

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



Puno – PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**“COCIENTES METÁLICOS Y CALCULO DE RESERVAS
MINERALES DE LA VETA CINTHIA -PROYECTO MINERO
CARACOL S.A.C.-BARRANCA-LIMA”**

TESIS

PRESENTADO POR BACHILLER:

PASCUAL BAYLON MORALES CATATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:	Msc. Ariel Aquino Pacheco
PRIMER MIEMBRO:	Msc. Newton Machaca Cusilayme
SEGUNDO MIEMBRO:	Ing. Agustín Víctor Vélez Vilca
ASESOR DE TESIS:	Ing. Luis V Ortiz Gallegos
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. Roberto Zegarra Ponce

Puno - PERÚ
2014

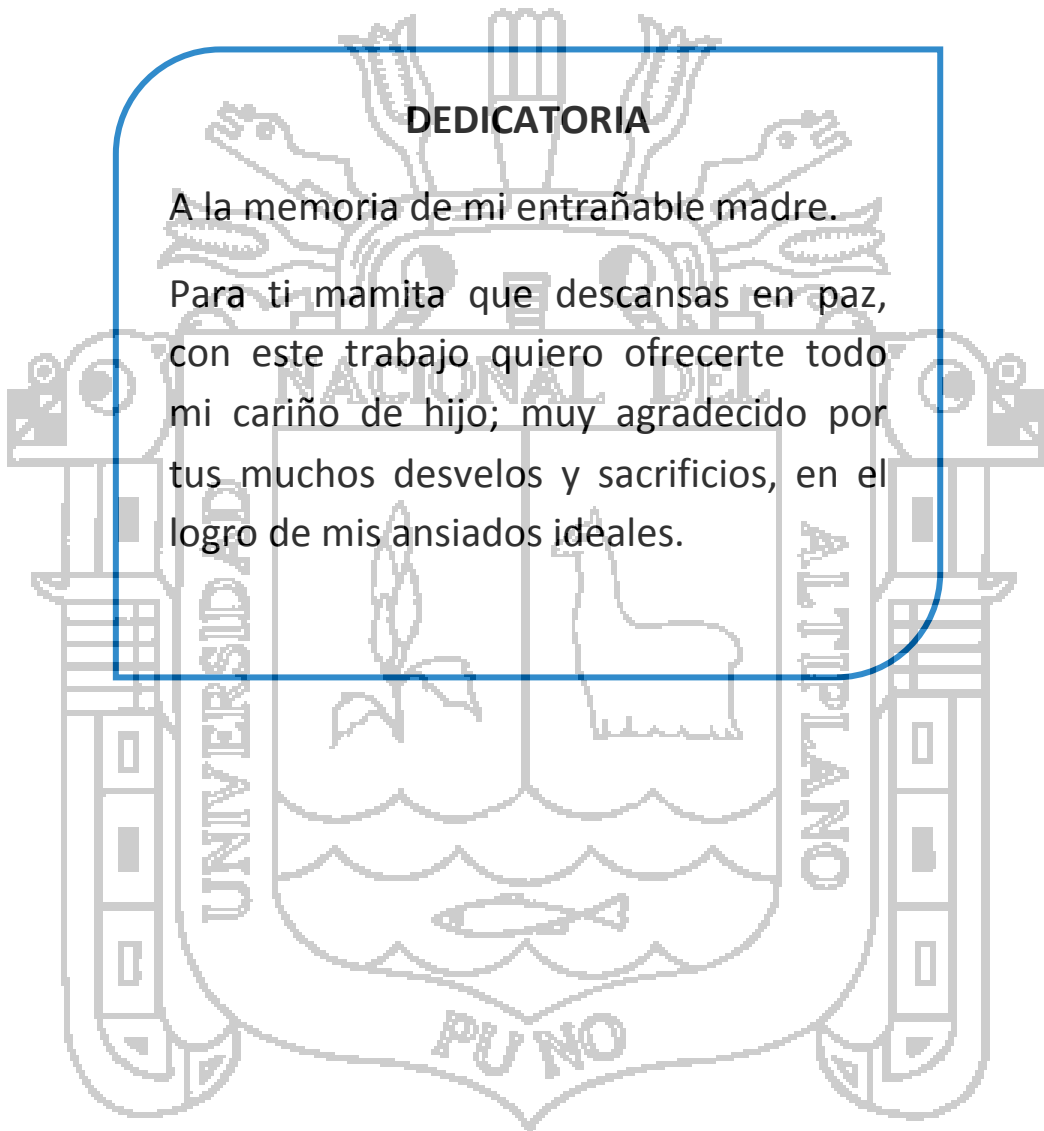
AREA: Recursos naturales y medio ambiente

TEMA: Prospección y evaluación de los yacimientos polimetálicos

DEDICATORIA

A la memoria de mi entrañable madre.

Para ti mamita que descansas en paz, con este trabajo quiero ofrecerte todo mi cariño de hijo; muy agradecido por tus muchos desvelos y sacrificios, en el logro de mis ansiados ideales.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica. A la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica por su formación académica.

A la empresa Minera Caracol S.A.C. quien es la empresa que me permitió realizar la investigación en su unidad Caracolito.

A mi asesor de tesis el Ing. Luis Ortiz Gallegos y a mi director de tesis el Ing. Roberto Zegarra Ponce, por su minuciosa revisión y sugerencias finales, en la culminación de mi proyecto de tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.3	Antecedentes del problema.....	2
1.4	Justificación.....	3
1.5	Hipótesis.....	4
1.6	Objetivos.....	4
1.6.1	Objetivos generales.....	4
1.6.2	Objetivos específicos.....	4
1.7.	Metodología de estudio.....	5

CAPITULO II MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1	Geomorfología.....	7
2.2	Geomorfología Regional.....	7
2.2.1	Unidades geomorfológicas.....	7
2.2.1.1	Dominio costero.....	8
2.2.1.2	Dominio andino.....	8
2.2.1.3	Valles interandinos.....	9

2.2.1.4	Altas cumbres.....	10
2.3	Geología Regional.....	10
2.3.1	Grupo Casma (Ki-c).....	11
2.3.2	Grupo Calipuy (KTi-vc).....	11
2.3.3	Súper unidad la mina (KTi-g-lm).....	11
2.3.4	Cuaternario (Q-al).....	12
2.3.5	Batolito de la costa.....	12
2.4	Geología Estructural Regional.....	15
2.5	Geología Económica.....	16
2.6	Alteración Hidrotermal.....	16
2.7	Paragénesis.....	16
2.8	Zoneamiento.....	17
2.9	Procesos relacionados al Magmatismo.....	18
2.10	Actividad Magmática.....	18
2.11	Fluidos Hidrotermales.....	18
2.12	Fluidos Mineralizantes.....	19
2.13	Mineralización Metálica.....	19
2.14	Estructuras Filoneanas.....	20
2.15	Cocientes metálicos.....	22
2.16	Cubicación de Recursos y Reservas.....	23
2.16.1	Recurso Mineral.....	25
2.16.2	Reserva de Minerales.....	25
2.17	Calculo de reserva.....	26
2.18	Método de Cubicación.....	27
2.19	Bloques de explotación.....	28
2.20	Método de explotación.....	29
2.20.1	Circado de veta.....	30
2.20.2	Corte relleno ascendente.....	30

CAPITULO III

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

3.1	Ubicación y accesos.....	32
3.2	Flora y fauna.....	34
3.3.	Geomorfología local.....	35
3.4.	Geología local.....	36
3.4.1.	Grupo Calipuy.....	36
3.4.2.	Grupo Casma.....	37
3.4.3.	Súper Unidad la Mina.....	38
3.4.4.	Cuaternario.....	38
3.4.5.	Batolito de la costa.....	38
3.4.6.	Evolución magmática.....	42
3.4.7.	Petrología.....	42
3.4.8	Geología estructural local.....	43
3.4.9	Alteraciones hidrotermales.....	45
3.4.9.1.	Alteraciones supérgenas.....	45
3.4.9.2.	Alteraciones hipógenas.....	45
3.4.9.3.	Piritización.....	45
3.4.9.4.	Caolinización.....	46
3.4.9.5.	Silicificación.....	46
3.4.9.6.	Cloritización.....	46
3.5.	Geología Económica.....	46
3.6.	Estudios petrograficos	50
3.7.	Descripción de los depósitos.....	55
3.8.	Geometría de clavos mineralizados	56
3.9.	Mineralogía.....	56

3.10.	Secuencia Paragenética.....	57
3.11.	Zoneamiento.....	59
3.11.1	Zona de oxidación.....	59
3.11.2.	Zona de minerales primarios.....	59
3.12.	Controles de la mineralización.....	59
3.12.1.	Control fisiográfico.....	59
3.12.2.	Control mineralógico.....	60
3.12.3.	Control litológico.....	60
3.12.4.	Control Estructural.....	61

CAPITULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.	Mineralización.....	62
4.1.1	Minerales de mena.....	62
4.1.2	Minerales de ganga.....	63
4.2	Interpretación de Cocientes metálicos de la veta Cinthia.....	64
4.3	Método.....	66
4.4	Cocientes metálicos Au/Ag.....	66
4.5	Cocientes metálicos Ag/Pb.....	66
4.6	Interpretación y estimación de reservas minerales de la veta Cinthia.....	67
4.6.1	Muestreo y valores erráticos.....	67
4.6.2	Determinación de la ley promedio.....	68
4.6.3	Determinación de ancho promedio.....	68
4.6.4	Cálculo de área.....	69
4.6.5	Cálculo de volumen.....	69
4.6.6	Código de block.....	70
4.7	Tipo de yacimiento y distribución de la mineralización.....	70

4.8	Principales estructuras mineralizadas.....	71
4.9	Método de explotación.....	71
4.9.1	Corte relleno ascendente.....	71
4.9.2	Circado de veta.....	73
4.9.3	Ancho minado.....	73
4.10	Reservas minerales.....	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Se puede observar en la figura que es una zona árida con bastante calor.

Fotografía N° 2: Se observa arbustos temporales y cactus.

Fotografía N° 3: Nos muestra la fauna en la zona de estudio (tarántula, cóndor).

Fotografía N° 4: Vista desde el este hacia el oeste mostrando las unidades litoestratigráficas de la zona observándose volcánicos Calipuy (KTi-Vca) y batolito costanero (KTi-lm).

Fotografía N° 5: Se observa caja techo compuesta por granodiorita con xenolitos.

Fotografía N° 6, Se observa una deformación (falla).

Fotografía N° 7: Se observa la composición mineral de la veta Cinthia (galena, pirita, cuarzo, óxidos).

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº 1: Límites de concesión.

Cuadro Nº 2: Accesos a la mina caracol S.A.C.

Cuadro Nº3: Modelo de una secuencia paragenética.

Cuadro Nº 4: Ejemplo de cálculo de reservas.

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº 1: Esquema general del evento de colisión de terrenos.

Figura Nº 2: Modelo generalizado de los estilos estructurales.

Figura Nº 3: Esquema de bloques de explotación.

Figura Nº 4: Esquema tentativo de método de explotación corte relleno ascendente.

Figura Nº 5: Ejemplo de distribución de una masa mineral en una voladura.

LISTA DE LÁMINAS

Lámina 1.- Mapa geomorfológico regional.

Lamina 2.- Mapa geológico regional.

Lamina 3.- Mapa Estratigráfica.

Lamina 4.- Mapa de Ubicación.

Lamina 5.- Mapa Geomorfológico local.

Lamina 6.- Mapa Geológico local.

Lamina 7.- Columna Estratigráfica local.

Lamina 8.- Mapa Estructural.

Lamina 9.- Sección Transversal.

Lamina 10.- Mapa Económico.

Lamina 11.-Plano de cocientes metálicos Au/Ag.

Lamina 12.-Plano de cocientes metálicos Ag/Pb.

Lamina 13.-Plano de cálculo de reservas.

RESUMEN

El presente trabajo trata del estudio de cocientes metálicos y cálculo de reservas de la veta Cinthia de la minera caracol S.A.C.

El yacimiento se ubica en el distrito de Ámbar, provincia de Huaura, departamento de Lima. Es accesible de la ciudad de Lima mediante la carretera asfaltada (Panamericana norte), su altitud está sobre 1700m.s.n.m., su clima es templado, pertenece a la zona quechua y presenta dos estaciones bien definidas. El área está atravesada por diferentes quebradas que forman una topografía dendrítica, siendo la quebrada del río Pativilca el principal colector.

La veta Cinthia tiene una potencia de 0.05 a 0.60m. Con un rumbo promedio de $N 4^{\circ} W$ y un buzamiento de $84^{\circ} SW$; su mineralización se produjo por procesos hidrotermales de relleno de fisuras en más de un periodo de mineralización.

La geología estructural en la zona es muy compleja, como consecuencia del tectonismo que se produjo en la zona, la andesita sufrió un fuerte fracturamiento presentándose muchas veces en forma paralela, en cuanto al fallamiento la zona ha sido afectada por movimientos tectónicos los que originaron fallas en ciertas zonas del terreno cuyos buzamientos persisten en profundidad, la falla principal del yacimiento es la falla Caracol, alcanzando una potencia de 0.10 a 0.50m. Con un rumbo de $N 4^{\circ} W$, con buzamiento de $86^{\circ} SW$. Su origen en la primera fase fue pos-mineral pero, se encuentra en dicha falla mineral bandeado, lo que nos hace suponer, que ha habido una nueva inyección en esta estructura.

En el presente trabajo se ha considerado como estructura más importante a la que ha servido para la formación de la veta Cinthia por ser la fuente de mayor producción de mineral. Presentando como minerales principales: la galena, la bornita, calcopirita, minerales con contenido metálico de Pb, Zn, Cu y como minerales de ganga se observa al cuarzo, piritita, calcita, limonita.

La roca encajonante de este depósito mineral presenta diferentes tipos de alteración, como: piritización, caolinización, silicificación, cloritización.

En cuanto a los cocientes metálicos de Au/Ag se observa hasta 4 núcleos principales: uno ubicado al SE con un máximo valor de 0.239; el segundo en la parte central con un valor máximo de 0.349 y, un tercero ubicado al NW con un máximo valor de 0.306 el último que está ubicado a NW con un valor 0.253. En el cociente metálico Au/Pb las curvas de menor valor se encuentran entre las coordenadas 236,300E, 8809,100N y están en los niveles inferiores; mientras las curvas de valores altos se encuentran al SW de la estructura, en la parte central y hacia el NW. Superponiéndose con los cocientes Au/Ag presenta cierta similitud. Los flujos mineralizantes siguieron una dirección SW hacia superficie.

En el cálculo de reservas se ha tomado al mineral medido, aquel que se encuentra por encima de cut off y se le ha dividido en dos clases: mineral probado que nos da un tonelaje de 44,079.80 T.M.S. y mineral probable un tonelaje de 26,787.91 T.M.S. dándonos como resultado de 70,867.71 T.M.S. con leyes promedios 1.134onz de Au, 5,94onz. de Ag, 0.518% de Pb, de reserva de mineral probado. En cuanto al mineral inferido considerado como zona pobre se ha tomado al mineral posible en la cual el tonelaje y ley es una presunción razonable.

La característica del yacimiento en lo que respecta a su geología hace presumir la existencia de una cantidad de mineral muy por encima de las reservas anotadas.

Palabras Claves: Calculo de reservas, Cocientes metálicos

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado “Cocientes Metálicos y Cálculo de Reservas Minerales de la Veta Cinthia -Proyecto Minero Caracol S.A.C.-Barranca-Lima”, está estructurado en 4 capítulos y se detalla de la siguiente manera.

Capítulo I, en este capítulo se presenta las generalidades dentro de ello se puede detallar el planteamiento del problema, antecedentes, justificación, objetivos, hipótesis, y metodología de la investigación.

Capítulo II, se detalla el marco teórico conceptual, geomorfología regional, geología regional, geología estructural, geología económica, alteraciones, cocientes metálicos, método de cubicación.

Capítulo III, se describe las características del área de investigación, como la ubicación y accesos, geomorfología local, geología local, estratigrafía, geología estructural, mineralogía, mineralización, alteraciones, estudios minerográficos.

Capítulo IV, se tiene el análisis de los resultados de la investigación como paragénesis, zoneamiento, muestreo, cocientes metálicos de Au/Ag y Ag/Pb, y la cubicación de reservas.

1.2 Planteamiento del problema

En el Proyecto Minero Caracol S.A.C. se realizaron piques, galerías de exploración que nos han mostrado la importancia económica de veta Cinthia en una longitud de 200m. Donde se incrementa los valores de cobre en profundidad y disminuye el plomo, pero mostrando cierta irregularidad de potencia de veta Cinthia.

Estos hechos han motivado realizar un trabajo de investigación minera en forma sistemática y selectiva con aplicación de criterios geológicos en la zona de estudio, tal como lo constituye el estudio de cocientes metálicos en base a las leyes obtenidas de los muestreos sistemáticos de diferentes niveles y labores; lo cual nos ayuda a realizar la estimación de reservas minerales.

Por lo tanto es imprescindible definir el comportamiento de la mineralización a profundidad de la veta Cinthia y tener una idea de los clavos mineralizados y su distribución isovalórica.

De acuerdo al planteamiento del problema nos lleva a la formulación de las siguientes interrogantes.

- ¿Con los estudios de cocientes metálicos podemos establecer el comportamiento de la estructura mineralizada Cinthia en los niveles inferiores?
- ¿Cuál sería la estimación de recursos y reservas de la veta Cinthia y su distribución en el yacimiento minero?

Dar respuesta a estas interrogantes a través del presente estudio ha sido el objetivo fundamental de la presente investigación y que más adelante lo detallaremos.

1.3 Antecedentes del problema

Existen evidencias que la zona fue trabajada desde hace tres mil años antes de Cristo, la cultura Caral realizó trabajos con herramientas preparadas a base de rocas oscuras y duras como (dioritas, gabros) y de cuarzo, los carales aparentemente solo trabajaron en zonas de óxido que contenía oro libre. En el presente siglo los cateadores hallaron estos vestigios y empezaron a trabajar

artesanalmente y a intervalos por la falta de accesos y agua. Actualmente la Empresa Minera Caracol S.A.C. trabaja desde hace ocho años en la zona.

1.4 Justificación

En el Proyecto Minero Caracol, las estructuras mineralizadas en la zona de óxidos presentan pirita, galena, oro y venillas de argentita, en la zona de sulfuros tenemos galena, calcopirita, arsenopirita, bornita, blenda y oro diseminado, esto nos conlleva a pensar en los eventos de la mineralización que han podido ser más de uno formando clavos de más de 100m. de longitud con un rumbo de $N4^{\circ}W$ y un buzamiento $84^{\circ}-86^{\circ} SW$ esto es el comportamiento de la veta Cinthia.

La mineralización de cobre-plomo conjuntamente con la presencia de pirita y cuarzo han llevado a explorar la concesión minera Caracolito -2006, en donde es notorio el incremento de valores de cobre en profundidad de 1-2% y una disminución de los valores de plomo 1-0.5%.

Frente al cambio de la mineralización y distribución de los minerales de mena tales como es el oro, que se encuentra englobado en la pirita y galena, cuyos valores probablemente disminuya en profundidad, es necesario determinar el comportamiento de la mineralización; teniendo en cuenta los estudios mineragráficos para entender las bondades del yacimiento.

a).- Justificación teórica

Cualquier tema de investigación está proclive a discusión académica, quiere decir que este tema por más que tenga tal objetivo estará sometida a tal hecho.

