otras unidades que pertenecen a la Corporación, para poder aumentar las reservas minerales.

BIBLIOGRAFIA

- Aplique Quatro Pro - Stephen Cobb Edición '93
- Boletín No. 44 - Serie A INGEMET
- Comparación y características de algunas menas y gangas importantes Cánepa C.
- Direcciones de Flujo y Mineralización de la Mina Teresita - Huachocolpa - Huancavelica
J.C. Martínez M., J. Valdivia Ch.
- Estimación de Reservas por el Método Geoestadístico aplicado a vetas auíferas del Batolito de Pataz (Sector Norte) Zuloeta T. Miguel
- Estudio Geológico y Geoestadístico de la Veta P, Mina Casapalca-Centromin Perú Victor Arguelles,
Angel Alvarez
- XIII Convención de Ingeniero de Minas
Arequipa, 8-12 Set. 1976
- Estudio Microscópico de Muestras Mineralizadas de la Mina Caudalosa C. Cánepa
- Geología del Depósito de Plata de Candelaria
Freddy Llerena B.-Julián Paz B.
- XVI Convención de Ing. de Minas
- Geología del Distrito Minero de Huachocolpa
Injoque, Jorge; Valdivia, José
- Geología de Yacimientos Minerales - V.I. Smirnov
- Geology of Castrovirreyna - R.W. Lewis
- Boletín No. 30 - Primer Congreso Nacional de Geología
I Parte - Año 1956
- Geoestadística Alfaro S. Marco Antonio
Control geológico en la estimación de reservas
Diciembre '94
- Geoestadística - Chico M.; Leal G.; Salguero A.;
Delgado, J.
- Geoestadística - Tuncanaza, Tuncanaza
- Geoestadística I - Curso dictado en la F.I.G.M.M. -

U.N.I.

Profesor: Ing. Samuel Canchaya

Jefe de Práctica: Ing. Heller Bernabé

Geoestadística II - Curso dictado en la F.I.G.M.M. -

U.N.I.

Profesor: Ing. Oscar Bernuy V.

Jefe de Práctica: Ing. Augusto Teves R.

Geostatistics- Annels, Alwyn C.

Case histories and methods in mineral resources
evaluation.

Sept. '94

Geostatistics- Dowd P.A.

Integrated Computer package for geostatistical
estimation and modelling Institution of Mining
and Metallurgy

May-Aug '92

Geostatistics- Why Geostatistics? - A.G. Royle

Part 1-8

Mining Geostatistics - A.G. Journel & C.H. Huijbregts

Informaciones coloniales sobre las riquezas de

Castrovirreyna - A. Masías

Boletín No. 3

Metodología Simplificada para el Cálculo de Reservas en
Cuerpos Tabulares empleando el

Método Geoestadístico

Oscar Bernuy V.

Lima - Perú ; Junio 1979

Mineralización y comportamiento estructural del

Distrito Minero de Pacococha - Huancavelica

Antunez de Mayolo R., Elisario

1984

Some Alternatives to geostatistics for mining and
exploration - S. Henley and J.W. Aucott

Recent developments on the classification of mineral
reserves and resources - C. Schaffalitzky

Feb 1981

ANEXOS

RESULTADOS DE ESTIMACION DE RESERVAS

LISTADO DE PROGRAMAS EN QUATRO PRO

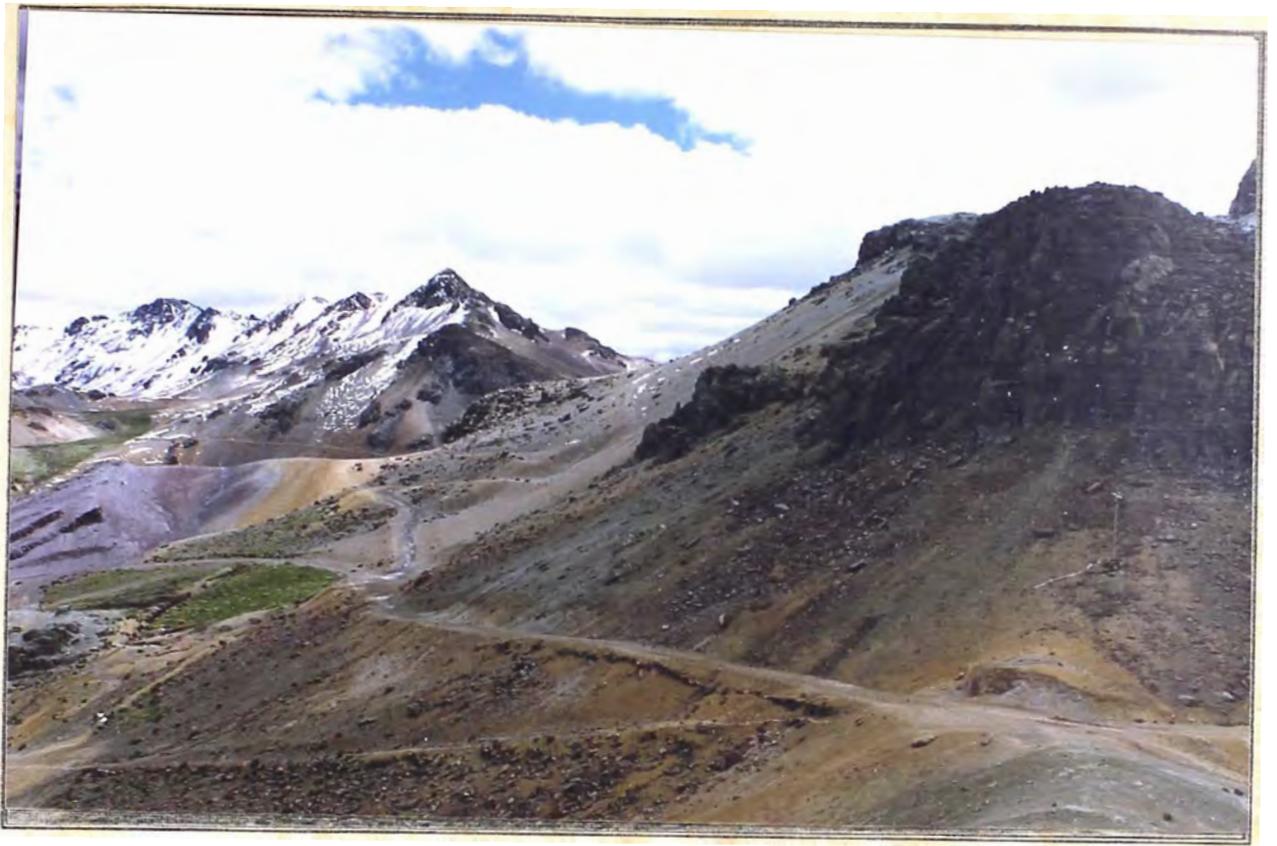
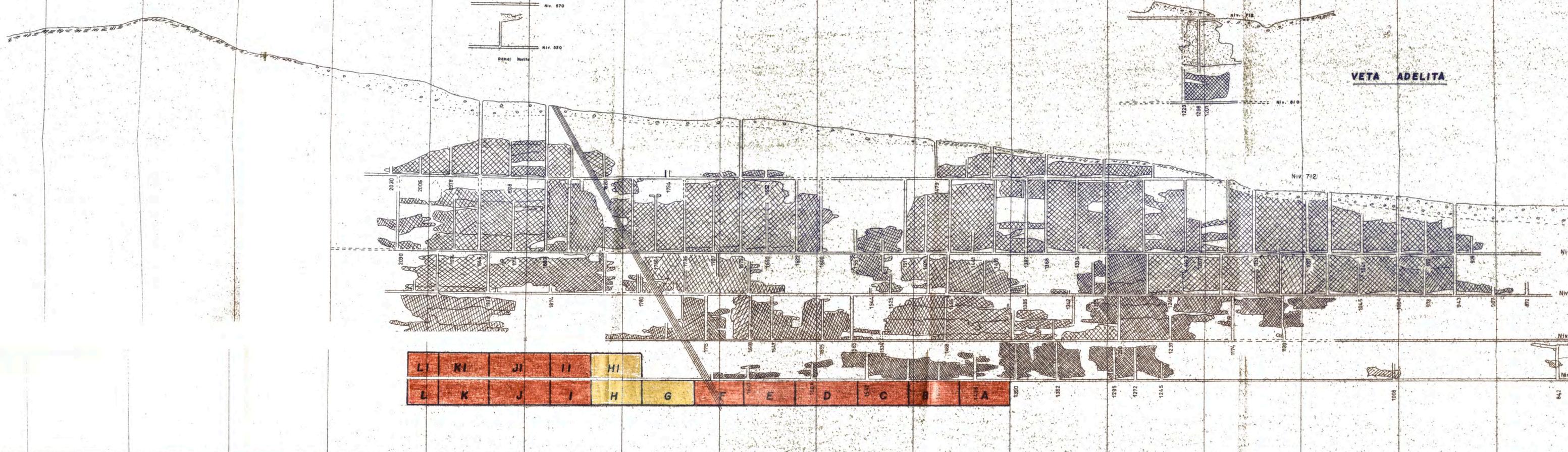


Foto No. 5: Secuencias volcánicas periféricos al centro volcánico Caudalosa



Foto No. 6: Secuencias volcánicas dentro del area correspondiente al centro volcánico de San Genaro-Castrovirreyna



VETA ADELITA

SPLIT ADELITA

CORP. MINERA CASTROVIRREYNA S.A		UNIDAD CAUDALOSA		VETA CANDELARIA 20	
Escola	Par	Dib.		Fecha	Plano No.
1 : 2,000				01 de Enero de 1996	

PLANO DE LABORES Y CUBICAJE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

VETA : CANDELARIA SEGUNDA

ESTIMACION SIMPLE DE RESERVAS

<i>No. Block</i>	<i>Ancho Mts.</i>	<i>LEYES DE ENSAYE</i>				<i>T.M.S.</i>	<i>Ancho Mts.</i>	<i>LEYES DE ENSAYE</i>			
		<i>Oz Ag</i>	<i>% Cu</i>	<i>% Pb</i>	<i>% Zn</i>			<i>Oz Ag</i>	<i>% Cu</i>	<i>% Pb</i>	<i>% Zn</i>
<i>A</i>	0.72	13.84	6.12	3.22	2.73	3713.58	1.02	9.76	4.31	2.27	1.93
<i>B</i>	0.90	13.31	9.58	2.07	2.77	4380.48	1.20	9.98	7.19	1.55	2.08
<i>C</i>	1.37	16.95	13.78	3.89	1.45	6770.40	1.67	13.91	11.31	3.19	1.19
<i>D</i>	0.82	2.44	10.94	5.46	2.83	4561.44	1.12	1.79	8.02	4.01	2.07
<i>E</i>	0.90	3.62	14.22	4.55	6.69	4875.00	1.20	2.72	10.67	3.42	5.02
<i>F</i>	1.19	2.25	14.89	7.11	5.57	6052.80	1.49	1.80	11.90	5.68	4.45
<i>G</i>	1.11	0.23	3.28	3.12	0.87	5725.20	1.41	0.18	2.59	2.46	0.69
<i>H</i>	1.18	0.27	2.32	1.54	1.00	5419.44	1.48	0.21	1.85	1.23	0.79
<i>I</i>	1.06	9.59	1.29	4.41	2.68	5506.80	1.36	7.47	1.01	3.44	2.09
<i>J</i>	0.90	21.72	1.54	7.01	2.17	4851.60	1.20	16.27	1.16	5.25	1.63
<i>K</i>	0.96	49.51	4.14	8.25	4.48	5101.20	1.26	37.70	3.15	6.28	3.41
<i>L</i>	1.59	34.66	11.10	11.72	4.57	4727.72	1.89	29.17	9.34	9.87	3.84
<i>HI</i>	1.18	0.27	2.32	1.54	1.00	5419.44	1.48	0.21	1.85	1.23	0.79
<i>II</i>	1.06	9.59	1.29	4.41	2.68	5506.80	1.36	7.47	1.01	3.44	2.09
<i>JI</i>	0.90	21.72	1.54	7.01	2.17	4851.60	1.20	16.27	1.16	5.25	1.63
<i>KI</i>	0.96	49.51	4.14	8.25	4.48	5101.20	1.26	37.70	3.15	6.28	3.41
<i>LI</i>	1.59	34.66	11.10	11.72	4.57	4727.72	1.89	29.17	9.34	9.87	3.84

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

VETA : CANDELARIA SEGUNDA

ESTIMACION DE RESERVAS POR METODO LOGNORMAL

<i>No. Block</i>	<i>Ancho Mts.</i>	<i>LEYES DE ENSAYE</i>				<i>T.M.S.</i>	<i>Ancho Mts.</i>	<i>LEYES DE ENSAYE</i>			
		<i>Oz Ag</i>	<i>% Ca</i>	<i>% Pb</i>	<i>% Zn</i>			<i>Oz Ag</i>	<i>% Cu</i>	<i>% Pb</i>	<i>% Zn</i>
<i>A</i>	0.85	2.87	2.02	1.53	1.45	4188.68	1.15	2.12	1.50	1.13	1.07
<i>B</i>	0.94	2.55	2.26	1.25	1.38	4535.27	1.24	1.93	1.71	0.95	1.05
<i>C</i>	1.12	3.45	2.42	1.53	1.05	5171.34	1.42	2.72	1.91	1.21	0.83
<i>D</i>	0.88	1.48	2.67	1.78	1.47	4318.98	1.18	1.11	2.00	1.33	1.10
<i>E</i>	0.95	1.58	2.79	1.69	2.10	4557.18	1.25	1.20	2.12	1.28	1.60
<i>F</i>	1.04	1.44	3.14	2.16	2.10	4901.71	1.34	1.12	2.44	1.68	1.63
<i>G</i>	1.02	0.47	1.39	1.36	0.83	4833.16	1.32	0.36	1.08	1.05	0.64
<i>H</i>	1.21	0.26	2.59	1.68	1.01	5508.44	1.51	0.21	2.08	1.35	0.81
<i>I</i>	1.06	19.30	1.39	4.78	3.97	5525.72	1.36	15.05	1.09	3.73	3.10
<i>J</i>	0.91	21.60	1.64	7.21	2.07	4924.89	1.21	16.26	1.24	5.43	1.56
<i>K</i>	1.00	54.01	3.92	9.96	4.30	5255.18	1.30	41.50	3.01	7.66	3.30
<i>L</i>	1.60	33.39	11.91	16.95	4.41	4738.00	1.90	28.11	10.03	14.27	3.71
<i>H1</i>	1.21	0.26	2.59	1.68	1.01	5508.44	1.51	0.21	2.08	1.35	0.81
<i>I1</i>	1.06	19.30	1.39	4.78	3.97	5525.72	1.36	15.05	1.09	3.73	3.10
<i>J1</i>	0.91	21.60	1.64	7.21	2.07	4924.89	1.21	16.26	1.24	5.43	1.56
<i>K1</i>	1.00	54.01	3.92	9.96	4.30	5255.18	1.30	41.50	3.01	7.66	3.30
<i>L1</i>	1.60	33.39	11.91	16.95	4.41	4738.00	1.90	28.11	10.03	14.27	3.71