La investigación tiene por esencia buscar las soluciones a problemas científicos, es en este caso nos haremos la siguiente pregunta: ¿se podrá conocer el comportamiento de los flujos mineralizantes con respecto a los cocientes metálicos de la zona de interés económico? es muy importante estar seguros que las zona de estudio nos ayuden a entender con mayores detalles el comportamiento de este tipo de yacimiento.

b).- Justificación práctica.

Tenemos por conocimiento que la justificación práctica propone métodos y técnicas para resolver problemas para lo cual nos hacemos las siguientes preguntas.

¿Ayudará este estudio a resolver algunos problemas prácticos?

¿Tiene implicaciones para una amplia gama de problemas prácticos?

Se puede responder dicha pregunta aplicando el conocimiento teórico a la práctica para hacer la evaluación geológica geología de la zona de estudios (cartografiado geológico de la zona mediante levantamientos topográficos, muestreos y mapeos, cocientes metálicos y cálculos de reservas) se estará resolviendo un problema del conocimiento científico el yacimiento minero caracol S.A.C., que a la vez esta aplicación tecnológica de dicha investigación geológica puede generar resolver problemas prácticos dentro de campo de ciencia de la tierra.

1.5 Hipótesis

El estudio de cocientes metálicos Au/Ag y Ag/Pb va a contribuir a la localización, distribución e interpretación de los clavos mineralizados en la veta Cinthia y cálculo de recursos y reservas minerales que influirán en el incremento de la operación y beneficios económicos en la minera caracol S.A.C.

1.6 Objetivos**1.6.1 Objetivos generales**

Determinar las condiciones geológicas, evaluar los cocientes metálicos Au/Ag y Ag/Pb y ubicar los recursos y reservas en base a las labores de exploración y leyes obtenidas del muestreo.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar la distribución de la mineralización en base al estudio de cocientes metálicos.

- Calcular las reservas minerales en base a los labores de exploración de la veta Cinthia utilizando el método de bloques de explotación.

1.7. Metodología de estudio

La metodología que se aplico es descriptiva y explicativa, para dar a conocer el trabajo con un carácter de investigación del depósito mineral.

a) Características del estudio.

El presente proyecto de investigación tendrá un alcance de carácter descriptivo, mediante la recopilación de datos e informes de forma cualitativa y cuantitativa, pasando a la fase analítica y finalmente la fase de interpretación y diseño de proyecto de Investigación.

b) Recopilación y revisión de fuentes de información.

En esta etapa se compiló toda la bibliografía e informes concernientes a la zona de estudio, luego fue revisada y analizada para el uso en el presente proyecto de investigación.

c) Etapas de trabajo de campo

El trabajo de campo que se realizó, consistió en el estudio y mapeo detallado de las labores, exploración, las cuales se realizaron a cotas más profundas a 1800m.s.n.m. diferenciando la litología, alteración, mineralización, minerales guías que ayudaron a determinar la zona en que se encuentra el yacimiento, se realizó muestreos de las labores de exploración ejecutadas, principalmente de la galería 674NW. Que está sobre falla y presenta alteración.

La supervisión y seguimiento de la veta en las labores es diario, para tener control de las muestras que se reportan. También se realiza el contorneo de las estructuras mineralizadas para muestreo, siguiendo parámetros de

Qa/Qc Para luego ser enviados a los laboratorios de análisis tales como Chemical S.A.C. y Laytarumas, Química Germana.

Equipos empleados:

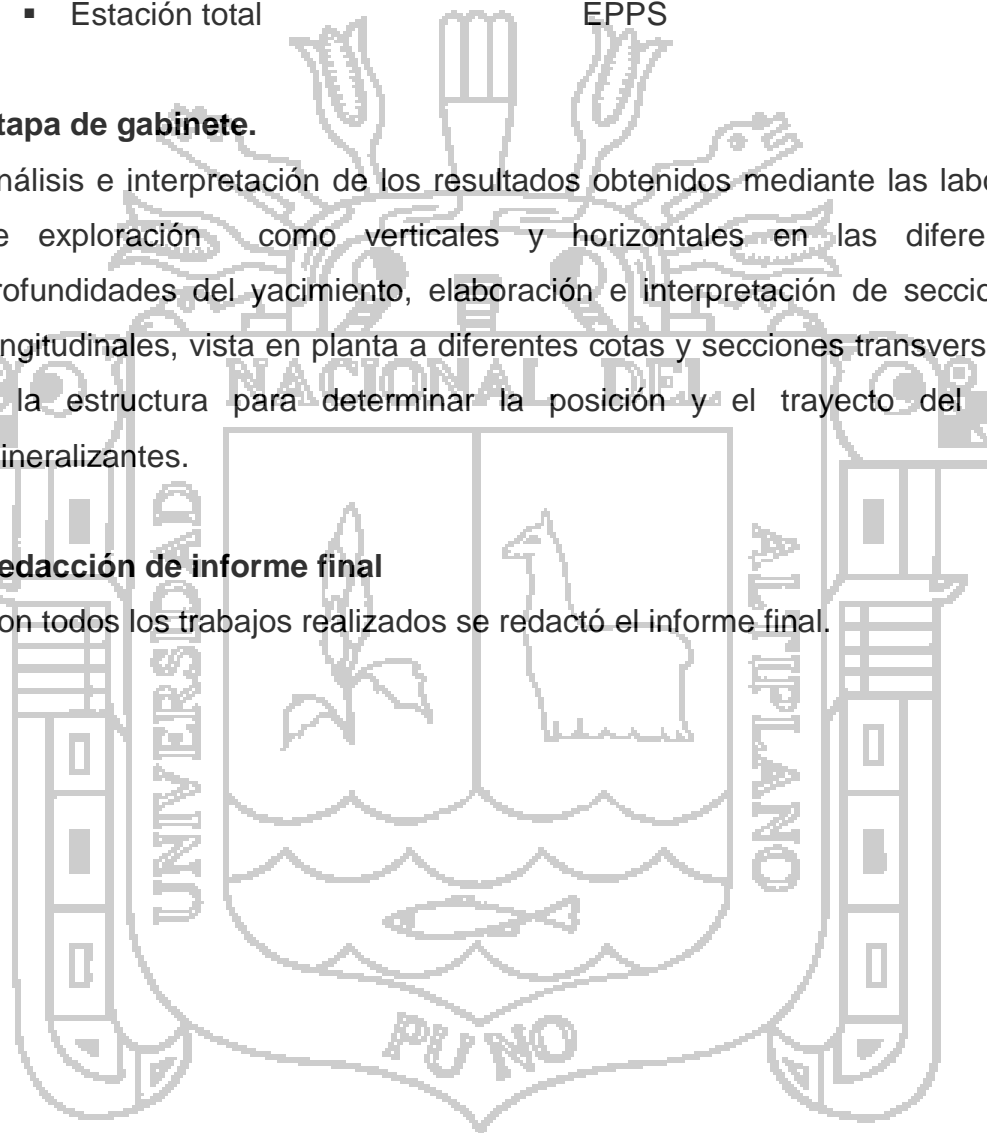
- Brújula tipo brunton
- Flexómetro
- Lupa
- picca
- rayador
- Estación total
- Bolsas de muestreo
- Protactor
- Cámara fotográfica
- Punta y comba
- pintura
- EPPS

d) Etapa de gabinete.

Análisis e interpretación de los resultados obtenidos mediante las labores de exploración como verticales y horizontales en las diferentes profundidades del yacimiento, elaboración e interpretación de secciones longitudinales, vista en planta a diferentes cotas y secciones transversales a la estructura para determinar la posición y el trayecto del flujo mineralizantes.

e) Redacción de informe final

Con todos los trabajos realizados se redactó el informe final.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Geomorfología

Es la ciencia que estudia la descripción y explicación del relieve terrestre continental y submarino teniendo en cuenta a su origen y naturaleza de las rocas y los diferentes esfuerzos endógenos de modo que entren como factores conductores del relieve terrestre. Orientado especialmente hacia el estudio de uno de los componentes la naturaleza.

2.2 Geomorfología Regional

El área al ubicarse dentro de las estribaciones de la Cordillera Occidental presenta superficies disectadas y quebradas. Las superficies disectadas se ubican al lado norte del cerro Colorado, muy vinculados a las rocas volcánicas mayormente andesíticas y son pequeñas áreas de poca pendiente o pampas. Las quebradas se hallan cubiertas por pequeños depósitos aluviales, coluviales y eólicos; tenemos depósitos torrenciales esporádicos, flujos de lodo cuando llueve, canchales con fragmentos angulosos, gravas, arenas, limos y arcillas, mal clasificados.

2.2.1 Unidades geomorfológicas

Hasta los 30-60Km. Al Oeste de la divisora continental, se presenta picos altos con cimas concordantes, pero más hacia el Oeste estos picos van perdiendo rápidamente altitudes hasta llegar al mar. En las partes más bajas de las quebradas, existen amplias extensiones de depósitos aluviales que son importantes para la agricultura. Los conos aluviales de las quebradas

adyacentes están generalmente separados por barreras de rocas in situ, pero como abonos están muy a menudo cubierto por potentes depósitos eólicos, la faja costanera en su totalidad tiende a presentar un aspecto más o menos uniforme.

(Ver anexo: Lamina 1.- **Mapa geomorfológico regional**)

2.2.1.1 Dominio costero

Cordillera de la costa.

Constituye parte de la unidad morfológica de extensión regional adyacente al litoral peruano, reconocida como cordillera de la costa.

En el área está representada por una franja de elevaciones discontinuas, de relieve moderado, paralelos al litoral, con un ancho variable en 17 y 23 Km. y altitudes que alcanzan hasta 900m.s.n.m.

En la parte oriental del Cuadrángulo de Ámbar, las formaciones más recientes constituyen terrenos elevados con alturas similares o ligeramente menores que los picos del bloque occidental; mientras que las otras formaciones, tales como las (capas rojas), forman una extensa planicie de alturas uniformes. En estas planicies la cual generalmente se denomina altiplano y dentro del área estudiada, corresponde casi completamente al afloramiento cuaternario.

2.2.1.2 Dominio andino

Estribaciones andinas.

Con esta denominación se describe la unidad morfológica comprendida entre las depresiones de Ámbar-Barranca y las altiplanicies andinos de la cordillera occidental superficie yunga.

Se extiende a lo largo del frente Pacífico del cuadrángulo de Ámbar presentando una pendiente hacia el oeste. Variable de 5 y 15%, altitudes comprendidas entre 550 y 2400m.s.n.m.

Geológicamente comprende terrenos sedimentarios e ígneos del Mesozoico y de Cenozoico, intruídos por unidades del batolito de la costa y recubiertos parcialmente por volcánicos terciarios, dicha unidad fue levantada durante las últimas fases de la orogenia andina y profundamente erosionada durante el Terciario superior y Cuaternario por los ríos y quebradas que bajan del macizo andino.

Morfológicamente se caracteriza de una topografía irregular, de relieve moderado a abrupto, con un sistema de drenaje subparalelo a dendrítico, convergente y perpendicular a la línea de la costa. los valles y quebradas transversales que cortan el frente andino, son numerosos y tienen secciones típicas en V, de paredes estrechas y encañonadas en las vertientes altas más o menos amplias y de fondo plano en sus desembocaduras, donde se registran gruesas acumulaciones fluviales y coluviales.

Altiplanicies andinas

En el área de estudio se encuentra muy bien representado en el cuadrángulo de Ámbar donde presenta una morfología plana a ondulada comprendida en altitudes variables de 1700-3500m.s.n.m. que incluyen parte de la superficie somital de las estribaciones andinas y las altiplanicies propiamente dichas.

Esta unidad presenta una leve inclinación hacia el occidente encontrándose comúnmente recubiertos por volcánicos de grupo Calipuy y está caracterizada por un sistema de drenaje sensiblemente paralelo.

2.2.1.3 Valles interandinos

Se describe con este nombre la parte alta de la cuenca hidrográfica de la quebrada Zapallar y Venado muerto que discurren en esta región del este – oeste.

Esta unidad presenta drenaje dendrítico con modelado de valle en sus bordes o laderas y un perfil angosto y profundo, típicamente de un cañón encausado; se han desarrollado valles comprendiendo altitudes variables entre 3500 en sus partes altas hasta 1600m en su curso más pequeño, registrado en el sector oeste de cuadrángulo de Ámbar, la formación de estos valles al igual que sus similares de la región andina empezó en el Terciario y continuo hasta el Reciente.

2.2.1.4 Altas cumbres

Se utiliza este término para referirse a la morfología abrupta, colinas y montañas que destacan sobre la unidad del altiplanicie y que ha sido reconocida en el borde oriental del cuadrángulo de Ámbar.

Corresponde a paisajes de rocas volcánicas cuaternarias que yacen emergiendo con carácter de estrato –volcánico o conos volcánicos parcialmente desmantelando por la erosión glacial, presenta un relieve abrupto y empinado que alcanza altitudes de hasta 3800m.s.n.m. en los flancos de estas elevaciones se observan algunos valles cortos.

2.3 Geología Regional

El yacimiento se encuentra circunscrito al Batolito Costanero conformado por rocas intrusivas que conforman una cadena montañosa que se extiende desde el Norte de Lima hacia el límite sur hasta las proximidades entre Arequipa Tacna, con una longitud de 1200 kms., aproximadamente y un ancho que varía de 40 a 50 Kms. el Batolito Costanero es un complejo de diferentes rocas intrusivas, cuya composición de gabros a granitos potásicos, granodioritas, tonalitas, dioritas y monzodioritas.

Las unidades litológicas que forman este batolito, constituyen a las tonalitas que están dispuestas en rumbos paralelos debido a fracturamientos paralelos donde se ha depositado la mineralización por relleno de fisuras, marcando un depósito mesotermal, formadas a temperaturas promedio de los 200°C, indicándonos un depósito hidrotermal en la zona de sulfuros. Es necesario indicar que la roca intrusiva tonalita, intruye a las rocas metamórficas del Complejo Basal de la línea de costa y hacia el norte intruye a los volcánicos Casma y Calipuy.

La roca intrusiva tonalita es de color gris verdosa clara de granos medios, masiva, bien compacta, de textura porfirítica, con xenolitos y fenocristales alargados dentro de sus estructuras según los planos de exfoliación.

ESTRATIGRAFÍA.

2.3.1 Grupo Casma (Ki-c)

El Grupo Casma al este del Batolito de la Costa consiste de lavas andesíticas y piroclásticas intercaladas con sedimentos (capas delgadas de limolitas y calizas con intercalaciones de tufo y chert), con una potencia aproximadamente 5,000 m. en el área de Huarmey. El límite de las rocas aflorantes del Grupo Casma hacia el este coincide con el eje Tapacocha, de rumbo SE-NW que va paralelo a la línea de costa a aproximadamente 70 km. Los fósiles hallados en este Grupo Casma son amonites del Albiano Medio. Los estratos más jóvenes del Grupo Casma están atravesados por rocas más antiguas del Batolito de la Costa que tienen 100 Ma. (Cossio 1964). Las rocas del Grupo Casma llegan hasta el Albiano Superior.

2.3.2 Grupo Calipuy (KTi-vc)

Consiste de aproximadamente dos mil metros de lavas ácidas a intermedias y piroclásticas, en la base y hacia arriba hay lavas andesíticas y piroclásticos de tonos verdosos y púrpura, las más superiores consisten de brechas y tufos dacíticos y riolíticos; suprayace en discordancia a las unidades Mesozoicas depositadas en la cuenca Occidental, sobre rocas del Cretáceo Superior en el este y con discordancia angular sobre formaciones más antiguas al oeste. La parte inferior del Grupo Calipuy, en el área de Tapacocha da una edad de 52.5 Ma. (k-Ar, Webb 1976), la formación superior llegaría al Mioceno Medio (14.6 Ma).

2.3.3 Súper unidad la mina (KTi-g-lm)

Los miembros de este complejo se presentan como intrusivos individuales ampliamente separada y generalmente en forma de stocks. Están caracterizados por una litología definida que permite considerar en dos grupos de intrusivos bastante alejados el uno del otro. Uno está localizado entre el río Pativilca y el río Supe y el otro está en el lado sur del río Huaura.

El Grupo del Norte está ampliamente esparcido y en términos generales tiene la forma semejante a un cuadrado. Un pequeño stock de la tonalita Ámbar está

ubicado en el área geográficamente denominado por este complejo, pero como tiene una litología diferente se le tratara en forma separada.

A corta distancia, hacia el sur, hasta otro pequeño stock de la misma tonalita justo al norte del río Supe y se halla emplazada dentro de diorita biotítica y rocas volcánicas de la formación Casma, siendo también cortada por la Adamelita de San Jerónimo.

2.3.4 Cuaternario (Q-al)

Son pequeños depósitos aluviales, coluviales y otros asociados con la acumulación de material en los lechos de las quebradas, como producto del intemperismo y algunas lluvias muy esporádicas. Las rocas plutónicas, de cerro Colorado al sur, originan pequeños depósitos de arenas gruesas y limoarcillas, los pequeños aluviones están originados por las lluvias esporádicas, se tiene una mezcla muy heterogénea de bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. Las rocas volcánicas, al norte del cerro Colorado, originan depósitos coluviales de pie de monte, arenas finas, limos y arcillas de poco espesor, los pequeños aluviones contienen elementos de los mismos.

2.3.5 Batolito de la costa

Las rocas del Batolito de la Costa afloran desde la línea de costa hasta un aproximado de 200 km. hacia la cordillera de los Andes, las intrusiones varían del Cretáceo Medio al Neógeno. A nivel del Perú, estructuralmente, el batolito recorre toda la costa, ha sido dividido en cuatro segmentos. El segmento Piura, el segmento Trujillo, el segmento Centro (Lima) y el segmento Sur (Arequipa). Contienen un gran número de plutones, aproximadamente mil cuerpos. El Segmento Lima, se divide en el Complejo plutónico de Huaura, Complejo plutónico de Fortaleza y Complejo plutónico de Casma. La unidad minera se ubica en el Complejo plutónico de Huaura, parte norte del Complejo Paros, en la Súper Unidad La Mina. El Batolito de la Costa en la parte inferior da una edad de 102 Ma. para gabros y dioritas de la Súper Unidad Patap y para la parte superior tiene una edad entre 34-51 Ma. para aplitas y monzogranitos de la Súper Unidad Pativilca. La Súper Unidad La Mina tiene 62 Ma (Cossio 1964), está constituida por granodioritas y tonalitas. La granodiorita/tonalita presenta grano medio, 10% a 15% de biotita más hornblenda acicular en igual

proporción, también presenta xenolitos, de tamaños variados, la plagioclasa y los minerales máficos son euhedrales, el cuarzo y la pertita son intersticiales, invaden a los cristales de formación primaria. Los afloramientos de La Mina cortan a monzogranitos de San Jerónimo y a su vez son cortados por monzogranitos de Pativilca.

(Ver anexo: Lámina 2.- Mapa geológico regional)



COLUMNA CRONOESTRATIGRAFICA				
ERA	SISTEMA	FORMACION GEOLOGICA	DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLOGIA
CENOZOICO	CUATERNARIO	Depósito eólicos	Arena de grano fino a medio no consolidado	Q-e
		Depositos fluviales	Arenas, gravas, guijarros y rodados: no consolidados y sin estratificación	Q-f
		Depositos fluvio-aluviales	Arcilla, limos, arenas, gravas, fragmentos de rocas angulares y subangulares semiconsolidados y sin estratificación definida	Q-fal
		Depositos aluviales	Arenas gravas arcillas, limo conglomeraos semiconsolidados depositados subhorizontalmente.	Q-al
MESOZOICO	TERCIARIO	Volcánicos Calipuy	Volcánicos consistentes en derrames andesíticos, tufo dacíticos, riolíticos, aglomerados y piroclastos de colores variados	Kti-vca
	CRETACIO SUPERIOR	Super unidad la Mina	Rocas plutónicas conformadas por granodioritas, granitos, gabros, etc, intrusiones, tonalitas, dioritas, menores aplitas, pegmatitas, etc.	KT-lm
	CRETACIO INFERIOR	Formación Casma	Derrames volcánicos de composición andesítica de color gris a gris verdusco, aglomerados de color gris a marrón, delgados paquetes de cuarcitas blancas, lutitas de color pardo y marrón negruzco.	Ki-c

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
FUENTE INGEMMET-LIMA		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA E INGENIERIA METALURGICA	
MODIFICADO POR: MORALES CATATA PASCUAL B.		ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	3

Columna Estratigráfica

2.4 Geología Estructural Regional

Es la ciencia que se dedica al estudio de la corteza terrestre y la relación de las rocas que la forman, interpreta y entiende las diversas deformaciones que tiene la tierra como la orogenia, las distintas fallas (normales, inversa y dextrales). Diaclasamientos, pliegues (anticlinales, sinclinales) etc. debido a las fuerzas externas como, tracción, compresión, desplazamiento, que dan como resultado la forma de la corteza (MC Kinstry, H. (1970).

La Cordillera Occidental del Perú, parte norte, consiste en su mayoría de rocas Mesozoicas, suprayacen y están delimitadas al este y oeste por rocas más antiguas, tales como rocas pre-Ordovícicas esquistos micáceos y filitas (600 Ma-732 Ma.) al este y rocas tipo gneis (2,000 Ma.) hacia el oeste, Cordillera Oriental. La cuenca Peruana Occidental tiene sedimentos en la parte este y rocas volcánicas en la parte oeste. Un sistema de fallamiento en bloques afectó la sedimentación durante el Paleozoico Superior, el Triásico y el Cretáceo. Durante la Orogenia Andina, Paleógeno-Neógeno (Terciario) se formaron las grandes fallas, fracturas y juntas.

El área de trabajo se ubica en la Cuenca Peruana Occidental, Cuenca Huarmey. Los volcánicos Albianos plegados están cortados e intruidos por intrusivos del Batolito de la Costa, constituidos por gabros, tonalitas, granodioritas, granitos y sus variedades, con edades de 105 Ma-30 Ma., desde el Cretáceo Inferior-Albiano a Paleógeno-Oligoceno. La región presenta cuatro eventos de deformación, la primera corresponde a la fase subherciniana que plegó y deformó hace 100 Ma. al Grupo Casma (volcánicos submarinos al oeste y volcánicos submarinos-terrestres de las facies Churín al este), la segunda es la fase Incaica disturbando hace 60 Ma. rocas del Batolito de La Costa (Súper Unidades Patap, Santa Rosa, Humaya) y otras que fueron erosionadas. La tercera corresponde a la fase Quechua 1 que plegó y deformó hace 30 Ma. al Grupo Calipuy (parte inferior, más antiguas, rocas volcánicas continentales), granitos-tonalitas de la Súper Unidad La Mina, San Jerónimo, Puscao y a los granitos de Sayán. La cuarta fase Quechua 2 plegó y deformó hace 10 Ma. granitos Pativilca, al Grupo Calipuy (parte superior, más recientes,

rocas volcánicas continentales), stocks de la parte este y al stock Acos (río Chancay, rocas granodioríticas), posteriormente emerge la Cordillera Blanca (granodioritas, monzogranitos) y por último las ignimbritas, flujos de cenizas, de las Formaciones Fortaleza, Yungay y Bosque de Piedras de Huayllay.

2.5 Geología Económica

Es la ciencia que estudia los recursos naturales metálicos y no metálicos, con el fin de encontrar depósitos minerales que puede ser explotada con un beneficio práctico o económico. Los recursos naturales tienen una gran importancia en la vida diaria del hombre, para llegar a cubrir sus necesidades. Y es la parte de la geología que estudia los yacimientos metálicos y los no metálicos en la corteza terrestre, para lo cual se complementa con otras ramas como, geoquímica, geología estructural, geofísica, petrología y otro. Las cuales nos permiten reconocer los yacimientos con más facilidad e interpretar de una mejor manera el potencial mineralógico Orche Garcia, E. (1999).

2.6 Alteración Hidrotermal

Cambio químico en rocas y minerales producidos por la acción de soluciones hidrotermales (de aguas calientes) ricas en volátiles que ascienden desde un cuerpo magmático que se enfría. La temperatura y el pH del mismo son los factores más relevantes en asociación mineralógica resultante de los procesos de alteración hidrotermal, mucho más que la litología. Existen diversas denominaciones para dichas alteraciones, las que parten del mineral más abundantes que se presentan en las rocas como son: silicificación (cuarzo), cloritización (clorita), caolinización (arcillas), piritización, y se forma una guía empírica fácilmente visible hacia la actividad hidrotermal y de esta manera atrae la exploración geológica como consecuencia de la posibilidad de los minerales asociados Gagliuffi, P. M. (1997).

2.7 Paragénesis

La paragénesis es la secuencia deposicional en el tiempo. A este orden de deposición de los minerales se les denomina secuencia paragenética.

El estudio de la paragénesis se realiza por medio de las texturas y estructuras. Diferentes estudios han llevado a confirmar una secuencia general de deposición en los depósitos minerales, basada en el rango de estabilidad de los minerales, que es un constante para la mayoría de los depósitos minerales.

Las soluciones mineralizaste durante su recorrido cambian de composición gradualmente, formando diferentes minerales. A lo largo de una zona de deposición de las soluciones hidrotermales. Un mineral puede depositarse bajo ciertas condiciones en un determinado lugar, y otro ocurre en otro lugar en diferentes soluciones acuosas.

La secuencia paragenética rara vez es simple, algunas fisuras pueden reabrirse varias veces por la actividad tectónica, permitiendo que la mineralización ocurra en la fisura, con soluciones hidrotermales de composición cambiante en el tiempo, estas soluciones dan lugar a la precipitación de una mineralogía variable.

Los depósitos hidrotermales presentan una paragénesis generalizada. La solución hidrotermal depositan primero los óxidos, posterior los sulfuros y arsenopirita, cobalto y molibdeno los sulfuros de zinc, plomo, plata, cobre, tardíamente ocurren los metales masivos y los telurios finalmente se depositan los sulfuros antimonio y mercurio.

2.8 Zoneamiento.

Patrón regular de distribución de minerales o de los modelos de fábrica en zona, en la corteza terrestre, pudiendo tratar de un yacimiento mineral específico. Los depósitos minerales hidrotermales, generalmente se encuentran zoneados en un arreglo concéntrico alrededor de una masa ígnea. Los minerales de alta temperatura (hipotermiales) se han formado cerca de la roca ígnea y los de baja temperatura (epitermales) alejados de la masa ígnea, los mesotermiales dentro de la maza ígnea.

El zoneamiento mineral de un cristal es el resultado de una distribución no uniforme de los cationes de la estructura atómica. En mayor de los casos el arreglo ocurre concéntricamente alrededor de un punto. En el estudio de la variación de leyes de un yacimiento, donde se puede observar con fondo mineralógico a profundidad y que las leyes se incrementan conforme avanza la solución mineralizante, la ley decrece hasta un valor menor que es económicamente explotable.

2.9 Procesos relacionados al Magmatismo

La evaluación magmática está relacionada a la actividad tectónica las mismas que se forman por la fusión de los silicatos en estado de fusión. La diferenciación magmática es el desarrollo de series continuas y discontinuas en la formación de cuerpos ígneos los mismos que están relacionados la formación de yacimientos minerales.

2.10 Actividad Magmática.

La fase magmática esta asociado a la generación de depósito mineral de Au, cobre platino, titanio y hierro. En general son considerados como depósitos intramagmáticos, por que la mineralización ocurre a una distancia pequeña de la fuente emisión. Durante esta etapa cristaliza los minerales pirogenéticos como plagioclasas, olivino, piroxeno, nefelina y lucita a partir de magmas relativamente secos y a temperaturas sobre 800° C, dando lugar a la consolidación magmática.

Durante esta etapa también cristalizan algunos minerales metálicos como magnetita ilmenita, cromita, y otros minerales hidrotermales.

Durante la cristalización fraccionada acompañada de una mineralización metálica ocurre principalmente con los magmas toleíticos (en menor proporción con los magmas alcalinas), concentrados y acumulaciones minerales de cromo titanio y hierro.

2.11 Fluidos Hidrotermales

Una gran parte de los fluidos emplazados en las franjas metalogenéticas del Perú, fueron mineralizados por fluidos hidrotermales conocido también como aguas juveniles, magmáticas e hipogenéticas se forman el final de la consolidación magmática, el mismo que tiene de 1-5% de agua, en el Perú el magma corresponde a rocas ígneas de composición félsica a intermedia.

Según Tumialán P. H. compendio de yacimientos minerales INGEMMET-2011 no indica que la profundidad se tiene mayor presión y temperatura cerca de superficie la presión y temperatura disminuye. En esta última condición decrece la solubilidad de los iones complejos de los fluidos hidrotermales produciéndose las precipitaciones para formar estructuras mineralizadas.

El flujo hidrotermal en profundidad es ligeramente ácido al reaccionar dicho flujo con la roca encajonante durante se ascenso la acidez baja y se produce las precipitaciones de los minerales.

2.12 Fluidos Mineralizantes

Son los agentes que han producido la mineralización en los yacimientos peruanos y en orden de importancia son los siguientes: fluidos hidrotermales, el agua del mar, las aguas meteóricas, las aguas de origen metamórfico y el magma.

2.13 Mineralización Metálica

Están constituidas por minerales de valor económico emplazados en rocas félsicas intermedias, sedimentarias y metamórficas de la corteza terrestre. Para que tenga un yacimiento mineral de valor económico rentable es necesario una concentración metálica que ocurre como resultado de las conjunciones de las soluciones acuosas en uno o varios procesos geológicos.

Esto sucede cuando las soluciones acuosas de cationes son dejadas por el agua, los sólidos en suspensión se precipita, en respuesta a diferentes condiciones fisicoquímicos y geoquímicas, por la disolución de los cristales en el fondo de la cámara magmática o por concentración a partir de las precipitados de las soluciones hidrotermales.

2.14 Estructuras Filoneanas

En los depósitos de oro filoniano ha sido recurrente la consideración de que el sistema estructural, dado por fracturas, diaclasas y fisuras, son los factores más importantes en el control de la mineralización, y el relleno de espacios es el elemento que permite la cristalización de las soluciones hidrotermales, independiente de la fuente de los fluidos (Groves *et al.* 1998).

Durante varias décadas el estudio del origen de los depósitos minerales ha ocupado un campo de las investigaciones geológicas y mineras, en especial las mineralizaciones auríferas correspondientes a los denominados depósitos de oro mesotermal, también conocidos como venas de cuarzo y oro, "Mother Lode", Filones de oro arcaico (Alldrick, 1996).

En el ambiente estructural de los depósitos de oro mesotermal las fluctuaciones cíclicas en la presión del fluido deben acompañar un fracturamiento intermitente de fallas conjugadas. La mineralización en un escenario estructural requiere cambios de esfuerzo dinámico acompañando cada episodio de fallamiento sísmico y este efecto sobre el régimen del fluido. El desarrollo de los filones de oro y cuarzo parecen pertenecer la última fase de reactivación de la actividad magmática dentro de un cinturón orogénico (Sibson *et al.*, 1988).

La migración de fluidos a lo largo de estructuras profundas es inherente a las orogénias, y cuando la temperatura de la corteza asciende de media a alta (400 - 500°C). En estas condiciones son diseminados sulfuros liberados en el fluido hidrotermal por reacciones de desulfidización progradada durante el calentamiento de la corteza (Goldfarb *et al.*, 2001).

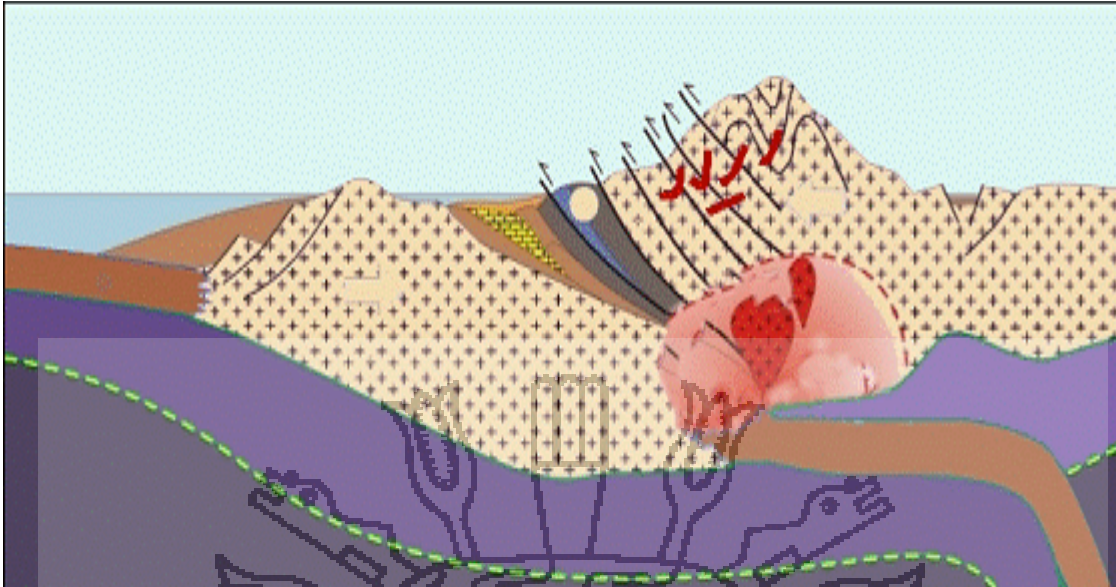


Figura N°1: Esquema general del evento de colisión de terrenos

Esquema general del evento de colisión de terrenos, la desarticulación de una zona de subducción y la creación del sistema de fallas profundas que alcanzan a provocar la fusión parcial en la base del arco, el ascenso de volátiles y la precipitación de metales en depósitos vetíticos de oro (Adaptada de Canet, 2005).

Si tales fluidos con sulfuros migran a través de fracturas, cuando éstas se ponen en contacto con zonas de fallas mayores son capaces de transportar oro lixiviado, que es depositado en fallas secundarias a niveles corticales del orógeno levantado. Si las temperaturas exceden los 700°C en las áreas fluidas los líquidos y fundidos migrarán simultáneamente (Goldfarb et al., 2001).

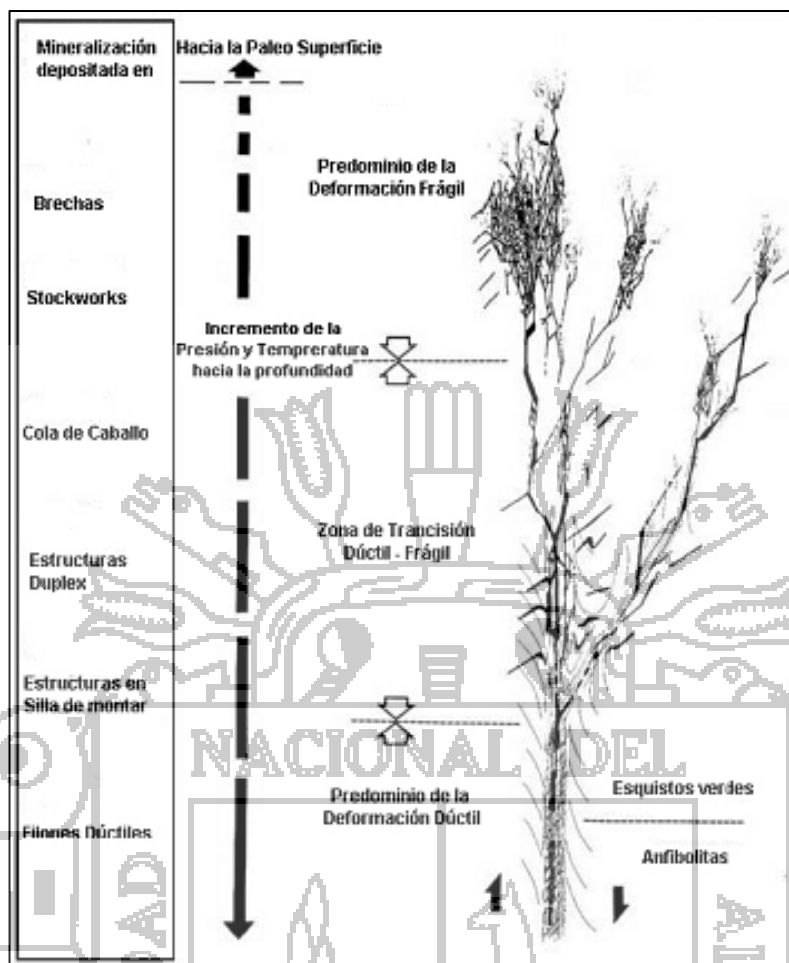


Figura N°2: Modelo generalizado de los estilos estructurales

Modelo generalizado de los estilos estructurales de precipitación de metales en depósitos vetíticos de oro. Estilo de mineralización vetítica acorde con la profundidad y la temperatura de formación. Estas particularidades propician las condiciones físico-químicas de precipitación, sucediendo varios tipos de figuras estructurales. La zona dúctil frágil está muy relacionada con los depósitos de oro. Colvine *et al.*, 1988.

2.15 Cocientes metálicos.-

Aunque los mapas de contornos son apropiados para definir la dirección de descarga u origen de los fluidos hidrotermales, por sí mismos no son concluyentes, ya que dependen tanto de controles físico-químicos como estructurales. De la misma manera sucede con los cambios mineralógicos, cuyos resultados son una aproximación cualitativa. Sin embargo, el uso de cocientes metálicos puede dar lugar a una caracterización cuantitativa de la zona.

Los cocientes metálicos de los elementos mayoritarios son independientes de los accidentes estructurales e indican cambios en el carácter químico del material por el que circulan los fluidos mineralizadores, siempre que se cumplan las hipótesis de partida, que implican una génesis común y un solo episodio mineralizador (Goodell *et al.*, 1974). Las variaciones en los cocientes metálicos son producto de cambios mineralógicos y en la proporción de fases presentes, debidas a controles litológicos locales o a variaciones físico-químicas sufridas por los fluidos al circular a través de la roca. El mayor problema de la utilización de cocientes metálicos es la interpretación cuando existen diferentes periodos deposicionales, aunque en algunos casos es posible resolver dicho problema. En los mapas de cocientes metálicos se representan los contornos de las variaciones espaciales. Las formas cóncavas indican la fuente de las soluciones mineralizadoras (Goodell *et al.*, 1974). Estos resultados, posteriormente, se deben corroborar a partir de consideraciones paragenéticas, al zoneamiento geológico general y al resultado de las isotermas obtenidas mediante microtermometría de inclusiones fluidas.

2.16 Cubicación de Recursos y Reservas

La cubicación es el cálculo de cantidad de mineral útil medido en la mina, por técnicas geométricas y geoestadísticas utilizando medios de investigación subterráneos como labores y o perforaciones. La cubicación de reservas de un yacimiento consiste en establecer de forma numérica los principales parámetros de la explotación tonelaje o volumen del material explotable, ley media y ley de corte, así como el valor económico total de estas reservas.

En la cubicación de un yacimiento se considera tres conceptos:

- a. Mineral probado, o sea aquel que en su masa sea mensurable desde tres lados.
- b. Mineral probable, cuando se puede considerar dos lados.
- c. Mineral inferido, si se observa de un solo lado.

Ley media: es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa como tantos por ciento, o como gramos por tonelada (g/T) (equivalentes a partes por millón ppm), u onzas por tonelada (onz/T).