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
VETA : CANDELARIA SEGUNDA

ESTIMACION DE RESERVAS POR METODO DEL KRIGEAGE

No. Block	Ancho Mts.	LEYES DE ENSAYE				T.M.S.	Ancho Mts.	LEYES DE MINADO			
		Oz Ag	% Cu	% Pb	% Zn			Oz Ag	% Cu	% Pb	% Zn
A	0.70	14.26	4.72	2.83	2.33	3780.39	1.00	9.98	3.30	1.98	1.63
B	0.87	13.79	9.91	0.33	2.01	4269.94	1.17	10.25	7.37	0.25	1.50
C	1.45	15.93	12.33	3.67	1.49	7115.32	1.75	13.21	10.22	3.04	1.24
D	0.78	4.51	11.55	5.89	3.11	4367.08	1.08	3.25	8.33	4.25	2.25
E	0.87	5.84	14.58	4.75	6.67	4763.47	1.17	4.35	10.85	3.54	4.96
F	1.23	6.75	14.36	6.83	5.34	6193.75	1.53	5.43	11.54	5.49	4.29
G	1.13	2.00	3.36	3.17	1.31	5785.58	1.43	1.58	2.65	2.51	1.03
H	1.18	0.35	3.23	2.02	1.34	5619.32	1.48	0.28	2.58	1.61	1.07
I	1.04	9.74	3.16	4.50	2.77	5447.66	1.34	7.56	2.45	3.49	2.15
J	0.86	22.59	0.43	7.32	2.36	4693.73	1.16	16.74	0.32	5.42	1.75
K	0.97	48.10	4.30	7.89	4.34	5144.94	1.27	36.72	3.28	6.02	3.32
L	1.68	32.10	10.24	10.63	4.22	8015.75	1.98	27.23	8.69	9.01	3.58
H1	1.18	0.35	3.23	2.02	1.34	5619.32	1.48	0.28	2.58	1.61	1.07
I1	1.04	9.74	3.16	4.50	2.77	5447.66	1.34	7.56	2.45	3.49	2.15
J1	0.86	22.59	0.43	7.32	2.36	4693.73	1.16	16.74	0.32	5.42	1.75
K1	0.97	48.10	4.30	7.89	4.34	5144.94	1.27	36.72	3.28	6.02	3.32
L1	1.68	32.10	10.24	10.63	4.22	8015.75	1.98	27.23	8.69	9.01	3.58

VALORES DE REGRESION LINEAL PARA EL NIVEL 490

<i>Pot.vs AcAg</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	6.64
Err Estándar Est Y=AcAg	28.66
R Cuadrado	0.02
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=Pot	7.36
Err Estándar de Coef.	3.24

<i>Pot.vs AcCu</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	4.16
Err Estándar Est Y=AcCu	15.74
R Cuadrado	0.02
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=Pot	3.92
Err Estándar de Coef.	1.78

<i>Pot.vs AcPb</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	3.82
Err Estándar Est Y=AcPb	8.44
R Cuadrado	0.01
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=Pot	1.51
Err Estándar de Coef.	0.95

<i>Pot.vs AcZn</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	2.88
Err Estándar Est Y=AcZn	3.92
R Cuadrado	0.00
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=Pot	0.32
Err Estándar de Coef.	0.44

<i>AcAg vs AcCu</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	8.03
Err Estándar Est Y=AcCu	15.86
R Cuadrado	0.00
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=AcC	0.02
Err Estándar de Coef.	0.03

<i>AcAg vs AcPb</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	4.32
Err Estándar Est Y=AcPb	8.19
R Cuadrado	0.07
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=AcA	0.08
Err Estándar de Coef.	0.02

<i>AcAg vs AcZn</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	2.93
Err Estándar Est Y=AcZn	3.88
R Cuadrado	0.02
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=AcA	0.02
Err Estándar de Coef.	0.01

<i>AcCu vs AcPb</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	4.54
Err Estándar Est Y=AcPb	8.31
R Cuadrado	0.04
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=AcC	0.10
Err Estándar de Coef.	0.03

<i>AcCu vs AcZn</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	2.92
Err Estándar Est Y=AcZn	3.88
R Cuadrado	0.02
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=AcC	0.04
Err Estándar de Coef.	0.01

<i>AcPb vs AcZn</i>	
Salida de Regresión:	
Constante	2.88
Err Estándar Est Y=AcZn	3.89
R Cuadrado	0.02
Nº de Observaciones	303.00
Grados de Libertad	301.00
Coeficiente(s) X=AcP	0.06
Err Estándar de Coef.	0.03

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

OPERA.(m)	POC.(m)	Acum Ag(oz.m/Un)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
652	1.40	8.11	1.33	5.46	1.54
654	1.50	7.53	1.71	6.15	1.88
656	1.40	17.37	1.86	13.30	2.24
658	1.70	18.58	3.40	12.41	2.21
660	1.60	5.14	1.12	0.88	2.72
662	1.70	5.25	1.19	1.11	2.98
664	1.70	4.37	1.02	1.11	2.21
666	0.20	6.87	1.78	0.18	0.25
668	0.40	10.59	0.27	0.95	0.99
670	0.90	5.62	3.14	0.62	1.66
672	0.70	4.44	2.74	0.53	2.51
674	1.20	8.48	1.08	2.47	2.52
676	0.90	6.23	0.00	2.16	2.70
678	0.70	18.91	1.75	4.97	1.47
680	0.30	2.93	0.35	0.93	1.68
682	0.30	5.18	0.77	0.32	1.24
684	0.60	6.76	0.96	0.39	1.26
686	1.10	10.84	1.10	2.42	6.16
688	1.00	6.56	0.90	0.90	3.55
690	1.00	41.67	6.66	3.00	2.10
692	0.80	11.73	1.50	3.64	2.08
694	1.00	32.15	2.70	4.50	2.35
696	0.60	13.27	1.50	2.58	1.20
700	1.00	6.56	3.30	2.30	1.15
702	1.30	10.04	1.14	3.51	2.34
704	1.20	13.88	1.26	4.50	1.20
706	1.20	8.33	1.20	1.44	2.70
708	0.70	2.01	0.42	0.53	2.73
710	0.90	13.55	0.27	1.35	4.73
712	1.30	8.70	3.71	0.72	3.90
714	0.80	8.13	2.40	1.84	0.76
716	1.10	17.55	1.93	3.74	1.38
718	1.40	24.85	1.75	5.60	10.22
720	1.50	14.57	1.35	2.55	2.55
722	1.50	14.09	1.50	2.40	2.25
724	1.60	51.65	6.40	3.92	2.32
726	2.00	20.58	1.20	2.30	3.40
728	1.60	11.52	1.60	3.52	4.00
730	1.50	19.44	1.65	2.33	3.90
732	1.50	56.19	5.85	2.18	2.10
734	1.00	38.19	3.75	3.10	1.20
736	0.80	28.09	2.80	1.52	1.32
738	0.70	6.39	0.77	0.77	1.26
740	0.60	6.17	0.72	0.45	0.84
742	0.80	12.01	1.47	2.73	4.40
744	0.80	10.50	1.40	2.96	5.84
746	1.00	22.12	1.60	5.10	5.75
748	1.00	28.29	1.50	4.90	5.90
750	1.20	29.32	1.92	5.52	0.72
752	1.00	24.43	5.00	2.50	3.65
754	1.00	23.15	3.45	2.60	3.20
756	1.00	15.17	1.40	5.70	5.90
758	1.20	10.49	1.80	7.68	6.36
760	0.50	14.52	1.72	5.06	2.50
762	0.50	9.27	0.30	2.31	6.65