Ley de corte o cut-off: es la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser explotable, es decir la concentración que hace posible pagar los costos de su extracción y comercialización.

Es un factor que depende a su vez de otros factores, que puede no tener nada que ver con la naturaleza del yacimiento, como por ejemplo puede ser su proximidad o lejanía a vías de transporte, avances tecnológicos en la extracción.

Recuperación de los metales porcentajes de metales comerciales que se obtienen del volumen total de toneladas procesadas.

$VME = \{ \text{costos} / \text{método minado} / \text{recuperaciones metalúrgicas} / \text{cotización de metales} \}$

Las primeras variables son endógenas a la empresa y eventualmente controlables; la última es exógena a ella, por lo tanto está fuera de control.

Elementos que intervienen en el cut – off

- 1- Costos
- 2- Métodos de minado.
- 3- Recuperaciones metalúrgicas.
- 4- Cotización de metales.

Fórmulas de cálculo.

Cut – off: es la suma de los costos incurridos en la producción de cierto tonelaje de mineral hasta su concentración en la unidad de producción. La fórmula vigente en uso por Contabilidad Metalúrgica.

$$VME = M + (K_1 + K_2 + K_3) \text{ Deducciones fijas.}$$

Donde:

VME: Valor mínimo explotable, cut-off, en \$ / ton.

M : costo total de extracción minera, variable dependiente del método de minado, en \$ / ton.

K₁: Costo total de concentración, en \$ / ton.

K₂: Provisión anula por indemnización, en \$ / ton.

K₃: Gastos fijos de administración.

2.16.1 Recurso Mineral.

Un “recurso mineral” es una concentración u ocurrencia de material de interés económico que existe sobre la corteza terrestre en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de los recursos mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos.

El termino recurso minero, cubre mineralizaciones y materiales naturales de interés económico intrínseco los cuales han sido identificados y estimados a través de actividades de exploración, reconocimiento y muestreo. De acuerdo al grado de confiabilidad existente.

2.16.2 Reserva de Minerales

Una reserva de “minerales” es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido o indicado incluye dilución de materiales y tolerancia de pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas. Que pueden incluir estudios de factibilidad y se consideran factores de modificación tales como: criterios mineros, tecnológicos, legales, económicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción-

Las reservas de mena se subdividen en orden creciente de confianza en reservas probables y reservas probadas.

La ley general de minería del Perú de 1992 define como Reservas de mineral de una mina a la suma de mineral probado y probable existente en ella. Que sea económicamente explotable.

a. Las reservas probables

Una “Reserva Probable” es la parte económicamente explotable de un recurso mineral indicado y en algunas circunstancias recursos minerales medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración y modificación por factores razonablemente asumido de minería, metalúrgicos, económicos de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificar razonablemente.

Una reserva probable de mineral tiene un nivel más bajo de confianza que una reserva probada mineral.

b. Las reservas probadas:

Una “Reserva Probada” es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido incluyen los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen consideración y modificación por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales sociales, gubernamentales. Están evaluaciones demuestran, a la fecha en que se publica el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente.

2.17 Cálculo de reserva:

La cubicación de reservas consiste en el cálculo de la cantidad de mineral contenido en un yacimiento, y de la calidad asociada; debe iniciar la posición dentro del criadero de las distintas clases de menas.

Todos los métodos de cálculo de reserva tienen un mismo fin: la transformación de una zona mineral en un cuerpo geométrico de forma más sencilla pero conservando el volumen. Existen muchos métodos pero pocos se utilizan normalmente.

El grado de precisión depende en gran medida del nivel de exactitud con que se haya investigado el criadero, del cuidado con que se efectúen los cálculos, método seleccionado y que este sea apropiado al yacimiento.

La selección del método de cubicación esta muy influenciada por el método de investigación empleada y por el sistema de explotación que se tiene previsto utilizar. Los métodos de cubicación pueden dividirse en dos grandes categorías:

Método clásico.

- Media aritmética.
- Bloques geológicos.
- Bloques de explotación.
- Perfiles.
- Polígonos.
- Triángulos.
- Isolineas.

Métodos modernos.

- Bloques.
- Capas.
- Sólido tridimensional.
- Geoestadística.

2.18 Método de Cubicación

Método de los bloques de explotación.

Se utiliza en filones de reducida potencia y en capas complejas que fueron investigados por trabajos mineros que dividen al criadero en bloques, los cuales han de servir posteriormente de base para su ulterior explotación. Estos

bloques son partes de criaderos limitadas por dos, tres o cuatro lados reconocidos. La reservase calcula bloque a bloque y el total se determina sumando las de todos los bloques.

2.19 Bloques de explotación

Se trabaja sobre un plano en el que se representa la proyección del criadero. Este plano puede ser vertical, horizontal o inclinado, dependiendo de la pendiente o de las características geométricas del yacimiento. A dicho plano se llevan proyectados los trabajos mineros y sondeos realizados durante la investigación que delimitan los bloques, así como la posición de la muestra tomada en la periferia de estos, los resultados de los análisis químicos y las medidas de la potencia.

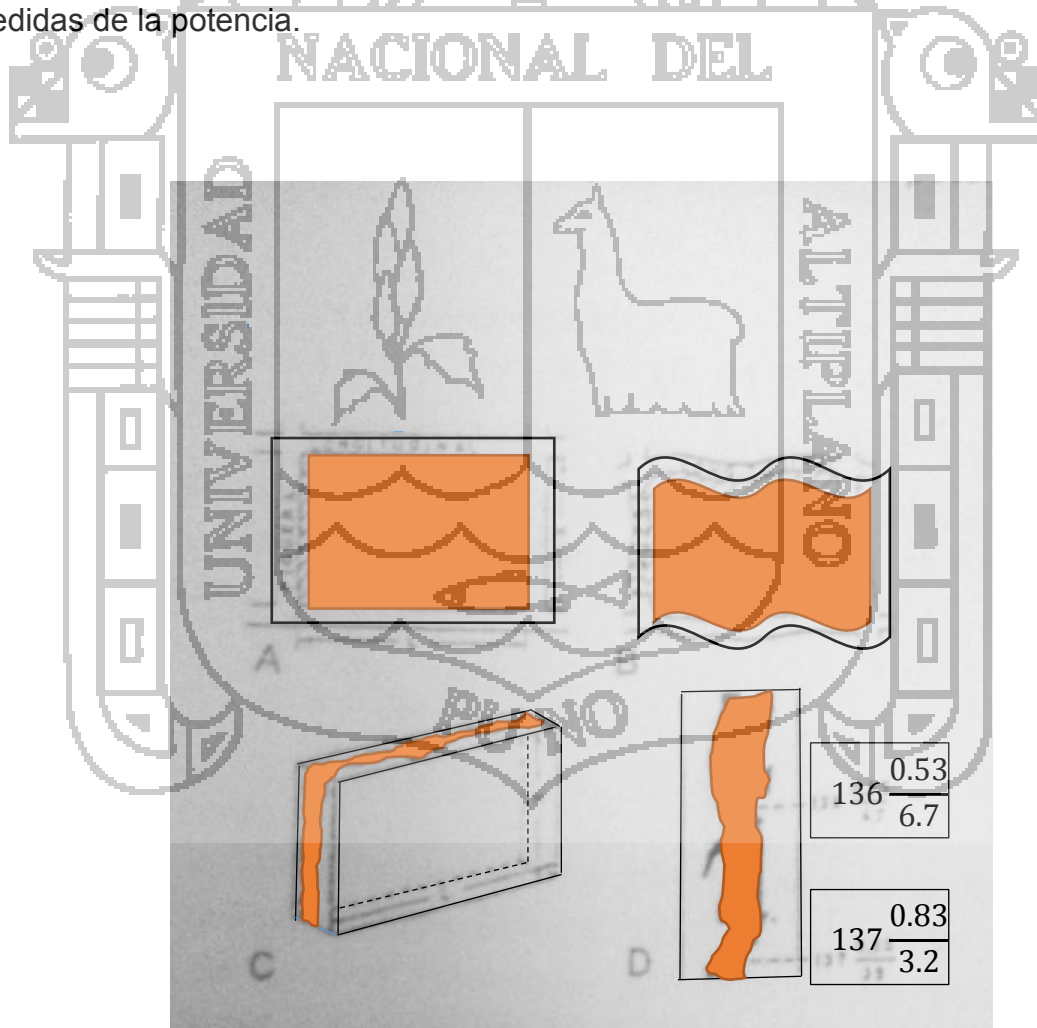


Figura N°3: esquema de bloques de explotación(Febrel 1971).

- A) Proyección de bloque en superficie de filón.
- B) Esquema de bloque con contorno irregular.
- C) Representación esquemática del bloque.
- D) Demuestra efectuado en un lado del bloque 136 y 137 son los números de muestra; el numerador de quebrado indica la potencia media; el denominador, y la ley en gramos por tonelada.

La superficie de cada bloque se calcula según formulas geométricas sencillas si tiene formula regular o con planímetro o digitalizador si es irregular. La superficie medida, es la proyección sobre el plano de la superficie real.

2.20 Método de explotación

Corte y Relleno Ascendente, Método del “circado” con relleno detrítico, producto de los descajes, en caso necesario, considerando el ancho de minado de un metro, existe un exceso de desmonte para rellenar, dado las características de vetas angostas. Cada corte o tajadas la perforación es realizada con taladros sub-verticales de 65° - 70° de inclinación. Las chimeneas de doble compartimiento se realiza cada 60 metros de longitud en la galería, y una chimenea de simple compartimiento al intermedio del tajeo, para generar dos alas de 30 metros de longitud, para cada tajeo.

Por la característica del yacimiento el método adecuado de explotación es el método de corte y relleno ascendente con relleno detrítico (Over Cut and Fill).

Consiste en la rotura del techo a partir del sub-nivel que se ha desarrollado.

El mineral roto se extrae, el vacío que queda se rellena con material detrítico, proveniente de los descajes de las rocas encajonantes del tajeo; los mismos que sirven de soporte de las cajas y piso para continuar con la perforación del siguiente ciclo.

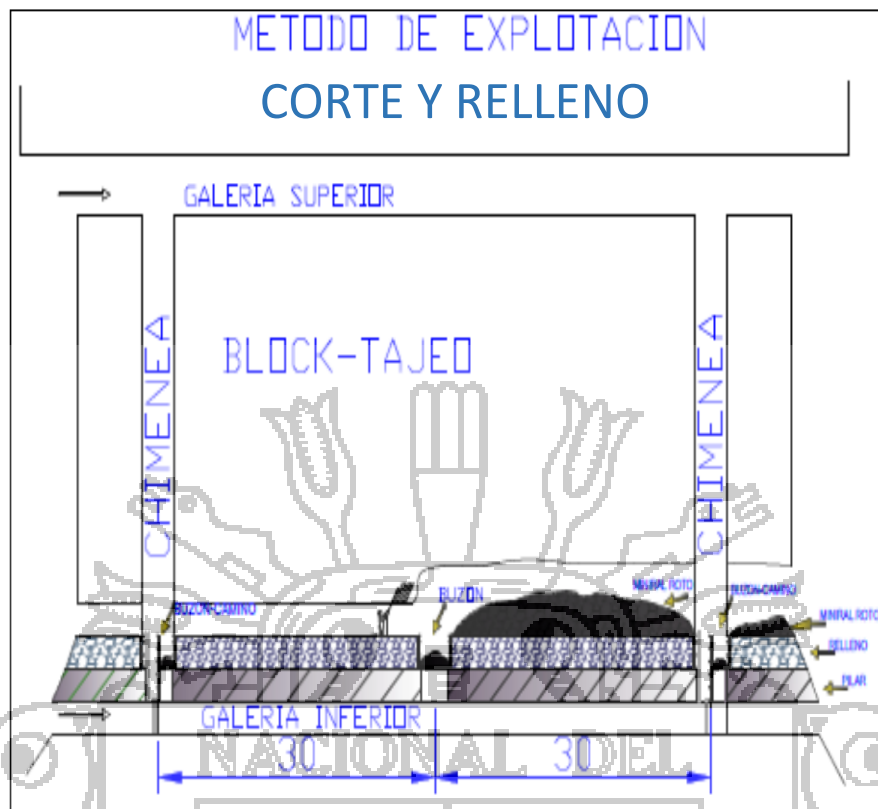


Figura N°4: Esquema tentativo de método de explotación corte relleno ascendente.

2.20.1 Circado de veta.

Consiste en destajar primero la roca estéril dejando la estructura mineralizada en una de las cajas favorables y más consistentes para que al menos se acumule de 1- 5 disparos sobre estéril, para luego disparar solo sobre mineral para así disminuir la dilución del mineral, luego de este proceso se emplea el relleno de la siguiente rebanada en ascenso.

2.20.2 Corte relleno ascendente

Este método se denomina también "over cut and fill". El minado en corte relleno es en forma de tajadas horizontales comenzando del fondo del tajo avanzando hacia arriba.

El mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, cuando toda la tajada a sido disparado, el volumen extraído es relleno con material estéril para el soporte de las cajas, proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada, el material de relleno puede ser de roca estéril proveniente de la labores de desarrollo en la mina y es distribuida mecánicamente sobre el área tajada : así mismo en el minado moderno de

corte y relleno es práctica común en el uso del método hidráulico, este material procede del material de relave de la planta concentradora a la mina a través de tuberías ; cuando el agua del relleno es drenado entonces queda un relleno competente con una superficie uniforme, en algunos casos el material es mezclado con cemento que proporciona una superficie más dura, que mejora las características del soporte.

Condiciones de diseño

Se puede aplicar en yacimientos.

- Con buzamiento pronunciado $>50^\circ$.
- En cualquier depósito y terreno.
- Con cajas medianamente competentes.
- Las cajas del yacimiento pueden ser irregulares y no competentes.
- El mineral debe tener buena ley.
- Disponibilidad del material de relleno.

2.21 La dilución en la minería metálica

Se define comúnmente como dilución a la mezcla de mineral con estéril, mediante la cual se lleva bien a procesar un material que no tiene el valor económico previsto, o bien se arroja a la escombrera mineral, con la consiguiente pérdida de aprovechamiento de las reservas.

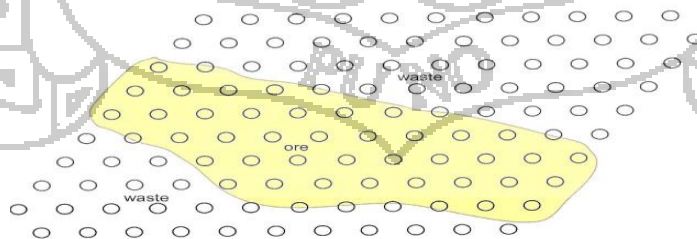


Figura N°5. Ejemplo de distribución de una masa mineral en una voladura (Floyd, 2007)

CAPITULO III

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Ubicación y Accesos

Ubicación

El Yacimiento Minero “Caracol” el cual comprende las concesiones caracolito I y II; está ubicado en el sector de Cerro Colorado del caserío de Chunchos distrito de Ámbar, provincia de Huaura, departamento de Lima, Perú. Cuyas coordenadas UTM correspondientes a la Zona 18 son las siguientes:

Coordenadas UTM Caracolito I

Cuadro N° 1 Límites de concesión

VERTICES	NORTE	ESTE
01	8 810,000	237,000
02	8 809,000	237,000
03	8 809,000	236,000
04	8 810,000	236,000

Coordenadas UTM Caracolito II

VERTICES	NORTE	ESTE
01	8 809,000	237,000
02	8 808,000	237,000
03	8 808,000	236,000
04	8 809,000	236,000

EXTENSIÓN: Con un total de 200.00 Hectáreas

Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Lima es como sigue:

Cuadro N° 2 accesos a la mina caracol S.A.C.

Lima – Supe	190.00 Km.	Asfaltado	3.0 Hr.
Supe – Caral	23.00 Km	Asfaltado	0.5 Hr.
Caral - Chunchos	33.50 Km.	Trocha	1.5 Hr.

(Ver anexo: Lámina 4.- **Mapa de Ubicación**)

Clima

La región presenta un clima cálido templado, pertenece a la zona costera, encima de 1800m.s.n.m., existiendo dos estaciones bien definidas de la siguiente forma:

Época de lluvia que corresponde a los meses de diciembre-marzo, produciéndose precipitaciones pluviales moderadas.

Época de sequía, comprende los meses de abril-noviembre donde las temperaturas aumentan sustancialmente que llegan hasta 25°C promedio normal.

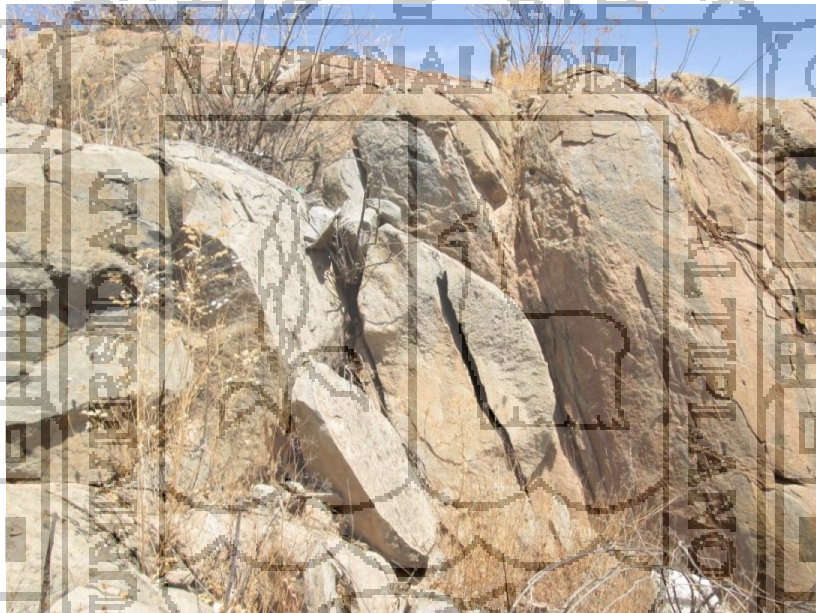


Fotografía N° 1: vista de E-W, nos muestra contacto entre los volcánicos Calipuy con rocas batolíticas. FUENTE PROPIA

3.2 Flora y fauna

La vegetación en la zona es escasa y consta principalmente de arbustos y cactus de diversas variedades, sin embargo en la quebrada Zapallar y Venado muerto existe la vegetación propia de la costa como el huarango, molle y otros arbustos típicos.

La fauna en la zona es escasa pueden apreciarse esporádicamente algunos animales como vizcachas, zorros, ratones, reptiles, insectos, murciélagos, burros, venados, cóndor y otros.



Fotografía N° 2: Se observa arbustos temporales y cactus FUENTE PROPIA

3.3. Geomorfología local

La topografía local presenta pendientes moderado a suaves, valles simétricos en forma de V. las quebradas secas drenan paralelos a las estructuras mineralizadas hacia la quebrada Zapallar al sur y Venado muerto hacia el norte por lo general está compuesto de material aluvial, coluvial.

3.3.1 Unidades geomorfológicas

Colinas altas:

Fotografía N°3: Nos muestra la fauna en la zona de estudio (tarántula, cóndor) FUENTE PROPIA

Estas colinas en cuanto a su composición superficial constituyen estructuras que se forman por la acumulación de material ígneo que ascienden desde las profundidades hasta la superficie a través de una debilidad estructural como una falla. Donde se presenta como un afloramiento de lava. Solidificándose en rocas proximales de las rocas de la superficie y desarrollando una forma de



colina con características particulares.

Terraza:

Son elevaciones intermedias y relieve suave, también se han desarrollado sobre rocas volcánicas e intrusivas.