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

COORDENADA (m)	PROFUNDIDAD (m)	Acum Ag (oz.m/Un)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
764	0.60	6.82	1.04	3.74	5.75
766	0.40	0.65	0.00	1.04	1.40
768	0.90	9.49	2.12	1.17	1.35
770	1.50	22.38	4.13	2.93	2.55
772	1.80	30.44	4.14	2.52	3.33
774	2.00	34.98	5.80	4.50	8.40
776	1.60	18.93	2.80	4.80	19.20
778	2.00	41.92	5.00	5.40	8.50
780	1.90	32.28	3.04	4.66	7.80
782	2.50	49.83	1.88	18.25	17.00
784	2.00	47.32	4.00	8.10	12.00
786	0.40	7.61	0.58	1.82	6.10
788	1.80	29.39	1.98	8.19	20.88
790	1.80	22.64	4.08	3.92	15.04
792	1.40	14.22	1.54	11.90	14.14
794	1.70	24.26	2.47	8.93	15.90
796	1.00	6.56	0.80	3.60	4.30
798	0.80	3.81	0.00	0.00	1.92
800	1.00	19.16	2.25	0.70	1.20
802	1.00	39.09	1.70	0.65	1.35
804	0.90	27.86	3.78	0.72	1.53
806	0.80	19.65	2.80	0.56	1.00
808	0.80	15.94	1.76	0.44	0.92
810	0.70	18.00	1.75	0.39	0.77
812	0.80	4.26	0.60	0.32	0.64
814	0.90	5.09	0.63	0.72	0.81
816	0.70	2.25	0.00	0.00	0.70
818	0.80	5.97	0.80	2.88	3.44
820	0.60	8.02	0.36	0.36	0.96

722	0.80	13.37	0.56	0.56	1.60
724	0.50	5.31	0.38	0.88	0.45
726	0.80	5.35	0.80	2.32	1.32
728	0.70	4.05	0.63	1.23	2.24
730	0.80	4.63	0.45	1.74	1.98
732	0.80	3.70	0.51	1.56	1.20
734	0.50	5.79	0.45	2.25	0.35
736	1.00	25.72	2.70	1.50	1.75
738	1.10	3.40	0.66	1.10	0.99
740	1.30	20.23	1.82	2.73	1.82
742	1.50	17.18	4.50	3.90	3.00
744	1.70	27.12	5.61	4.51	3.32
746	1.20	38.11	4.44	1.68	1.68
748	1.70	34.99	3.57	5.27	3.40
750	1.70	51.15	2.98	3.23	2.55
752	1.00	52.98	6.10	3.10	2.00
754	1.20	85.19	4.02	5.40	2.04

1232	1.40	20.31	0.00	0.00	0.00
1234	1.30	76.06	6.18	3.84	1.95
1236	0.40	54.53	0.00	0.00	0.00
1238	1.00	129.00	0.00	0.00	0.00
1240	0.80	98.46	10.76	6.20	1.36

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

COORDENADA (m)	PROFUNDIDAD (m)	Acum Ag (oz.m/Uc)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
1242	1.00	64.30	6.40	10.15	6.90
1244	0.30	7.72	0.00	0.00	0.00
1246	0.50	12.67	0.00	0.00	0.00
1248	0.30	44.52	0.00	0.00	0.00
1250	0.20	22.27	0.00	0.00	0.00
1252	0.60	79.24	7.80	11.58	3.12
1254	0.50	49.26	5.41	6.55	2.83
1256	0.80	14.82	2.83	2.56	1.20
1258	0.30	16.51	1.49	2.73	1.43
1260	0.30	13.58	1.12	2.22	1.68
1262	0.90	8.40	2.36	3.78	3.06
1264	0.90	13.31	3.23	4.73	3.15
1266	0.70	13.23	5.78	2.17	1.96
1268	0.90	22.17	9.51	3.83	2.84
1270	0.90	17.24	4.06	5.18	8.33
1272	1.00	19.09	3.64	4.25	6.50
1274	1.10	44.06	11.79	2.09	3.36
1276	1.40	63.60	7.84	16.10	1.82
1278	1.50	68.15	8.03	15.53	1.20
1280	0.90	34.28	4.57	5.32	2.99
1282	0.80	52.28	2.88	2.12	2.04
1284	0.90	53.70	4.50	1.85	1.80
1286	1.00	15.19	1.50	5.20	4.10
1288	0.30	8.58	0.65	0.66	0.38
1290	0.30	0.91	0.83	0.21	0.38
1292	0.50	1.17	0.73	0.23	0.40
1294	0.70	2.62	4.27	0.21	0.67
1296	0.70	5.32	1.89	0.74	0.74
1298	0.30	4.35	0.69	0.96	2.12
1300	1.60	4.50	0.24	2.16	2.08
1302	1.20	2.66	0.10	1.38	1.08
1304	0.40	1.82	0.03	0.70	0.96
1306	0.20	1.03	0.32	0.19	0.59
1308	1.30	3.20	0.26	1.69	1.56
1310	1.10	2.83	0.22	1.65	1.49
1312	0.20	3.37	0.46	0.54	1.08
1314	0.50	8.89	1.30	1.28	2.75
1316	1.60	0.00	0.48	0.64	1.60
1318	1.40	1.06	0.00	0.70	1.61
1320	0.90	10.51	1.11	3.40	3.26
1322	0.70	23.14	1.89	7.14	10.15
1324	0.80	22.93	2.08	8.08	13.68
1326	0.90	25.13	2.70	7.88	0.00
1328	1.20	7.93	0.96	2.88	0.00
1330	1.00	9.80	1.00	3.20	0.00
1332	0.90	9.04	0.77	4.23	0.00
1334	0.80	0.00	0.44	2.88	0.00
1336	0.90	29.66	5.63	0.72	0.95
1338	1.00	15.19	1.50	5.20	4.10
1340	0.90	8.38	1.44	4.68	2.48
1342	0.70	4.97	1.54	4.06	2.66
1344	0.50	3.55	0.75	2.00	1.50
1346	0.60	11.32	2.10	2.64	3.30
1348	0.60	9.77	1.80	1.80	2.22
1350	0.50	4.23	0.50	1.30	1.05

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

COTRIB.(m)	POU.(m)	Acum Ag(oz.m/Un)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
1352	0.80	16.46	1.40	2.40	3.00
1354	0.50	20.82	1.25	1.20	2.23
1356	0.50	13.29	1.20	1.10	2.35
1358	0.50	20.82	1.30	1.20	2.55
1360	0.50	6.72	0.40	1.65	6.20
1362	0.60	7.01	0.42	1.80	8.82
1364	0.60	16.09	1.35	3.96	6.68
1366	0.60	14.11	0.90	3.84	6.84
1368	1.00	58.05	3.25	4.70	4.50
1370	0.50	14.69	1.35	6.70	8.30
1372	0.70	20.22	1.93	10.33	13.13
1374	0.40	12.78	0.91	5.84	5.92
1376	0.60	5.80	2.10	0.60	2.73
1378	0.90	5.82	2.30	0.63	1.98
1380	1.00	6.31	0.80	1.20	3.25
1382	0.90	7.79	0.81	1.26	2.25
1384	1.00	6.55	0.85	2.30	5.30
1386	1.30	10.99	0.91	1.82	3.51
1388	1.50	10.47	0.90	1.95	3.90
1390	1.20	27.35	5.28	6.42	6.84
1392	1.10	20.57	4.18	4.84	7.81
1394	0.70	6.00	3.33	0.46	3.15
1396	1.00	13.10	1.00	2.40	2.40
1398	0.70	21.60	1.47	1.19	1.19

1400	0.35	17.02	3.85	2.91	1.61
1402	0.30	14.96	4.25	0.62	2.62
1404	0.40	17.51	3.70	2.80	1.02
1406	0.45	13.96	3.40	3.51	1.54
1408	0.25	18.00	3.80	4.53	1.67
1410	1.40	0.32	4.40	3.04	2.06
1412	0.70	15.80	1.77	3.89	1.92
1414	0.60	0.49	3.52	4.81	0.91
1416	0.55	4.41	19.25	2.84	0.81
1418	0.65	10.41	3.00	0.44	3.34
1420	0.80	2.82	1.52	2.67	2.07
1422	1.00	7.59	1.40	0.43	1.11
1424	1.10	2.88	18.68	3.77	1.94
1426	0.50	0.34	0.18	1.07	3.08
1428	0.80	0.31	6.31	5.04	4.61
1430	1.40	0.17	10.18	1.42	1.19
1432	0.50	1.07	6.15	1.70	1.11
1434	0.80	9.55	2.15	0.60	0.75
1436	0.70	8.32	2.25	0.70	0.85
1438	0.60	7.71	2.40	0.50	0.70
1440	0.80	8.45	2.30	0.40	0.75
1442	1.00	12.24	2.10	0.80	0.25
1444	0.60	27.25	5.35	0.80	1.60
1446	0.50	48.25	0.85	9.90	11.80
1448	0.80	4.65	0.85	0.40	0.80
1450	1.10	3.67	0.50	0.45	0.85
1452	1.30	3.43	0.05	1.10	0.85
1454	1.00	2.69	0.05	0.60	0.75
1456	1.20	2.45	1.53	0.50	0.70
1458	1.10	6.12	0.90	0.45	0.85

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

COORDENADA (m)	PROFUNDIDAD (m)	Acum Ag (g.m/lt)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
1460	0.80	79.36	11.25	2.80	1.10
1462	0.90	38.21	38.10	2.00	0.75
1464	1.30	20.57	5.75	2.10	0.70
1466	0.30	6.98	8.40	0.40	1.25
1468	0.60	2.72	3.00	1.57	8.93
1470	0.90	0.71	5.87	3.48	0.69
1472	1.20	0.13	6.57	1.32	0.88
1474	1.60	15.67	0.64	2.55	4.12
1476	1.00	7.71	2.14	0.57	0.79
1478	0.70	1.19	0.74	3.50	6.11
1480	0.60	0.05	0.74	0.60	2.11
1482	0.50	0.71	17.14	0.69	7.04
1484	0.60	0.51	0.53	0.33	0.54
1486	0.60	0.56	6.01	0.70	0.95
1488	0.50	0.24	5.48	0.43	0.41
1490	0.80	27.56	11.51	6.35	0.97
1492	0.90	9.31	31.40	2.30	0.29
1494	1.00	17.02	4.56	0.62	5.18
1496	1.00	8.82	51.61	0.48	6.02
1498	1.00	25.84	7.63	1.50	4.71
1500	1.00	31.84	1.13	3.24	7.27
1502	1.00	1.11	1.52	8.18	0.85
1504	1.90	31.35	5.98	2.21	3.09
1506	2.20	25.23	1.05	2.39	2.65
1508	2.20	23.27	8.01	2.18	0.57
1510	2.40	25.35	6.13	4.93	0.84
1512	2.40	30.98	5.44	1.51	1.50
1514	1.90	56.07	5.72	0.70	0.39
1516	1.60	40.42	5.98	20.48	4.63
1518	1.80	49.72	6.84	0.71	0.96
1520	2.00	40.17	2.13	0.25	0.53
1522	1.00	13.96	6.30	10.15	0.30
1524	1.00	6.66	8.08	3.28	3.79
1526	1.50	0.35	4.11	5.10	0.39
1528	1.10	0.08	3.23	5.44	0.37
1530	0.90	0.23	0.81	0.66	1.27
1532	0.80	9.67	24.07	1.82	2.28
1534	0.90	17.39	24.41	2.36	0.85
1536	0.50	41.04	0.13	1.12	1.39
1538	0.40	54.25	0.21	7.28	1.43
1540	0.60	29.95	16.17	4.78	0.29
1542	0.70	14.21	0.04	0.87	0.15
1544	0.80	44.40	8.67	0.81	6.23
1546	0.80	47.85	156.65	0.55	6.35
1548	1.20	0.19	1.45	26.86	7.16
1550	1.50	0.49	2.71	0.77	4.14
1553	2.00	0.22	132.13	4.34	0.23
1556	1.50	0.08	54.27	27.02	0.18
1559	0.90	3.80	0.48	5.24	0.44
1562	1.40	1.85	1.81	0.61	0.88
1565	0.30	0.01	18.84	0.80	0.10
1568	0.70	0.27	3.50	1.76	0.72
1571	1.60	1.63	0.03	4.71	2.04
1574	1.50	0.02	0.01	0.43	0.57
1577	1.70	1.63	9.94	0.69	0.46

COORD. (m)	PROF. (m)	Arum Ag (oz.m/Un)	Arum Cu (%)	Arum Pb (%)	Arum Zn (%)
1580	1.20	5.42	0.83	0.53	2.68
1583	0.30	0.63	5.08	3.82	0.80
1586	0.80	2.90	8.63	23.13	3.08
1589	1.70	0.23	1.80	1.91	0.57
1592	0.30	2.40	2.94	0.77	2.82
1595	0.40	0.75	2.47	0.15	1.87
1598	0.80	1.95	44.61	1.61	3.45
1600	0.90	1.95	9.08	4.35	3.65
1602	0.95	1.59	4.32	2.12	2.39
1604	1.15	1.71	39.70	0.74	8.43
1606	0.75	2.81	3.73	4.18	7.35
1608	0.75	3.00	3.70	28.75	0.59
1610	0.70	3.12	12.83	0.95	7.29
1612	0.44	1.84	10.28	3.40	1.16
1614	0.30	1.47	15.75	1.77	1.38
1616	0.30	1.23	3.05	16.39	0.20
1618	0.30	0.05	3.08	2.10	0.69
1620	0.30	1.80	26.96	2.52	2.68
1622	1.00	8.25	1.08	3.72	4.36
1624	1.10	0.82	34.55	27.09	9.02
1626	1.30	0.10	4.87	3.09	3.11
1628	1.30	0.73	2.50	0.63	1.56
1630	0.80	0.27	0.16	3.13	1.21
1632	0.50	0.89	4.76	10.18	0.55
1634	0.80	5.17	10.82	0.98	10.15
1636	1.40	2.60	2.84	0.78	0.92
1638	1.20	0.02	0.48	1.65	2.65
1640	0.90	8.80	3.75	1.09	1.49
1642	0.80	2.86	42.48	0.50	7.05
1644	1.10	12.75	1.56	0.92	8.38
1646	1.00	0.05	9.10	2.16	6.13
1648	1.00	0.05	19.18	2.03	6.75
1650	0.90	0.05	21.87	1.68	9.09
1652	0.90	3.67	0.41	7.13	12.19
1654	0.90	2.08	0.46	2.67	1.47
1656	0.90	2.69	3.50	1.34	9.49
1658	0.90	2.57	5.42	0.29	3.64
1660	0.90	3.31	45.97	7.44	16.56
1662	0.45	15.47	3.43	1.87	0.99
1664	0.60	5.04	11.10	8.51	4.14
1666	0.80	4.35	16.06	2.34	12.31
1668	0.80	1.04	25.39	7.42	2.33
1670	0.60	3.43	8.62	2.97	19.59
1672	0.80	3.18	44.09	1.73	1.69
1674	0.80	2.94	10.02	7.13	4.30
1676	0.90	3.67	7.11	2.27	8.86
1678	0.50	2.94	16.62	8.78	5.22
1680	0.60	2.69	4.68	4.53	7.42
1682	0.80	2.69	25.81	0.63	6.11
1684	0.70	2.94	19.06	21.32	10.59
1686	0.50	2.57	10.65	4.32	8.93
1688	0.50	7.70	10.99	1.97	13.37
1690	0.60	10.65	22.07	9.82	5.17
1692	1.00	10.50	16.95	13.96	11.86
1694	2.30	1.85	28.14	4.81	14.86