Laderas:

Son elevaciones menores y pendientes moderadas, ubicadas mayormente en zonas de afloramientos de cuerpos intrusivos comprendiendo una cota de 1649-1710 m.s.n.m.

Colinas bajas:

Son las pendientes llanas, en las cuales se observa que estas son zonas de deposición de sedimentos por la acción del agua fluvial encontrándose en ello los cantos angulosos producto de la erosión.

Valles “V”:

Ver anexo: Lámina5.-Mapa Geomorfológico local

Los valles fluviales coluviales son producto de la acumulación de materiales transportado como consecuencia de procesos geomorfológicos y climáticos cuando el agua es el medio de transporte de los detritos, cuando la velocidad de sedimentación es mayor puede dar lugar a llanuras de inundación, terrazas o depósitos marginales resultado de la sedimentación de aguas estancadas pero se encuentran encajonadas por vertientes de fuertes pendientes a veces de paredes casi verticales.

3.4. Geología local

La región presenta rocas del Mesozoico y del Cenozoico; desde el Cretáceo hasta el Cuaternario; principalmente rocas volcánicas del Grupo Casma, rocas intrusivas del Batolito de la Costa, rocas volcánicas del Grupo Calipuy y depósitos recientes.

Las rocas más antiguas están representadas por el Complejo Basal de la Costa seguida por los Volcánicos de la formación Casma y Grupo Calipuy que fueron intruidos por cuerpos subvolcanicos andesiticos y rioliticos.

3.4.1. Grupo Calipuy (Kti-ca)

Este nombre fue dado por Cossío (1964) a una amplia extensión de volcánicos en el Norte del Perú los que indudablemente se prolongan hasta el área descrita aquí, razón por lo que conserva dicho nombre.

Litológicamente la secuencia es extremadamente variada, consistiendo principalmente de lavas andesíticas purpuras, piroclásticos gruesos, tufos finamente estratificadas, basaltos, riolíticos y dacitas, todos los cuales presentan variaciones laterales bastante rápida. Se han realizado secciones comparativas a lo largo de los ríos Huaura, Chancay y Chillón, no habiéndose encontrado similitud en ningún caso, por lo que se requiere un alto grado de precaución en el mapeo de estos volcánicos.

El volcánico Calipuy cubre discordantemente los sedimentos cretáceo plegados. Más hacia el oriente, restos de este volcánico sobreyacen a la capa roja de la Formación Casapalca del Altiplano.

Lamentablemente en los sedimentos de esta unidad no se han encontrado fósiles, sabiéndose únicamente que ha sido cortada por las rocas batolíticas que en la región han dado edades radiométricas que varían de 60-90 Ma. (Cretáceo reciente) y que en el altiplano yace con notorias discordancias sobre la Formación Casapalca (Terciario inferior de acuerdo a un contenido fosilífero no muy determinado).

Siendo probable que el volcánico Calipuy pueda correlacionarse en parte con el Grupo Toquepala del sur del Perú.

3.4.2. Grupo Casma

Formación Casma (Ki-c)

El nombre de la Formación Casma fue usado por Cossío (1964) para una serie de volcánicos con sedimentos intercalados que se encuentra en la franja costanera, al Oeste del batolito. Las relaciones generales observadas en esa zona se aplican a la presente área. Y por tanto, a la secuencia volcánica de la zona costanera se le correlacionan con dicha formación.

Dentro del área, la formación Casma consiste en volcánicos bien estratificados siendo en su mayor parte derrames delgados de andesitas masivas, de grano fino y con más o menos 3-5 metros de espesor. Este tipo de litología se aprecia muy bien a lo largo de la carretera que une a los ríos Huaura y Supe.

En la quebrada venado muerto, lavas andesíticas y masivas y estratificadas sobreyacen a una secuencia de sedimentos y tufos finamente estratificados. La

búsqueda de fósiles en este punto no ha conducido a ningún resultado positivo hasta la fecha, algunos horizontes pueden ser fosilíferos, los estratos de esta secuencia están bien plegados.

3.4.3. Súper Unidad la Mina (KT-Im)

Los miembros de este complejo se presentan como intrusiones individuales ampliamente separadas y generalmente en forma de stock. Están caracterizadas por una litología definida que permite considerarlos en dos grupos de intrusiones bastante alejados el uno del otro. Unos están localizados entre el río Pativilca y el río Supe y el otro está en el lado sur del río Huaura donde algunos miembros están entre los complejos del río Huaura.

A corta distancia, hacia el sur, hay otro pequeño stock de la misma tonalita justo al norte del río Supe y se halla emplazado dentro de la diorita, diorita biotítica y rocas volcánicas de la Formación Casma, siendo también cortado por la adamelita de San Gerónimo.

3.4.4. Cuaternario (Q)

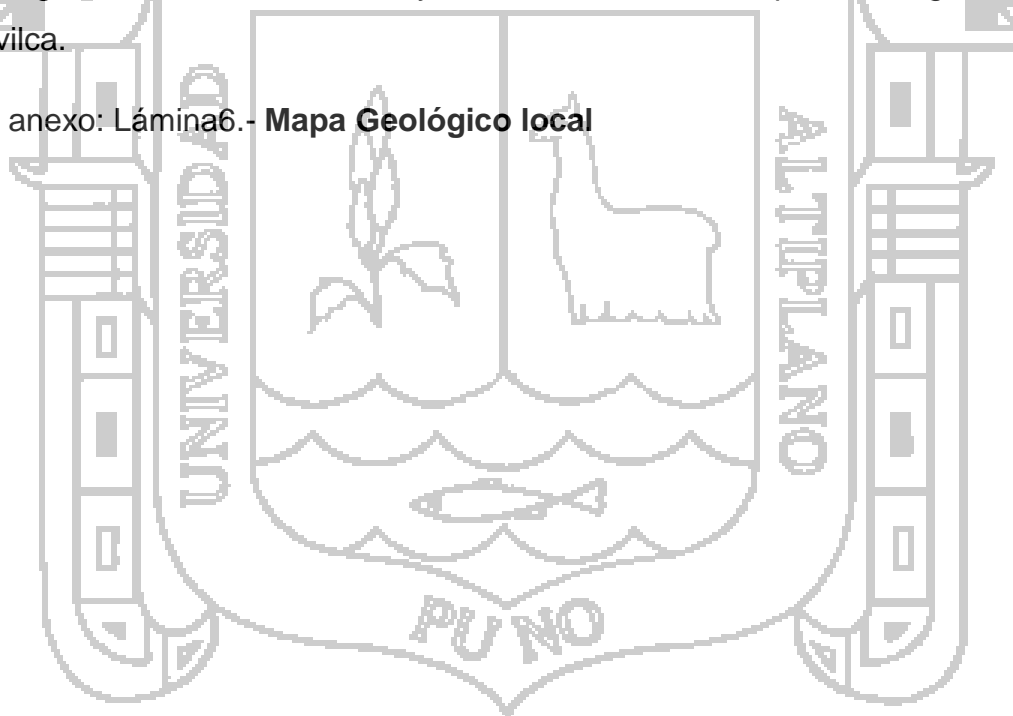
Son pequeños depósitos aluviales, coluviales y otros asociados con la acumulación de material en los lechos de las quebradas, como producto del intemperismo y algunas lluvias muy esporádicas. Las rocas plutónicas, de cerro Colorado al sur, originan pequeños depósitos de arenas gruesas y limoarcillas, los pequeños aluviones están originados por las lluvias esporádicas, se tiene una mezcla muy heterogénea de bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. Las rocas volcánicas, al norte del cerro Colorado, originan depósitos coluviales de pie de monte, arenas finas, limos y arcillas de poco espesor, los pequeños aluviones contienen elementos de los mismos.

3.4.5. Batolito de la costa

Las rocas del Batolito de la Costa afloran desde la línea de costa hasta un aproximado de 200 km. las intrusiones varían del Cretáceo Medio al Neógeno. A nivel del Perú, estructuralmente, el batolito recorre toda la costa, ha sido dividido en cuatro segmentos. El segmento Piura, el segmento Trujillo, el segmento Centro (Lima) y el segmento Sur (Arequipa). Contienen un gran

número de plutones, aproximadamente mil cuerpos. El Segmento Lima, se divide en el Complejo Plutónico de Huaura, Complejo Plutónico de Fortaleza y Complejo Plutónico de Casma. La unidad minera se ubica en el Complejo Plutónico de Huaura, parte norte del Complejo Paros, en la Súper Unidad La Mina. El Batolito de la Costa en la parte inferior da una edad de 102 Ma. para gabros y dioritas de la Súper Unidad Patap y para la parte superior tiene una edad entre 34-51 Ma. para aplitas y monzogranitos de la Súper Unidad Pativilca. La Súper Unidad La Mina tiene 62 Ma (Cossio 1964), está constituida por granodioritas y tonalitas. La granodiorita/tonalita presenta grano medio, 10% a 15% de biotita más hornblenda acicular en igual proporción, también presenta xenolitos, de tamaños variados, la plagioclasa cálcicas y los minerales máficos son euhedrales, el cuarzo y la perita son intersticiales, invaden a los cristales de formación primaria. Los afloramientos de La Mina cortan a monzogranitos de San Jerónimo y a su vez son cortados por monzogranito de Pativilca.

(Ver anexo: Lámina6.- **Mapa Geológico local**





Fotografía N°4: Vista desde este a oeste mostrando las unidades litoestratigráficas de la zona observándose contacto volcánicos Calipuy (KTi-Vca) y batolito costanero (KTi-lm).FUENTE PROPIA



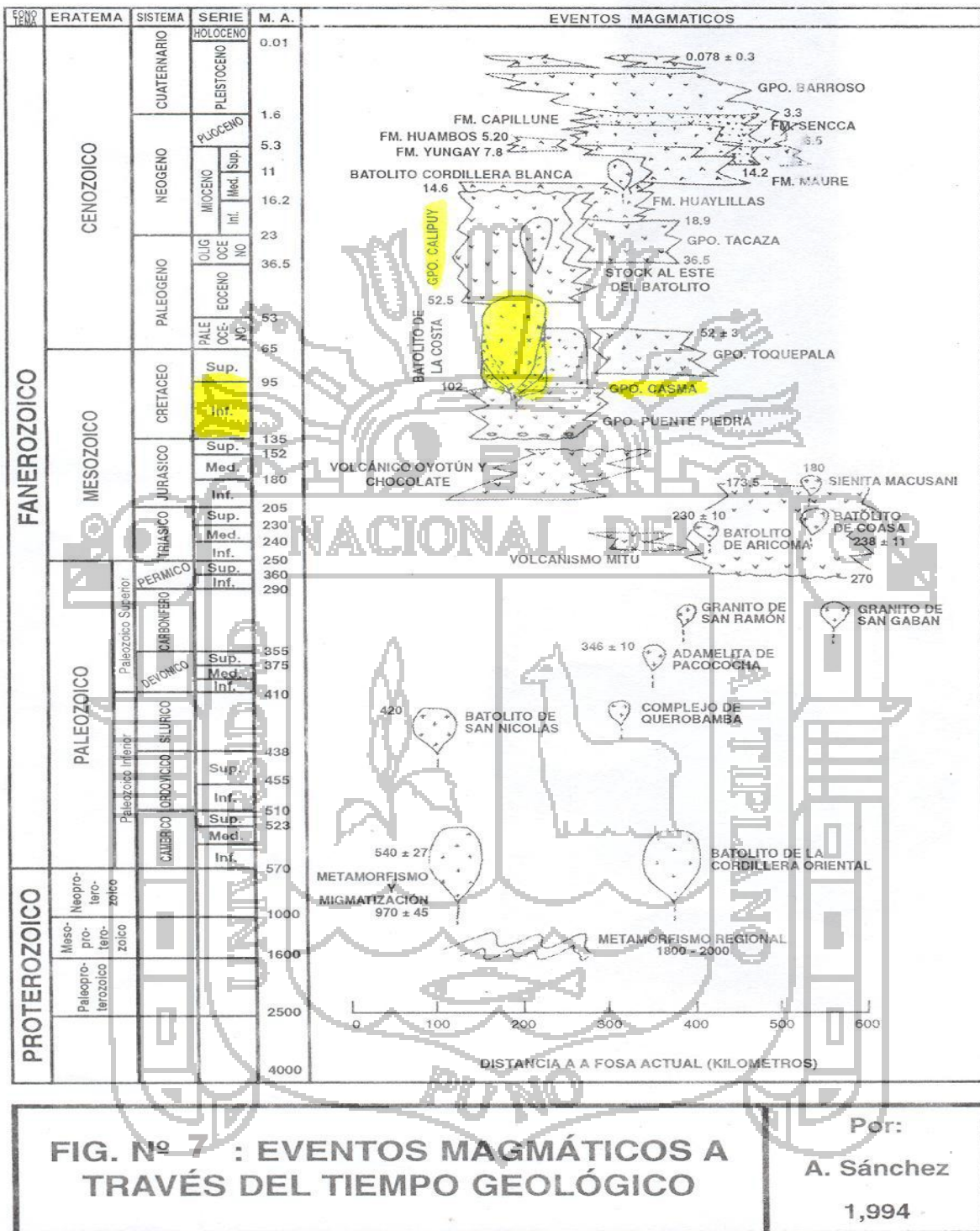


FIG. Nº 7 : EVENTOS MAGMÁTICOS A TRAVÉS DEL TIEMPO GEOLÓGICO

Por:
A. Sánchez
1,994

Columna Estratigráfica local

3.4.6. Evolución magmática

El yacimiento aurífero filoniano de la mina Caracol, está ubicado en la franja aurífera del norte del Perú, asociado al segmento Norte del batolito de la costa. La evolución magmática en la región fue evidenciada por el emplazamiento de las Súper Unidad la Mina con una edad de 101-96Ma.

Vetas. Depósitos de esta naturaleza se encuentran en todo el área y generalmente están asociadas con rocas intrusivas. Actualmente a lo largo del contacto oriental del batolito están siendo explotados pequeños depósitos de tipo relleno de fisuras en los Metavolcánicos de la Formación Calipuy. De la misma manera, pequeñas labores de igual naturaleza están ampliamente dispersos en todo el afloramiento de esta unidad volcánica. Es probable que estas vetas, en la mayoría de los casos, estén asociados con pequeños stocks difíciles de distinguir de los volcánicos los cuales en muchos casos es posible que no lleguen a superficie. Los minerales depositados en estos rellenos de fisuras generalmente con calcopirita, galena y esfalerita, aunque también se ha encontrado molibdenita, oro y hierro. Particularmente en localidades próximos al batolito.

3.4.7. Petrología

En el área de estudio y los alrededores afloran mayormente las rocas intrusivas ígneas (granodioritas y tonalitas), y ígneas volcánicas (andesitas verdosa, diques riolíticos, brechas volcánicas.

También tenemos un afloramiento prominente de las rocas pertenecientes al batolito de la costa, conformado por granodiorita y tonalitas que se observa al S-SE de la mina Caracol. También se presenta diques riolíticos perpendicular a las estructuras mineralizadas en algunos caso paralelo.

En la parte norte de la concesión se encuentra las rocas andesíticas de color gris verdoso en algunos casos con diques riolíticos.

Finalmente existen diques andesíticos que generalmente están asociados a la veta Cinthia de color gris verdoso en algunos casos con otras tonalidades y con diseminación de pirita o calcopirita que varían entre 0.50-1.00m.



Fotografía N°5: se observa caja techo compuesta por granodiorita con xenolitos.

3.4.8 Geología estructural local

Por ser conveniente para la descripción de las estructuras se ha agrupado a las rocas según su Edad, que al tener características propias en cada caso, hacen factible la interpretación de los acontecimientos Tectónicos.

Rasgos estructurales en las rocas intrusivas

Las rocas intrusivas muestran signos muy débiles de deformación, lo que podrían indicar que las rocas encajonante fueron probablemente plegadas y deformadas antes de la intrusión.

Por lo general las rocas plutónicas del área tienen un fracturamiento muy pronunciado con una dirección NE-SW que coincide con el alineamiento de la mayoría de las fallas y diques, otro fracturamiento menos pronunciado al NE-

SW, La falla normal cercana a la del campamento minero de Minera Caracol S.A.C. se presenta en los Volcánicos Calipuy con rumbo $N 89^{\circ} E$, con buzamiento $60 SE$.

También existe otros fallas que no han aflorado como la falla control que tiene una dirección NW-SE con un buzamiento de 30° hacia el SW, y otros falla que van de Este a Oeste que causan desplazamientos cortos de 20cm que puede decir que estas fallas han sido pos mineralizantes y producto de plegamientos. (Ver anexo: Lámina 8.- **Mapa Estructural**)



Fotografía N°6, se observa una deformación (falla). FUENTE PROPIA

3.4.9 Alteraciones hidrotermales

3.4.9.1. Alteraciones supérgenas

En la zona de estudio las alteraciones causados mayormente por agentes meteóricos ya que presenta una coloración notable en los afloramientos de la veta. Los minerales que mayormente abundan son los óxidos de hierro (limonita y hematitas) estos óxidos se han formado a partir de minerales primarios como la Calcopirita, galena, arsenopirita, pirita. También existe la presencia de arcillas entre la estructura y la roca encajonante.

3.4.9.2. Alteraciones hipógenas.

En la estructura se puede observar una fuerte alteración, de silicificación, piritización, cloritización y en algunos puntos argilización en rocas muy fracturadas.

En la mina Caracol existe alteraciones horizontales, donde los sulfuros se oxidan cerca a la superficie esto es notorio en el sector norte mientras que al sur vemos una zona de estancamiento es decir que las rocas se mantienen estables conservándose los sulfuros con ligeras alteraciones de silicificación y cloritización así mismo notamos que las arcillas están rellenos en las cavidades paralelos a las estructura observándose que la presencia de agua ha sido pobre o nulo.

También se ha determinado un zoneamiento vertical desde la parte superficial hacia los niveles inferiores se puede observar que la zona de óxidos llega hasta el nivel 667 y luego ya es sulfuros con silicificación.

3.4.9.3. Piritización

En este yacimiento es común el predominio de la pirita que se formó posterior a la mineralización primaria, del mismo modo es notorio en la roca encajonante, observándose en forma masiva y diseminado a veces presenta un aspecto tetraedral de grano medio 2mm.

Estas piritas por lo general se presenta diseminado en la roca caja y su presencia aumenta hacia las profundidades convirtiéndose en venillas de pirita y calcopirita y las mismas en parches que se encuentran en las fracturas.

3.4.9.4. Caolinización

La presencia de caolín de un aspecto terroso, color blanco a blanco grisáceo, que se formó de las micas y se encuentra junto a la mineralización económica, nos induce a pensar a que el desarrollo de la arcilla se efectuó mediante un proceso de un metasomatismo hidrotermal de los feldespatos, y elementos oscuros de la roca.

3.4.9.5. Silicificación

La alteración más importante que sirve como control mineralógico.

Es la introducción y redistribución de cuarzo secundario en las cajas de la estructura y está ligado a la deposición de sulfuros en las vetas teniendo a que las leyes de oro por lo general es alta.

La silicificación y la piritización son indicadores de encontrar clavos económicos cuando estos están presentes en la veta. También es muy notorio la clorita y una variable silicificación de las rocas encajonantes.

3.4.9.6. Cloritización.

Es uno de los tipos más comunes de alteración. Puede desarrollarse por la alteración de silicatos félicos, con la introducción de agua y la remoción de algo de sílice. En otros casos Mg, Fe, Al y algo de SiO₂ son aportados hacia la roca de caja, conformando un material rico en cloritas. Este grupo mineral puede presentarse solo o bien acompañado por cerecita, turmalina y cuarzo, además de pequeñas cantidades de epidota, albita y carbonatos. Estas cloritas tienen composiciones variables a diferentes distancias de los cuerpos de sulfuros, así el contenido en Fe es generalmente mayor en las proximidades de la mineralización. Los sulfuros asociados son pirita y pirrotina. Esta alteración está relacionada con la propilitización.