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

COTE (m)	POT (m)	Cont Ag (oz.m/Un)	Cont Cu (%)	Cont Pb (%)	Cont Zn (%)
1696	1.40	1.56	12.83	1.94	5.88
1698	0.60	1.22	1.85	4.48	10.67
1700	0.80	2.15	17.40	6.89	5.15
1702	0.50	1.64	33.89	37.65	3.81
1704	1.80	3.46	14.77	2.11	6.31
1706	1.60	2.02	18.60	9.69	5.38
1708	0.90	1.12	21.15	4.25	8.62
1710	0.90	1.96	6.79	2.62	9.49
1712	1.70	2.08	27.49	1.43	6.58
1714	1.30	1.74	10.62	29.36	10.49
1716	1.40	0.40	60.29	9.13	1.36
1718	2.40	0.14	11.04	14.81	0.42
1720	2.00	2.05	2.91	0.42	4.22
1722	2.80	0.00	49.12	13.26	1.64
1724	1.50	0.04	9.77	8.35	0.24
1726	1.00	0.10	1.02	1.53	0.14
1728	1.00	0.19	29.78	3.43	0.07
1730	1.00	0.11	12.92	20.85	3.54
1732	1.90	0.69	4.88	3.25	0.61
1734	2.40	0.14	0.06	0.32	0.15
1736	0.40	0.01	1.17	0.15	7.31
1738	0.90	0.49	0.15	0.48	0.56
1740	1.00	0.01	3.15	0.88	1.39
1742	1.00	0.40	0.51	1.36	0.16
1744	2.50	0.01	0.59	7.78	0.36
1746	0.50	0.18	0.01	2.47	1.03
1748	1.30	0.50	0.52	0.61	0.23
1750	0.60	0.47	0.02	15.96	0.52
1752	1.00	1.29	0.95	2.21	0.73
1754	1.10	0.03	0.76	0.22	0.49
1756	1.20	0.02	0.28	4.09	1.62
1758	0.70	0.05	8.36	0.33	0.13
1760	1.00	0.25	1.09	3.23	0.75
1762	1.50	0.04	2.80	1.03	0.76
1764	0.80	0.13	0.26	1.53	1.22
1766	1.00	0.65	1.70	0.10	0.47
1768	0.60	0.12	1.83	0.26	0.53
1770	1.10	0.17	2.82	1.09	0.48
1772	1.30	0.17	10.36	3.26	0.42
1774	1.30	0.16	0.21	0.92	0.95
1776	1.10	0.09	3.91	1.29	0.49
1780	0.70	0.17	5.85	13.21	0.32
1782	1.50	0.31	1.17	1.07	0.70
1784	1.10	0.06	1.41	0.12	1.41
1786	0.80	0.44	0.12	0.09	0.70
1788	1.30	0.58	4.80	2.24	0.72
1790	1.30	0.16	7.34	1.95	0.87
1792	1.20	0.15	0.72	10.65	0.49
1794	1.10	0.28	1.67	1.31	1.29
1796	1.00	0.10	0.29	7.07	0.95
1798	1.00	0.12	3.11	0.55	0.59
1800	1.40	0.11	10.41	0.36	0.83
1802	1.40	0.13	1.16	0.87	1.30
1804	1.50	0.65	0.82	4.76	2.98
1806	1.70	0.20	4.67	0.04	1.79

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

COORDENADA (m)	PUNTO (m)	Acum Ag (oz.m/Un)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
1808	0.40	0.29	0.84	0.94	1.01
1810	1.30	1.03	4.80	6.52	1.18
1812	0.30	0.15	1.45	0.19	1.39
1814	1.60	0.30	4.39	0.56	2.18
1816	1.50	0.15	1.19	0.60	1.35
1818	1.30	0.23	5.41	1.07	1.18
1820	0.40	0.50	3.70	0.83	1.18
1822	1.20	0.75	5.94	1.28	1.77
1824	1.40	0.12	2.40	0.25	0.72
1826	1.30	0.24	2.35	0.11	0.11
1828	1.00	0.30	0.23	2.32	2.91
1830	2.10	0.34	0.28	0.45	0.32
1832	0.70	0.48	0.77	1.12	0.72
1834	1.00	0.41	0.50	0.55	1.54
1836	1.10	0.29	0.43	0.99	0.14
1838	0.90	0.03	0.74	1.75	0.05
1840	0.40	0.12	0.08	3.29	0.14
1842	0.40	5.20	0.48	1.72	1.79
1844	0.60	8.96	0.11	3.04	4.80
1846	1.30	17.29	3.43	15.05	0.43
1848	2.40	2.24	8.95	0.35	0.42
1850	0.80	1.81	0.80	1.50	2.63
1852	1.30	14.14	2.42	0.67	1.31
1854	0.70	0.44	0.57	1.81	0.11
1856	1.20	18.74	0.21	0.30	0.46
1858	1.90	7.50	0.07	0.73	5.24
1860	0.40	10.33	2.88	0.27	5.32
1862	1.30	4.85	2.10	0.84	8.37
1864	0.70	1.19	0.78	0.23	2.41
1866	0.90	0.93	0.84	1.36	4.70
1868	0.70	12.19	1.68	7.22	3.49
1870	1.20	6.31	0.47	26.67	2.73
1872	1.00	33.14	0.14	12.36	3.21
1874	1.70	12.70	1.43	9.78	2.25
1876	0.60	33.25	1.90	10.07	4.96
1878	1.10	3.80	2.40	0.58	3.68
1880	1.60	6.99	1.00	8.03	4.85
1882	1.70	34.84	0.22	3.62	4.48
1884	0.60	26.03	0.91	8.58	4.16
1886	1.50	7.86	1.13	1.23	5.61
1888	1.30	1.87	0.15	3.31	2.26
1890	0.30	4.10	3.30	24.90	0.55
1892	1.10	4.75	2.56	3.04	3.19
1894	1.70	4.07	2.54	12.23	1.49
1896	0.20	3.59	0.57	2.95	0.50
1898	1.00	13.13	0.44	8.48	0.67
1900	0.80	33.16	1.30	5.39	2.61
1902	1.40	3.36	2.18	14.81	0.83
1904	0.60	10.96	0.33	10.40	0.85
1906	0.50	8.03	0.44	1.12	2.06
1908	0.40	5.30	0.23	3.72	1.25
1910	0.40	12.69	4.68	6.99	1.02
1912	0.70	6.38	3.20	1.41	0.83
1914	0.70	22.54	0.56	19.21	1.93
1916	1.30	32.42	2.55	10.19	0.68