3.5. Geología Económica

El proyecto minero caracol con área de 200Has contiene una diversidad de estructuras muy interesantes económicamente, como son las vetas Cinthia, Caracolito, Juana, Marilyn, Karal.

Se ubica en la Provincia Metalogenética Occidental, ligada a la subducción de la Placa de Nazca, bajo el continente americano, a partir del Cretáceo Superior

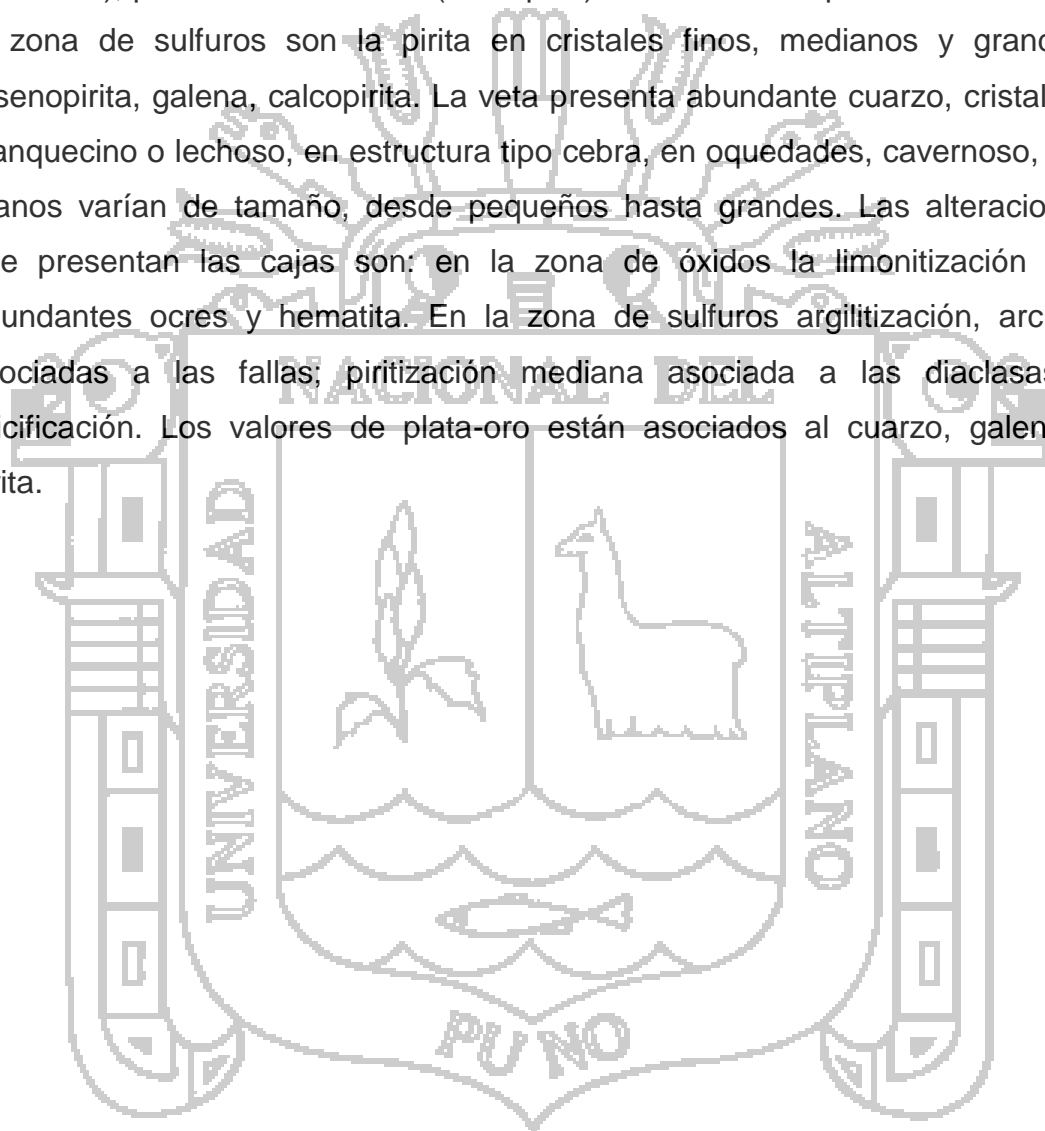
(Ponzoni, 1980). La provincia Metalogenética Occidental y sus mineralizaciones de Cu, Zn, Pb, Ag, W, y otros están asociados al Ciclo Andino (N. Chacón, 1995, inicios del Paleógeno al Neógeno "Terciarios"). Según Soler et al (1986) el área está en el Segmento Central, parte Oeste y en la parte baja de la vertiente Pacífica, aquí existen yacimientos y prospectos de cobre zinc y plata-oro con baritina asociados al Volcánico Casma; presencia de cobre, plata-oro, wolframio, molibdeno, baritina y otros asociados al Batolito de la Costa. Mayormente estructuras vetiformes.

En la actualidad minera caracol S.A.C. Viene trabajando solo la veta Cinthia que contiene clavos mineralizados que están separados de 100-150m de norte a sur.

3.5.1 Veta Caracolito.-Se ubica en la Concesión Caracolito I 2005, Cerro Colorado Zona sur. Aflora en una longitud de 800 m. casi continuos, en la parte sur se realizó minado en una longitud de 400 m. en tres niveles (473, 500 y 544). La veta está controlado por rocas intrusivas granodioritas-tonalitas, la veta tiene rumbo N-S a N 10° W, buzamiento vertical a 85° E-NE., potencia variable entre dos centímetros a cuarenta centímetros, estructura sigmoidal y en rosario. Los minerales que se observan en la zona de óxidos son en su mayoría óxidos de hierro (limonita, hematita), de manganeso (pirolusita), poco oxido de cobre (malaquita). Los minerales que se observan en la zona de sulfuros son la pirita en cristales finos, medianos y grandes, arsenopirita, galena, calcopirita. La veta presenta abundante cuarzo, cristalino, blanquecino o lechoso, en estructura tipo cebra, en oquedades, cavernoso, sus granos varían de tamaño, desde pequeños hasta grandes. Las alteraciones que presentan las cajas son: en la zona de óxidos la limonitización con abundantes ocre y hematita. En la zona de sulfuros argilitización, arcillas asociadas a las fallas; piritización mediana asociada a las diaclasas y silicificación. Los valores de plata-oro están asociados al cuarzo, galena y pirita.

3.5.2 Veta Cinthia.- Se ubica en la Concesión Caracolito II 2006. Cerró Colorado zona norte, en rocas intrusivas y en rocas volcánicas. Aflora en una longitud de 400 m. continuos, en la quebrada Caracol se realizó minado en una

longitud de 300 m. en seis niveles (511, 545, 583, 625, 667, 695 y 473). La veta está controlado por rocas intrusivas granodioritas-tonalitas y continúa en rocas volcánicas hacia el norte, con rumbo N-S a N 10° W, buzamiento vertical a 85° W-SW., potencia variable entre dos centímetros a setenta centímetros, estructura sigmoidal y en rosario. Los minerales que se observan en la zona de óxidos son en su mayoría óxidos de hierro (limonita, hematita), de manganeso (pirolusita), poco oxido de cobre (malaquita). Los minerales que se observan en la zona de sulfuros son la pirita en cristales finos, medianos y grandes, arsenopirita, galena, calcopirita. La veta presenta abundante cuarzo, cristalino, blanquecino o lechoso, en estructura tipo cebrá, en oquedades, cavernoso, sus granos varían de tamaño, desde pequeños hasta grandes. Las alteraciones que presentan las cajas son: en la zona de óxidos la limonitización con abundantes ocre y hematita. En la zona de sulfuros argilitización, arcillas asociadas a las fallas; piritización mediana asociada a las diaclasas y silicificación. Los valores de plata-oro están asociados al cuarzo, galena y pirita.





Fotografía N°7: se observa la composición mineral de la veta Cinthia (argirosa, galena, pirita, cuarzo, óxidos). FUENTE PROPIA

ga

FeO

3.5.3 Veta Juana. Se ubica en la Concesión Caracolito II 2006. Cerró Colorado zona norte. Aflora en una longitud de 600 m. casi continuos, en la parte norte se realizó minado en una longitud de 250 m. en el nivel 609. La veta está controlado por rocas intrusivas granodioritas-tonalitas, la veta tiene rumbo N-S a N 12°E, buzamiento vertical a 85° E-SE, potencia variable entre seis centímetros a cuarenta centímetros, estructura sigmoidal y en rosario. Los minerales que se observan en la zona de óxidos son en su mayoría óxidos de hierro (limonita, hematita), de manganeso (pirolusita), poco óxido de cobre (malaquita). Los minerales que se observan en la zona de sulfuros son la pirita, arsenopirita, galena, calcopirita. La veta presenta abundante cuarzo, cristalino, blanquecino o lechoso, en estructura tipo cebra, en oquedades, cavernoso, sus granos varían de tamaño, desde pequeños hasta grandes. Las alteraciones que presentan las cajas son: en la zona de óxidos la limonitización con abundantes ocre y hematita. En la zona de sulfuros argilitización, arcillas

asociadas a las fallas; piritización mediana asociada a las diaclasas y silicificación. Los valores de plata-oro están asociados al cuarzo, galena y pirita. Las reservas corresponderían a Mineral Probable, parte inferior del Nivel 609.

3.5.4 Veta Marilyn.- Se ubica en la Concesión Caracolito II 2005. Cerró Colorado zona norte, en rocas intrusivas y en rocas volcánicas. Aflora en una longitud de 600 m. casi continuos; en la quebrada Caracol se realizó cateos, así mismo en la parte oeste de la concesión. La veta está controlado por rocas intrusivas granodioritas-tonalitas y continúa en rocas volcánicas hacia el noroeste, va acompañado de un dique andesítico; la veta tiene rumbo N 30° W, buzamiento vertical a 84° S-SW. a medida que se acerca a la cumbre del cerro Colorado varía su rumbo a NS, vertical; potencia variable entre dos centímetros a quince centímetros, estructura sigmoidal y en rosario. Los minerales que se observan en la zona de óxidos son en su mayoría óxidos de hierro (limonita, hematita), de manganeso (pirolusita), poco oxido de cobre. Los minerales que se observan en la zona de sulfuros son la pirita en cristales finos, y medianos, arsenopirita, galena, calcopirita. La veta presenta abundante cuarzo, cristalino, blanquecino o lechoso, en estructura tipo cebra, en oquedades, cavernoso, sus granos varían de tamaño, desde pequeños hasta medianos. Las alteraciones que presentan las cajas son: en la zona de óxidos la limonitización con abundantes ocre y hematita. Los valores de plata-oro están asociados al cuarzo, galena y pirita. Las reservas corresponderían a mineral probable.

3.5.5. Otras estructuras.- Como la veta karal, divino y murciélago son paralelas con buzamientos similares que varíen 80 °-86, con rumbos N-S, es estas vetas se observan también la mineralización similar a la de veta Cinthia. Los minerales que se observan en la zona de sulfuros son la pirita en cristales finos, y medianos, arsenopirita, galena, calcopirita. La veta presenta abundante cuarzo, cristalino, blanquecino o lechoso, en estructura tipo cebra, en oquedades, cavernoso, sus granos varían de tamaño, desde pequeños hasta medianos. Las alteraciones que presentan las cajas son: en la Zona de óxidos la limonitización con abundantes ocre y hematita. Los valores de plata-oro

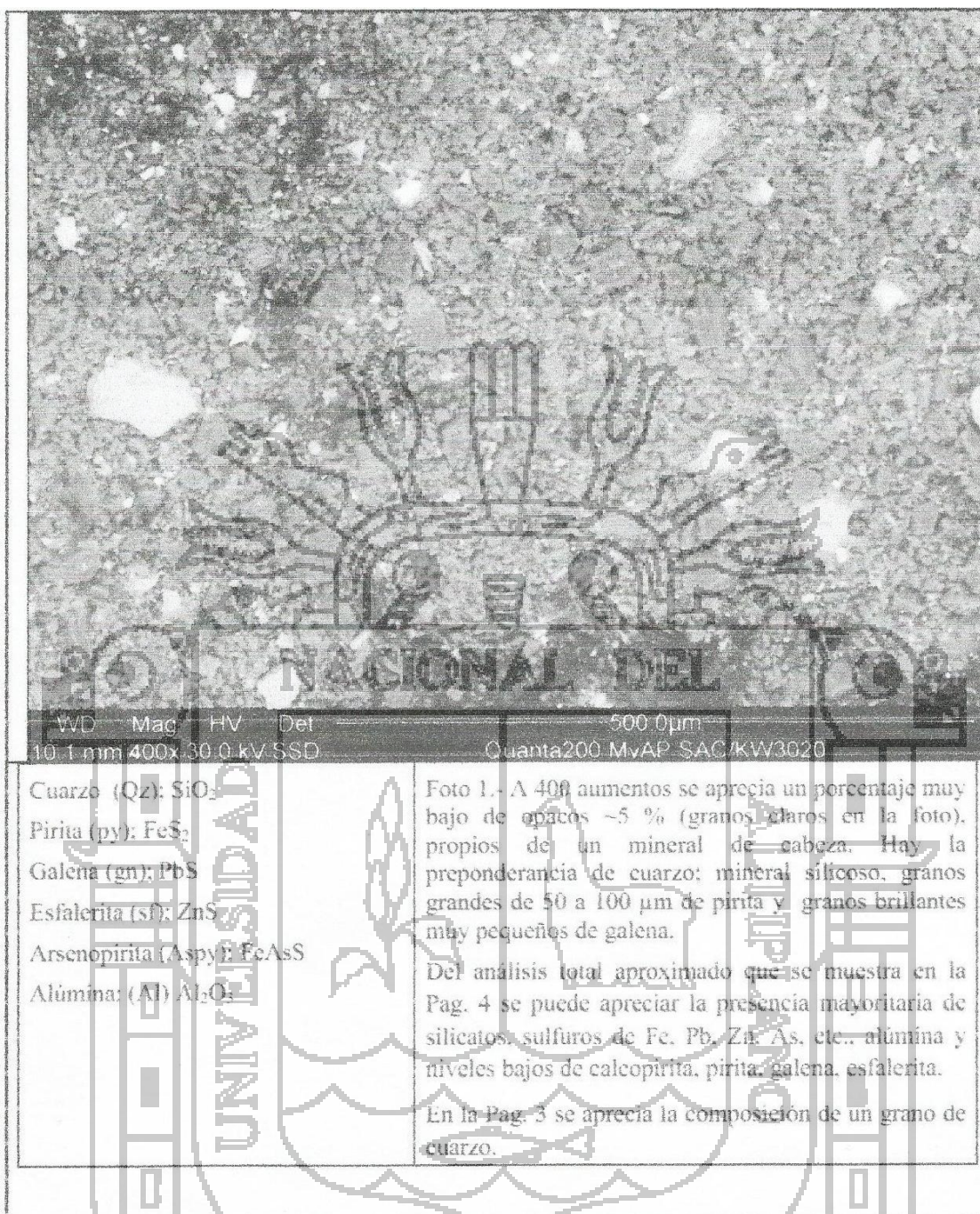
están asociados al cuarzo, galena y pirita. Las reservas corresponderían a mineral probable.

(Ver anexo Lamina 9.- Sección Transversal y Lamina 10.- Mapa Económico)

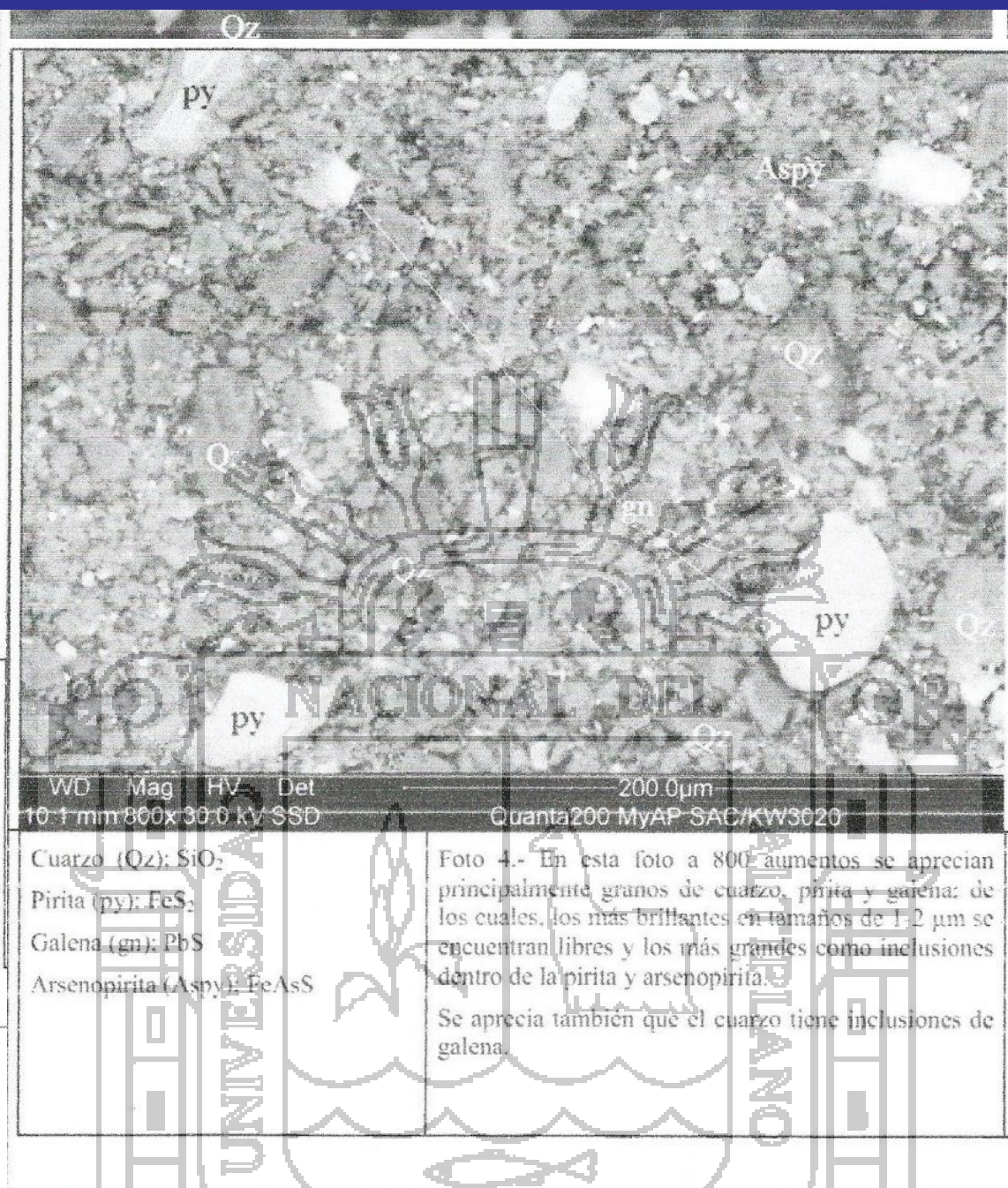
3.6. Estudio Petrográfico

En el yacimiento se han realizado estudios petrográficos de microscopía de barrido, en lo siguiente figuras se puede observar la distribución mineralógica de la muestra que se ha analizado.