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NIVEL 490 - VETA CANDELARIA SEGUNDA

Profundidad (m)	Peso (m)	Acum Ag (oz.m/Un)	Acum Cu (%)	Acum Pb (%)	Acum Zn (%)
1918	0.30	26.44	0.07	1.28	0.73
1920	0.70	49.17	0.81	2.40	0.93
1922	0.60	17.60	3.22	3.94	0.75
1924	0.90	46.79	0.73	12.39	6.89
1926	1.00	19.92	1.16	1.33	1.00
1928	1.20	40.79	0.60	1.42	4.53
1930	1.70	19.80	0.42	5.95	1.08
1932	1.20	93.10	1.61	0.48	1.63
1934	0.70	7.26	0.62	0.87	0.34
1936	1.10	11.04	0.59	3.88	6.47
1938	1.40	5.27	2.33	0.96	3.42
1940	0.10	32.19	0.28	15.53	1.07
1942	0.30	13.23	0.96	3.61	4.20
1944	0.50	45.81	4.15	0.14	1.95
1946	0.50	65.81	1.02	0.21	2.27
1948	1.20	18.17	2.17	1.36	4.59
1950	1.10	39.38	10.76	0.90	4.65
1952	0.80	33.03	5.70	3.13	0.69
1954	0.50	1.62	0.73	1.32	11.70
1956	0.50	16.74	0.88	3.55	0.40
1958	0.50	20.36	3.37	31.25	2.31
1960	1.10	4.14	1.34	20.47	26.00
1962	0.90	27.47	1.38	2.39	1.04
1964	0.40	60.32	0.61	0.19	3.02
1966	0.30	33.30	10.27	5.99	3.74
1968	0.60	31.60	1.97	3.42	3.78
1970	1.00	66.79	1.35	0.63	0.59
1972	0.90	33.79	1.90	26.54	0.87
1974	0.80	146.67	0.26	11.45	0.74
1976	0.70	21.23	3.66	35.67	0.68
1978	1.60	101.56	1.66	1.44	13.39
1980	1.40	62.40	7.47	0.53	0.31
1982	1.80	176.59	0.36	4.91	0.58
1984	2.10	47.01	0.69	2.10	0.49
1986	1.90	96.81	10.81	4.61	14.72
1988	2.00	31.51	27.04	23.07	4.39
1990	1.80	25.34	18.28	2.98	9.97
1992	1.50	65.28	27.32	43.78	5.19
1994	1.90	57.86	16.28	3.32	2.73
1996	1.30	22.88	14.57	0.91	6.42
1998	1.40	63.08	26.83	16.03	6.64
2000	1.50	10.81	18.50	0.82	1.99
2002	2.00	9.45	2.39	3.37	13.29
2004	1.50	54.77	1.63	0.32	28.97
2006	2.00	8.16	8.13	19.35	5.28
2008	1.10	5.90	19.50	5.39	6.12
2010	1.70	323.13	11.26	34.41	11.55
2012	1.50	15.63	2.15	39.48	3.50
2014	1.70	41.99	3.83	34.41	5.01
2016	0.80	128.02	11.64	34.41	3.36
2018	1.90	47.60	82.64	61.73	4.64
2020	1.90	33.73	33.07	4.39	3.37
2022	1.60	25.76	2.81	12.62	5.69

MACRO PARA LA ELIMINACION DE ALTOS ERRATICOS

```
{inicio}{fin}{abajo}{d}{fin}{abajo}{abajo 2}@media({fin}{arriba}.{fin}{arriba})~
{abajo}@var({fin}{arriba}{fin}{arriba}.{fin}{arriba})~{abajo}@std({fin}{arriba}
{fin}{arriba}.{fin}{arriba})~{fin}{arriba}{meta 332}{fin}{abajo}~{d}.{d 3}~{i}MEDIA{abajo}
VAR{abajo}DESV. STD{fin}{arriba}/at{fin}{abajo}{fin}{d}~gz{arriba}{d 2}VALORES
ESTADISTICOS~/at{d 2}~agz{fin}{i}/ed{abajo 3}{fin}{d}~{abajo 3}~{fin}{abajo}{fin}{abajo}
{abajo 2}{i}{d}2*({arriba 2}+{arriba 4})~/ec~{d}.{d 3}~{i}ALTO ERRATICO{d}/ev{fin}{d}~
{inicio}{fin}{abajo}{fin}{d}{d 2}~{arriba 4}/ev{fin}{d}~{inicio}{fin}{abajo}{fin}{d}{fin}{d}{fin}{
d}~{inicio}{fin}{abajo}{fin}{d}{fin}{d}/eic{d 4}~@if(({i 6}>{d 5})#or#({i 6}={d 5});{d 10};{i 6}
{d}@if(({i 6}>{d 5})#or#({i 6}={d 5});{d 10};{i 6})~{d}@if(({i 6}>{d 5})#or#({i 6}={d 5});{d 10}
{d 6})~{d}@if(({i 6}>{d 5})#or#({i 6}={d 5});{d 10};{i 6})~{d}@if(({i 6}>{d 5})#or#({i 6}={d 5}
{d 10};{i 6})~{fin}{i}/ec{fin}{d}~{abajo}.{i 2}{fi}{abajo}{d 2}~/ev{d 4}{fin}{abajo}~{i 6}~/
esc{fin}{d}~{i 7}/at{fin}{d}{fin}{abajo}~agvgz
```

MACRO PARA LA OBTENCION DE LOS VALORES DE REGRESION LINEAL

```
{inicio}{fin}{ab}{d 2}/uorri.{fin}{ab}~d{i}.{fin}{ab}~s{ctrl+avpag}{inicio}~c
{inicio}{fin}{ab}{d 2}/uorri.{fin}{ab}~d{d}.{fin}{ab}~s{ctrl+avpag 2}{inicio}~c
{inicio}{fin}{ab}{d 2}/uorri.{fin}{ab}~d{d 2}.{fin}{ab}~s{ctrl+avpag 3}{inicio}~c
{inicio}{fin}{ab}{d 2}/uorri.{fin}{ab}~d{d 3}.{fin}{ab}~s{ctrl+avpag 4}{inicio}~c
{ctrl+avpag 2}/ed{ab 9}{d 4}~{ctrl+repag}{inicio}{ab 12}~{ctrl+avpag}/ed{ab 9}{d 4}~
{ctrl+repag 2}{inicio}{ab 24}~{ctrl+avpag}{inicio}/ed{ab 9}{d 4}~{ctrl+repag 3}{inicio}{ab 36}
{ctrl+repag 3}{inicio}/eif~ REGRESION ENTRE Ag vs Pot.~{ab 12} RE
GRESION ENTRE Ag vs Cu~{ab 12} REGRESION ENTRE Ag vs Pb~{ab 12}
REGRESION ENTRE Ag vs Zn~{inicio}/ed{d 4}{fin}{ab}{i}{fin}{ar}{ab 3}~{ctrl+inicio}
{inicio}{fin}{ab}{fin}{d}{d 3}~{ctrl+inicio}{inicio}/aoo.{d 7}~
```