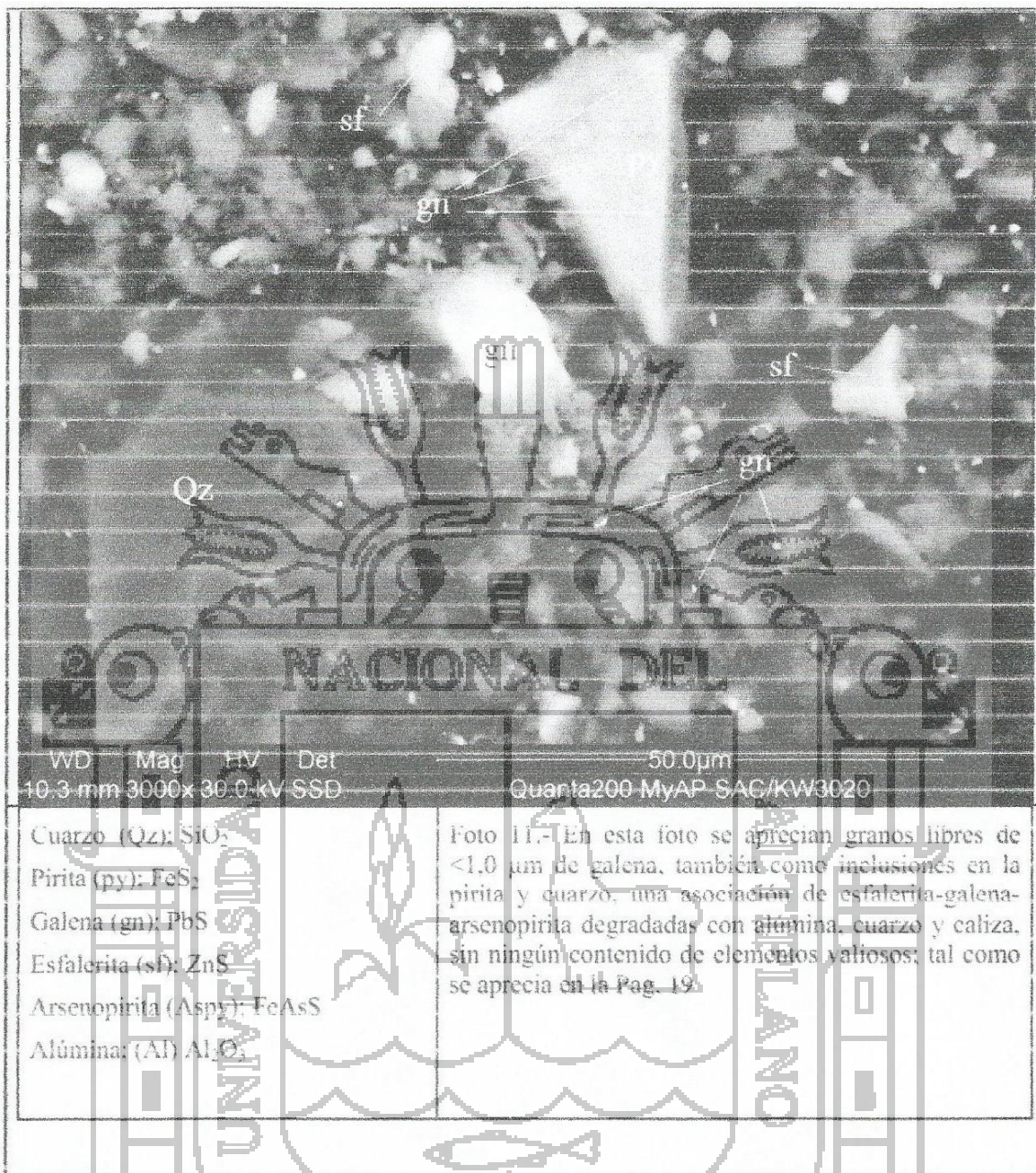


Fuente: química germana S.A.C.

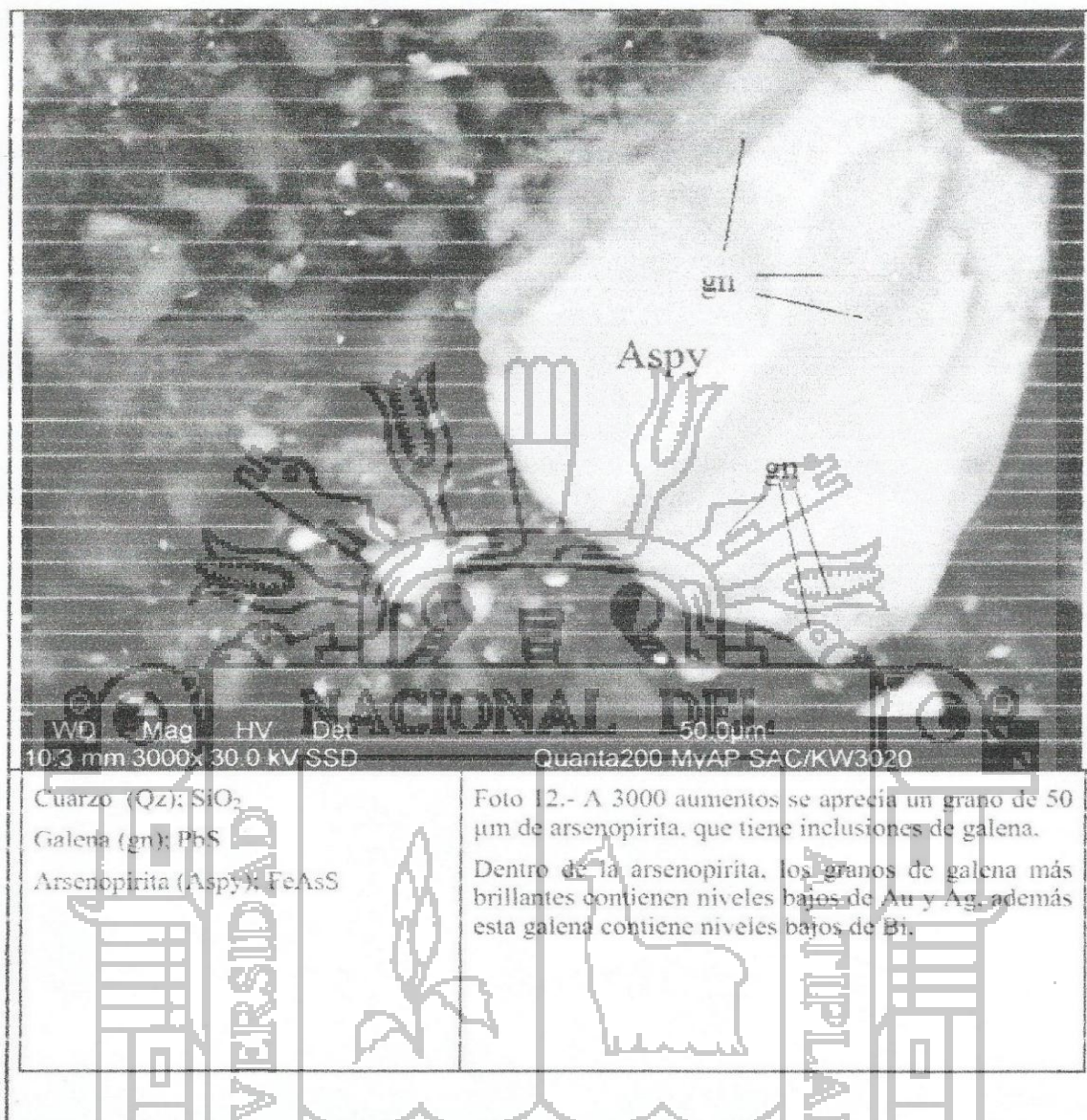


Fuente: química germana S.A.C.

Fuente: química germana S.A.C.



Fuente: química germana S.A.C.



Fuente: química germana S.A.C.

3.7. Descripción de los depósitos

La veta Cinthia presenta clavos con buena ley y potencia moderada, pero también existe buena ley y potencia angosta estas potencias van desde 0.05 hasta 0.80m, y cuando se estrangula solo existe una fractura es el típico comportamiento de vetas tipo rosario.

La veta Cinthia es discontinuo en su afloramiento y alcanza longitudes entre 100 y 150m esto se atribuye a un cambio litológico por donde atraviesa la veta, por ejemplo cuando la veta atraviesa un dique riolitico presenta una serie de irregularidades por diferentes razones, algunos de los cuales aún no determinados, pero las que han sido reconocidas son las siguientes.

Cuando la veta atraviesa los diques, presenta un estrangulamiento con presencia de calcopirita y pirita en las fracturas originando un cambio de rumbo y buzamiento.

Cuando pasa una zona de estrangulamiento y silicificación fuerte las estructuras presentan lazos sigmoides de distancias cortas a distancias considerables que son de 5m hasta los 70m de longitud los cuales presentan mineralización buena en uno de los ramales y bajo en otro, cuando se unen los lazos se forma una zona alterada y fracturas favoreciendo el ensanchamiento de la veta, formando lentes de 3-5m de longitud, esto se puede observar en el nivel 583 y 667, presentando las mismas características verticalmente y horizontalmente de los lazos sigmoides.

En resumen la veta está rellena en una falla de rumbo formando los "S" a cada cierto tramo, el mayor indicativo es la silicificación, cloritización y hasta aguilización suave.

3.8. Geometría de los clavos mineralizados

Los clavos de la veta Cinthia presentan diferentes formas y dimensiones, desde algunos metros hasta decenas de metros de longitud, profundidades reconocidas hasta los 240m por el momento siendo estos muy irregulares vertical y horizontalmente.

Estas estructuras se presentan en forma de lazos sigmoides y/o ramales con mineralización íntimamente ligadas al aspecto estructural y litológico, los sigmoides están mineralizados indistintamente. (Ver plano nº 11 y 12).

3.9. Mineralogía

La morfología de nuestro depósito es vetiforme (filoniana) formando clavos inclinados (plunge) con lentes mineralizados tipo rosario.

Esta presencia se puede observar tanto verticalmente y horizontalmente también se presenta con brechas y diseminados en zonas puntuales de la veta Cinthia.

Presentamos un resumen de los minerales existentes en la veta "Cinthia", esto es en base a estudios petrográficos y la descripción macroscópica de diferentes muestras analizadas en el laboratorio

MINERALES	COMPOSICIÓN	OBSERVACION
Oro	Au	hipógeno y Supergenico
Argentita	AgS	Hipógeno y Supergenico
Argirosa	Ag ₂ S	Hipógeno y Supergenico
Pirita	FeS ₂	Hipógeno
Calcopirita	CuFeS ₂	Hipógeno
Bornita	CuFeS ₄	Hipógeno
Esfalerita	ZnS	Hipógeno
Cuarzo	SiO ₂	Hipogeno-supergenico
Limonita	FeO ₃ nH ₂ O	Zona de oxidación
Malaquita	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂	Zona de oxidación
Pirolusita	MnO ₂	Zona de oxidación
Calcita	CaCO ₃	Hipógeno
Arsenopirita	FeAsS	Hipógeno
Galena	PbS	Hipógeno y Supergenico
Alúmina	Al ₂ O	Hipógeno
Molibdenita	MoS	Hipogeno-supergenico

3.10. Secuencia Paragenética.

Por las observaciones hechas al microscopio en laboratorio K W. química Germana S.A.C. de las muestras tomadas de la mina caracol S.A.C. Se concluye que es un depósito de origen mesotermal por lleno de fracturas interestratificadas, epigenético y de profundidad mesotermal, con presencia de pirita que se encuentra en parches, diseminado, y cristales desde 0.02 mm hasta 2cm, galena se encuentra en forma cristalizada hasta de 2cm, en las brechas se encuentra galena fina englobado en la pirita, esfalerita se encuentra en cristales de 1mm hasta 1cm, en algunos casos amorfos con brillo resinoso, calcopirita que se encuentra en parches, patinas y cristalizada, el oro se presenta en charpas en la zona de óxido, diseminados en la zona de sulfuros y , englobados en la pirita, y asociado al cuarzo gris, cuarzo hialino, óxidos de

fierro o en rocas silicificadas. Las muestras presentan una secuencia paragenética probable.

De acuerdo a esta secuencia paragenética, el ensamble mineralógico y la relación textural de las rocas, se comprueba el origen hidrotermal para la mineralización de cobre y oro que probablemente este oro estuvo originalmente asociado a la pirita que ahora se encuentra alterada en la zona de óxidos.

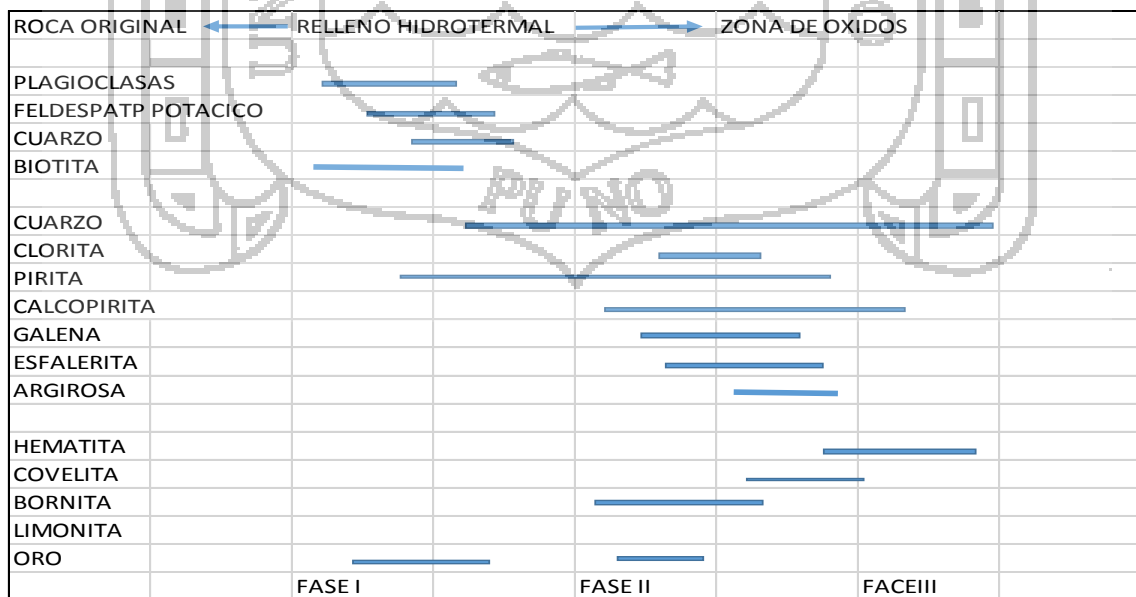
De aquí el mejor control mineralógico a tenerse en cuenta en el caso de explorar sería dictada el mineral oxidado (hematitas-limonitas) y la pirita, que bien podría ser aurífera.

De esta manera observamos una secuencia paragenética probables (ver cuadro)

En algunos puntos de la zona de oxidación el oro se encuentra al estado libre y está asociado a la limonita y goethita. En la zona de sulfuros el oro se encuentra como solución sólida dentro de la pirita y galena.

La clorita se encuentra en patinas, cristales dentro de las brechas y como alteración de la roca andesítica, en cuarzo está presente en formas amorfas y cristalizadas desde cuarzo gris, cuarzo lechoso, cuarzo hialino y como alteración.

Cuadro N° 3: modelo de una secuencia paragenética



3.11. Zoneamiento

De acuerdo a los resultados obtenidos de los diferentes análisis de campo y con las secciones longitudinales realizadas en los clavos mineralizados observamos que el Zoneamiento es tanto vertical como horizontal con ligeros cambios mineralógicos en los diferentes niveles del yacimiento.

3.11.1 Zona de oxidación.

Zoneamiento supérgeno que baja hasta 30-40m. De profundidad desde la superficie hacia abajo en donde sus valores son variables debido a que ingresa aguas meteóricas y existe una circulación de agua, estas aguas vienen cargadas de oxígeno y CO₂ lo que hace que exista oxidación y precipitación de los elementos como el oro.

3.11.2. Zona de minerales primarios

Los minerales hipógeno que de acuerdo a las labores mineras realizadas hasta el momento en el yacimiento se entiende desde la mineralogía dominante es el oro nativo (1.134oz/t en promedio), pirita galena y cuarzo. Se han tomado muestras para ser analizadas por plata, dando resultados de (5,94 onz. de Ag). Asimismo es notable un Zoneamiento horizontal en el sentido en que las vetas contiene mayor concentración de Au y Ag en la parte central del clavo y disminuyendo a los márgenes esto sucede desde el Nv-695 hasta el Nv-473 .

3.12. Controles de la mineralización

En la zona de estudios se tiene los siguientes controles de mineralización.

3.12.1. Control fisiográfico

Está dado por la erosión del techo del batolito, presentando el afloramiento de la veta Cinthia en el intrusivo.

En la veta Cinthia se puede observar, a lo largo de todo el afloramiento y en los diferentes niveles tanto en la zona alta, intermedio, baja, presenta el mismo tipo

de mineralización formada principalmente por oro libre, cuarzo, galena, pirita, esfalerita, calcita relleno microfracturas.

En interior mina, en los diferentes niveles tanto en los superiores e inferiores, la mineralización no tiene un cambio sustancial en forma macroscópica, sin embargo por análisis químico se tiene una disminución de sulfuros de plomo, y un aumento de sulfuros de cobre y por lo tanto existiría el aumento de otros minerales que no son alcanzados a observar a simple vista.

3.12.2. Control mineralógico

Las muestras tomadas a mano de los diferentes niveles de la veta Cinthia analizadas en el laboratorio no definen que la pirita, galena, cuarzo, calcopirita son los principales guías de mineralización, y en forma eventual la bornita y esfalerita (trazas), hacia el sur mientras que al norte tenemos la presencia de óxidos.

Muestras de textura granular fina masiva, microfracturada de color oscura con cavidades rellenas de limonitas de aspecto terroso que viene a ser la mejor guía de exploración, por momentos nos da la impresión de una brecha, con presencia de cuarzo lechoso nos da la impresión de una brecha, con presencia de cuarzo lechoso.

Muestras que contiene la pirita cristalizada deleznable, sin presencia de cavidades y de colores claros de aspecto verdoso reportan valores bajos de oro, estas muestras observadas pertenecen a la galería 461 sur al tope así mismo. Observamos cuarzo lechoso, cuarzo gris acompañando a la clorita que contienen valores altos de oro, en superficie el oro libre se encuentra asociado a cuarzo lechoso, limonitas y óxidos.