MACRO PARA OBTENER LOS VALORES DEL VARIOGRAMA TEORICO

```

{inicio}{ab 2} ^ Pot.(m){ab} ^ Acum. Ag{ab} ^ Acum. Cu{ab} ^ Acum. Pb{ab}Acum. Zn ~
{fin}{ar}{ar}{d} ^ a{d} ^ CO{d} ^ C1{ar}{i 2} VALORES DE VARIOGRAMA{i}/at{ab 6}{d 3} ~
ad{esc}{d 3} ~ bd{esc 2}{ab}.{ab 5}{d 3} ~ vd{esc}{esc}{ab}.{d 3} ~ bdz
/XN"Para potencia el valor a" ~ {esc}{inicio}{ab 2}{d} ~
/XN"Para potencia el valor C0" ~ {esc}{inicio}{ab 2}{d 2} ~
/XN"Para potencia el valor C1" ~ {esc}{inicio}{ab 2}{d 3} ~
/XN"Para Acum. Ag el valor a" ~ {esc}{inicio}{ab 3}{d} ~
/XN"Para Acum. Ag el valor C0" ~ {esc}{inicio}{ab 3}{d 2} ~
/XN"Para Acum. Ag el valor C1" ~ {esc}{inicio}{ab 3}{d 3} ~
/XN"Para Acum. Cu el valor a" ~ {esc}{inicio}{ab 4}{d} ~
/XN"Para Acum. Cu el valor C0" ~ {esc}{inicio}{ab 4}{d 2} ~
/XN"Para Acum. Cu el valor C1" ~ {esc}{inicio}{ab 4}{d 3} ~
/XN"Para Acum. Pb el valor a" ~ {esc}{inicio}{ab 5}{d} ~
/XN"Para Acum. Pb el valor C0" ~ {esc}{inicio}{ab 5}{d 2} ~
/XN"Para Acum. Pb el valor C1" ~ {esc}{inicio}{ab 5}{d 3} ~
/XN"Para Acum. Zn el valor a" ~ {esc}{inicio}{ab 6}{d} ~
/XN"Para Acum. Zn el valor C0" ~ {esc}{inicio}{ab 6}{d 2} ~
/XN"Para Acum. Zn el valor C1" ~ {esc}{inicio}{ab 6}{d 3} ~
{inicio}{ab 5}{d 9}/el{esc}{inicio}{ab 5}{d 9}.{ab 19} ~ 1 ~ ~ /anf0 ~ {esc}{inicio}{ab 5}{d 9}.{fin}
{ab} ~ {inicio}{ab 5}{d 9}{ar} ^ h{d} ^ Var(Pot){d} ^ Var(AcAg){d} ^ Var(AcCu){d} ^ Var(AcPb)
{d} ^ Var(AcZn) ~ /at{fin}{i}{fin}{ab} ~ agvg{esc}{fin}{i} ~ bgz{inicio}
{ab 5}{d 9}{ar 3}{d 2} VALORES DE VARIOGRAMA TEORICO{arriba 2}{d} BLOCK A ~
{i 2}{ab 5}{d}/eic{d 2} ~ /ec{esc}{inicio}{d}{ab 2}.{d 2} ~ ~ {i}
@if(((i) > {d} #or# {i} = {d});{d 2} + {d 3};{d 2} + ((d 3)*(1.5*({i}/{d}))) - 0.5*(((i)/{d}) ^ 3)) ~
{d 5}/eic{d 2} ~ /ec{esc}{inicio}{d}{ab 3}.{d 2} ~ ~ {i}
@if(((i){fin}{i} > {d} #or# {i}{fin}{i} = {d});{d 2} + {d 3};{d 2} + ((d 3)*(1.5*({i}{fin}{i}/{d}))) - 0.5*(((i){fin}{i}/{d}) ^ 3)) ~
{d 5}/eic{d 2} ~ /ec{esc}{inicio}{d}{ab 4}.{d 2} ~ ~ {i}
@if(((i){fin}{i} > {d} #or# {i}{fin}{i} = {d});{d 2} + {d 3};{d 2} + ((d 3)*(1.5*({i}{fin}{i}/{d}))) - 0.5*(((i){fin}{i}/{d}) ^ 3)) ~
{d 5}/eic{d 2} ~ /ec{esc}{inicio}{d}{ab 5}.{d 2} ~ ~ {i}
@if(((i){fin}{i} > {d} #or# {i}{fin}{i} = {d});{d 2} + {d 3};{d 2} + ((d 3)*(1.5*({i}{fin}{i}/{d}))) - 0.5*(((i){fin}{i}/{d}) ^ 3)) ~
{d 5}/eic{d 2} ~ /ec{esc}{inicio}{d}{ab 6}.{d 2} ~ ~ {i}
@if(((i){fin}{i} > {d} #or# {i}{fin}{i} = {d});{d 2} + {d 3};{d 2} + ((d 3)*(1.5*({i}{fin}{i}/{d}))) - 0.5*(((i){fin}{i}/{d}) ^ 3)) ~
{fin}{i}{d}/ec{fin}{d} ~ {ab}.{i}{fin}{ab}{d} ~ /ev{fin}{ab} ~ ~ {d}/esc{d 2} ~ /ev{fin}{ab} ~ ~
{d}/esc{d 2} ~ /ev{fin}{ab} ~ ~ {d}/esc{d 2} ~ /ev{fin}{ab} ~ ~ {d}/esc{d 2} ~ /ev{fin}{ab} ~ ~ {d}
/esc{d 2} ~ {i}{fin}{i}{ar 5}/ed{fin}{ab}{fin}{ab}{fin}{d} ~ {inicio}{ab 8} ~ {inicio}{fin}
{ab}{fin}{ab}{fin}{ab}/at{fin}{ab}{fin}{d} ~ agz

```

MACRO PARA CREACION DE GRAFICOS DE VARIOGRAMA

{ir}k6~/gprgzsx.{fin}{abajo}~1{d}.{fin}{abajo}~zk6t1NIVEL 490~2VARIOGRAMA EXPERIMENTAL-BLOCK A~
xh~yVar(h)~l1Var(Pot)~zzxn0~zatdymi3razncVARBLA1~z

{ir}k6~/gprgzsx.{fin}{abajo}~2{d 2}.{fin}{abajo}~zk6t1NIVEL 490~2VARIOGRAMA EXPERIMENTAL-BLOCK A~
xh~yVar(h)~l2Var(AcAg)~zzxn0~zatdymi3razncVARBLA2~z

{ir}k6~/gprgzsx.{fin}{abajo}~3{d 3}.{fin}{abajo}~zk6t1NIVEL 490~2VARIOGRAMA EXPERIMENTAL-BLOCK A~
xh~yVar(h)~l3Var(AcCu)~zzxn0~zatdymi3razncVARBLA3~z

{ir}k6~/gprgzsx.{fin}{abajo}~4{d 4}.{fin}{abajo}~zk6t1NIVEL 490~2VARIOGRAMA EXPERIMENTAL-BLOCK A~
xh~yVar(h)~l4Var(AcPb)~zzxn0~zatdymi3razncVARBLA4~z

{ir}k6~/gprgzsx.{fin}{abajo}~5{d 5}.{fin}{abajo}~zk6t1NIVEL 490~2VARIOGRAMA EXPERIMENTAL-BLOCK A~
xh~yVar(h)~l5Var(AcZn)~zzxn0~zatdymi3razncVARBLA5~z