3.12.3. Control litológico

La mayor parte de las estructuras mineralizadas se encuentran emplazadas en el batolito de la costa, representada por granodioritas y tonalitas, al norte está el volcánico compuesto por andesitas con buzamientos hacia el oeste y

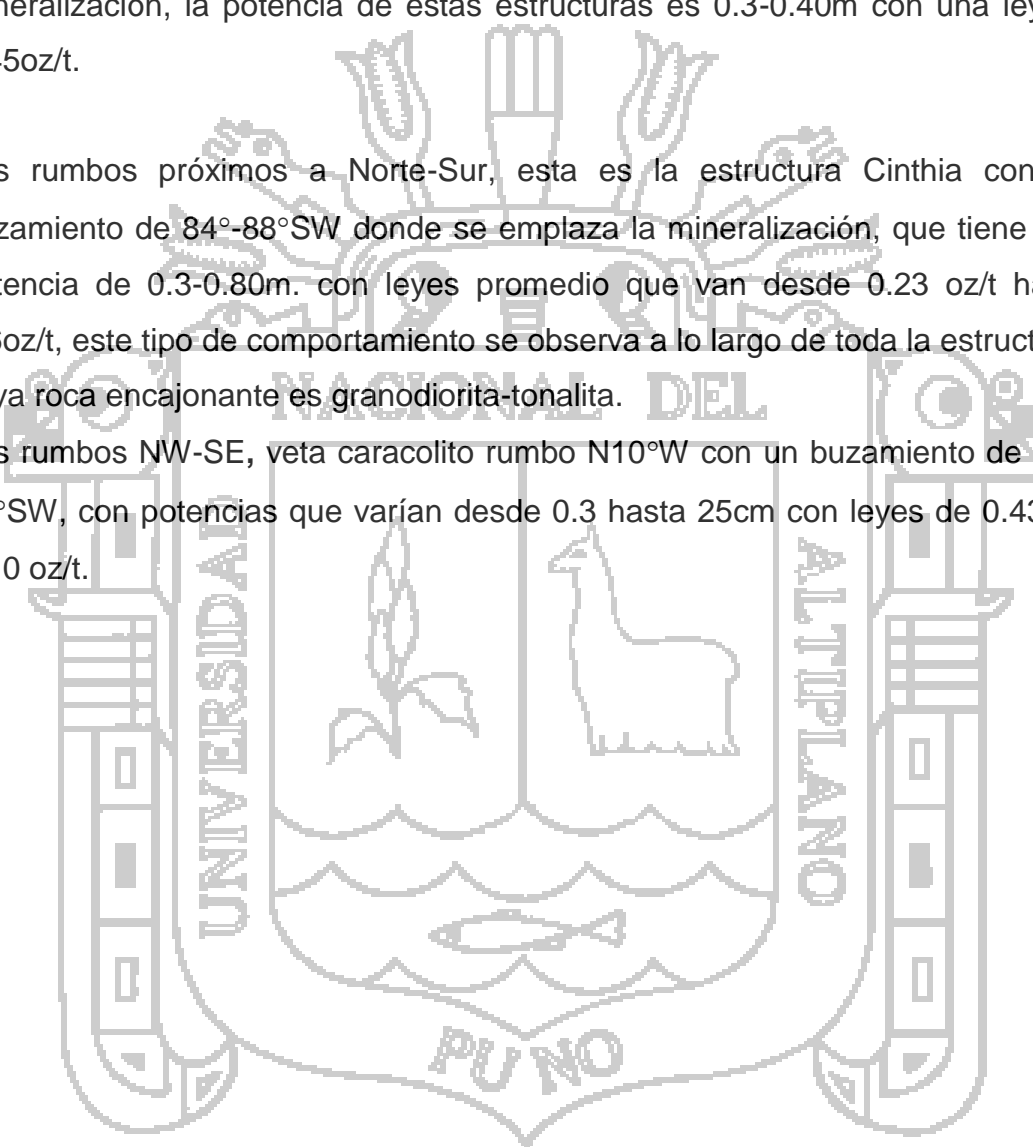
orientación N-S además están asociados a diques de naturaleza riolítica de textura porfirítica de color rosado.

3.12.4. Control Estructural.

Los rumbos Noreste, estructura Juana tiene un rumbo N15E, con un buzamiento de 76°-84° SE, esta es una de las estructuras donde se emplaza la mineralización, la potencia de estas estructuras es 0.3-0.40m con una ley de 0.45oz/t.

Los rumbos próximos a Norte-Sur, esta es la estructura Cinthia con un buzamiento de 84°-88°SW donde se emplaza la mineralización, que tiene una potencia de 0.3-0.80m. con leyes promedio que van desde 0.23 oz/t hasta 1.6oz/t, este tipo de comportamiento se observa a lo largo de toda la estructura, cuya roca encajonante es granodiorita-tonalita.

Los rumbos NW-SE, veta caracolito rumbo N10°W con un buzamiento de 84°-88°SW, con potencias que varían desde 0.3 hasta 25cm con leyes de 0.432 a 2.10 oz/t.



CAPITULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Mineralización

La mineralización ha sido distribuida en un solo sistema de fracturas (paralelas), siendo estos de regular extensión. Las vetas exploradas y explotadas en la mina Caracol S.A.C son la veta Cinthia y veta Caracolito presentan una gran similitud en estructura y textura.

De la veta Cinthia se ha realizado un muestreo de diferentes puntos de la estructura, para realizar un estudio petromineralógico.

Genéticamente el deposito presenta mineralización económica de Au –Ag –Pb –Cu –Zn, que se han emplazado en condiciones moderadas de presión y temperatura, se clasifica el deposito mineral originado de un proceso mesotermal.

4.1.1 Minerales de mena:

Galena.- (Pb S) mena de plomo bastante cristalizada y terrosa, presentándose en menos cantidad en forma de vetillas color gris plomo con brillo metálico, muy frágil por que tiende a desmenuzarse rápidamente, dureza 2.5, fractura subconcoidea, peso específico 7.6, en algunas niveles como 625 se puede aprecia más contenido de galena y por consiguiente aumenta las leyes de plata.

Esfalerita.- (Zn S) mena de zinc, se presenta en cristales y en masas deleznable y raras veces compacta brillo resinoso, dureza 3.5-4, fractura concoidea, peso específico 4.1, raya amarillo, parda amarillo claro se presenta

en la zona de sulfuros y son puntuales no muy abundante cerca de la zona de óxidos, esto nos da una conclusión de que la esfalerita no aflora a superficie.

Calcopirita.- (Cu Fe S_2) se observa en forma cristalizada, en patinas y diseminación, por consiguiente definimos que ocurre en dos etapas de deposición una primera etapa que se ha cristalizado y en segunda etapa que fue diseminado, mena de cobre, ocurre en forma masiva, de color amarillo, brillo metálico con patina de colores rojos, verde, violeta, poco quebradiza, dureza 3.5-4, peso específico 4.1-4.4, fracturas irregulares, raya verdosa a negra.

Argirosa.-(Ag_2S) Es un mineral terroso que perteneciente a la familia de los sulfuros, de color gris azulado, rara vez en cristales este mineral se encuentra al sur de la estructura Cinthia y es puntual cuando aparece este mineral las leyes de oro aumentan lo mismo sucede con la plata, y constituyente de una mena importante de la plata: la argirosa cristaliza en el sistema cúbico por encima de los 179°C .

Bornita.- (Cu_5FeS_4) Está asociada a la malaquita y esfalerita, Su color es rojo, variando de cobre a pardo. Raramente en cristales dodecaedros. Se presenta compacta o diseminada. Es blanda. Aparece al norte de la veta Cinthia, es común y esporádicamente en rocas intrusivas básicas, es común en yacimientos mesotermales y poco frecuentes en yacimientos epitermales. Se halla asociada a la malaquita en zona de oxidación. También se la encuentra en depósitos pirometasomáticos y metamórficos.

4.1.2 Minerales de ganga

Cuarzo (SiO_2) El cuarzo se encuentra en forma masiva de color blanco, lechoso en la veta Cinthia y esta se encuentra desde amorfas hasta cristalizadas en tipos como cuarzo gris, cuarzo lechos, cuarzo hialino, todos los tipos de cuarzo en el yacimiento Caracol presenta fina diseminación de piritita acompañado de calcopirita, la galena en finas vetillas y como parches.

Hematita (Fe_2O_3). Se encuentra en la zona de óxidos como cristales romboédricos, laminares, tabulares de color rojizo mayormente de material terroso. Conjuntamente con la limonita de color amarillo.

Arsenopirita (FeAsS)- También llamada mispikel (denominación de los mineros Alemanes), mayormente se encuentra cristalizada al norte de la estructura Cinthia, y se aprecia en la zona de sulfuros, cuando este mineral aparece las leyes de oro aumentan sustancialmente y baja las leyes de plata, es un mineral de fórmula química FeAsS . Contiene el 46% de arsénico, 34,3% de hierro y un 19,7% de azufre, junto a otros minerales.

Calcita-(CaCO_3) Conocido también como carbonato de calcio, es uno de los minerales más abundantes en la naturaleza. La calcita se conoce fácilmente; se distingue de los minerales semejantes de su serie por la gran riqueza en facetas que presentan sus cristales, la rareza del romboedro fundamental como forma independiente, las maclas laminares polisintéticas y la fuerte efervescencia al ser tratada por los ácidos diluidos.

En el yacimiento Caracol la calcita es puntual y se encuentra cristalizada, rellena en fracturas paralelas a la estructura y en algunas parte cortantes, este mineral también es un indicador de minerales de plata, cuando aparece la calcita aumenta los valores de plata.

Pirita (FeS_2) Se encuentra en parches, cristales finos y hasta de 2 cm esta cristalización es puntual mayormente hay presencia de cristales finas deleznable asociadas a clastos de cuarzo y galena, en las estructuras de mayor potencia normalmente es abundante y con contenido de oro, estas piritas son de color blanco latón.

4.2 Interpretación de Cocientes metálicos de la veta Cinthia

Aunque los mapas de contornos son apropiados para definir la dirección de descarga u origen de los fluidos hidrotermales, por sí mismos no son concluyentes, ya que dependen tanto de controles físico-químicos como

estructurales. De la misma manera sucede con los cambios mineralógicos, cuyos resultados son una aproximación cualitativa. Sin embargo, el uso de cocientes metálicos puede dar lugar a una caracterización cuantitativa de la zona. Los cocientes metálicos de los elementos mayoritarios son independientes de los accidentes estructurales e indican cambios en el carácter químico del material por el que circulan los fluidos mineralizadores, siempre que se cumplan las hipótesis de partida, que implican una génesis común y un solo episodio mineralizador (Goodell *et al.*, 1974). Las variaciones en los cocientes metálicos son producto de cambios mineralógicos y en la proporción de fases presentes, debidas a controles litológicos locales o a variaciones físico-químicas sufridas por los fluidos al circular a través de la roca. El mayor problema de la utilización de cocientes metálicos es la interpretación cuando existen diferentes periodos deposicionales, aunque en algunos casos es posible resolver dicho problema. En los mapas de cocientes metálicos se representan los contornos de las variaciones espaciales. Las formas cóncavas indican la fuente de las soluciones mineralizadoras (Goodell *et al.*, 1974). Estos resultados, posteriormente, se deben corroborar a partir de consideraciones paragenética, al zoneamiento geológico general y al resultado de las isotermas obtenidas mediante microtermometría de inclusiones fluidas.

Para la realización de las secciones longitudinales se ha trabajado con las leyes obtenidas por la sección de Control de Calidad del Departamento de Geología para realizar las cubicaciones de reservas.

El primer paso consiste en confirmar la posibilidad de la aplicación de esta técnica, como ya se ha visto, la correlación es baja y aumenta al trabajar con logaritmos neperianos, por lo que para la realización de los gráficos de cocientes metálicos se va a trabajar con el logaritmo de las leyes.

En dichos gráficos se puede estimar que, en función del valor real, el cual mide cuanto se acercan los valores a la recta de regresión, las mejores correlaciones se tienen para Au/Ag y Ag/Pb. Por otro lado, los coeficientes de correlación de Pearson, que miden la relación lineal entre los valores de dos familias, indican que las mejores relaciones se dan para Au/Ag y Ag/Pb. Debido a que ambos

métodos de correlación son coherentes, la representación de cocientes metálicos se va a realizar con los logaritmos neperianos de Au y Ag, plata y plomo. El resultado del plomo con el cobre se utilizará para comprobarla relación.

4.3 Método

Para realizar el estudio de los cocientes metálicos en la veta Cinthia se siguió el siguiente procedimiento.

- a- Bloqueo del mineral.
- b- Punto medio de cada block.
- c- Las leyes media de cada block.
- d- Relación de Au/Ag de la siguiente manera: para cada block como ejemplo.
$$28 \text{ gr de Au} / 132.11 \text{ gr de plata} = 0.212.$$
- e- Se unen las curvas isocalóricas de acuerdo al punto medio de cada block.
- f- Interpretación.

4.4 Cocientes metálicos Au/Ag.

En esta sección se observa claramente la existencia hasta de tres núcleos principales: uno ubicado hacia el SE entre los niveles NV-583 y Nv-695 con un máximo valor de 0.239, el segundo núcleo ubicado en la parte central de la sección entre los niveles 511 y 546 con un valor de 0.349i va disminuyendo hasta 0.079, el tercero ubicado al NW de la sección con un máximo valor de 0.251, presentan una inclinación de 45° hacia el NW.

(Ver anexo: Lamina 11.-Plano de cocientes metálicos Au/Ag

4.5 Cocientes metálicos Ag/Pb.

Se puede observar en esta sección que las curvas de menor valor se encuentra ubicadas entre las coordenadas 236300E, 8809100N y están en los niveles

inferiores; mientras las curvas de valores altos se encuentran al SE de la estructura, en la parte central y hacia el NW. Superponiéndose con los cocientes Au/Ag presenta cierta similitud. Los flujos mineralizantes siguieron una dirección SE hacia superficie.

(Ver anexo: Lamina 12.-Plano de cocientes metálicos Ag/Pb).

4.6 Interpretación y estimación de reservas minerales de la veta Cinthia

En la mina Caracol como ya se mencionó anteriormente existen varias estructuras importantes como son Cinthia, Caracolito, Juana, Marilyn, karal, la Arca, Murciélago, de toda estas vetas la principal y de interés del estudio es la veta Cinthia, con esto deducimos que el estudio geológico a la fecha de todo el yacimiento es mínimo, por lo consiguiente la mina tiene un potencial para poder incrementar las exploraciones y determinar sus profundidades de las estructuras.

Con este estudio solo nos enfocaremos en la veta Cinthia realizando cocientes metálicos y cálculo de reservas de la veta Cinthia que tiene una longitud de 515m y una profundidad de 250m con potencia no uniforme.

4.6.1 Muestreo y valores erráticos

El cálculo de tonelaje se basa en un muestreo, el que figura a un plano a escala 1:500 que sirve para el efecto de bloqueo. Estos planos de muestreo se harán de galerías, chimeneas, subniveles y tajos. El muestreo es sistemático por puntos cada 5m, estos puntos se toman en toda la trayectoria de la estructura sacando una muestra compósito representativo. El muestreo se efectúa cada 5m debido a que la veta tiene muy pocas variaciones de valores a lo largo de su recorrido.

Realmente la gran uniformidad de leyes evita el problema de los valores erráticos, es por esta razón que no se aplica castigo. El muestreo al efectuarlo sobre una veta más o menos uniforme en dureza y en ley determina que los ensayos tengan poca variación, esto es comprobado por el muestreo de la

zona, realizadas diariamente y por los compósitos mensuales de la planta de beneficios.

4.6.2 Determinación de la ley promedio

La ley de cada block está dado por la suma de finos entre la suma de ancho, ósea:

$$\text{Ley promedio} = \frac{\sum(\text{ancho} \cdot \text{ley})}{\sum \text{ancho}}$$

Entonces la ley de cada block, se calcula a partir de las leyes medias de los frentes expuestos que lo limitan considerando igualmente que la ley promedio del block está en función a la longitud de sus lados, ósea:

$$\text{Ley promedio} = \frac{\sum(l \cdot \text{ancho} \cdot \text{ley})}{\sum(l \cdot \text{ancho})}$$

4.6.3 Determinación de ancho promedio

En la mina Caracol S.A.C, el ancho de la veta Cinthia no es uniforme, esto varia de 3-60cm de potencia para poder determinar el ancho promedio se suma los valores de ancho tomado en el muestreo y se divide entre el número de muestras; en el caso en que uno o varios anchos tomados sean inferiores a 0.60m se les diluye a este ancho, de tal manera que este valor del ancho, teniendo presente que para el cálculo de finos se multiplica el ancho verdadero por la ley y no el diluido que servirá solo para determinar el ancho. En seguida para el ancho de cada block se toman los anchos promedios de los lados que los limitan multiplicadas cada una por las longitudes consideradas (L), la sumatoria de estos productos se divide entre la sumatoria de las longitudes del periodo del block ósea:

$$\text{Potencia media} = \frac{\sum(L*A)}{\sum L}$$

4.6.4 Cálculo de área

El área de los blocks se han determinado por procedimientos geométricos y resulta de multiplicar el largo por el alto de cada block.

4.6.5 Cálculo de volumen

Los volúmenes fueron determinados multiplicando el área obtenida de los blocks por la potencia media de cada block. Es importante tener un buzamiento, los blocks deben dibujarse sobre el plano de la veta. Los blocks regulares se multiplican lado por lado para obtener el área; en los irregulares se aplica el planímetro sobre una sección longitudinal a escala.

Entonces el volumen del blocks se halla de la siguiente manera:

$$\text{Volumen} = \text{área} * \text{potencia media.}$$

Conociendo el peso específico del mineral, que ha sido obtenido por medios puramente geológicos, que para minera Caracol es de 2.65 se puede fácilmente calcular el tonelaje del block, entonces.

$$\text{Tonelaje} = \text{volumen} * \text{peso específico}$$

Las reservas del mineral se deben calcular sobre la base de toneladas métricas secas (T.M.S).

Ejemplo:

block a-21	L. (gr) Au	L. (oz) Ag	L. (%) Pb	Potencia	L.*p (Au)	L.*p (Ag)	L.*p (Pb)	(ΣL.*p)/Σp Au	(ΣL.*p)/Σp Ag	(ΣL.*p)/Σp Pb
1	55,27	9,84	0	0,4	22,108	3,936	0			
2	0,66	11,38	0,09	0,2	0,132	4,552	0,036			
3	41,28	11,02	0,17	0,2	8,256	4,408	0,068			
4	11,32	2,19	0,12	0,1	1,132	0,657	0,036			
5	11,97	6,3	0,41	0,1	1,197	0,63	0,041			
6	43,3	4,58	0,19	0,2	8,66	1,374	0,057			
7	7,32	0,37	0,04	0,2	1,464	0,074	0,008			
suma de ley	171,12	45,68	1,02	1,4	42,949	15,631	0,246	30,67785714	11,165	0,175714286
promedio de ley	24,4457143	6,52571429	0,14571429	0,2	6,13557143	2,233	0,03514286			
		Area	2698,07							
		L. Au	30,67							
		L. Ag	11,16							
		L. Pb	0,17							
		P promedio	0,2							

Cuadro N° 4 ejemplo de cálculo de reservas

4.6.6 Código de block

Se describe le código de blocks de la siguiente manera:

Mineral probado .- letra “A” y N° 1, 2, 3,..... Color rojo.

Mineral probable.- letra “B” y N° 1, 2, 3,..... Color amarillo.

Mineral prospectivo.- letra “C” y N° 1, 2, 3,.....Color verde.

4.7 Tipo de yacimiento y distribución de la mineralización

La mineralización ocurrió a profundidades intermedias y a temperaturas de moderado a alto, correspondiendo a la fase mesotermal. En cuanto a la profundidad de la estructura mineralizada, solo se tiene información de la veta Cinthia y algo de Caracolito, esto por falta de laboreo, la veta Cinthia está suficientemente confirmado la presencia de mineral hasta el nivel 473, debiendo profundizar más.

El yacimiento es un depósito de minerales epigenéticos, del tipo de relleno de fracturas, formadas a partir de soluciones mesotermales auríferas y argentíferas. Las vetas están controladas por un patrón de fracturamiento regional y muestran zonas de brecha, menas bandeada y diseminados que indican varios episodios de movimientos y relleno de fisuras.

En las diferentes vetas como (Cinthia, Caracolito, Juana) la mineralización hipógena sufrió posteriores acciones de intemperizaciones que dieron lugar a productos supérgenos como (carbonatos, óxidos), propios de la zona de oxidación, que es la más superficial y probablemente profundice unos 30 a 50m; en esta zona es posible encontrar pequeñas concentraciones de oro que son el atractivo para los informales cuyas labores son cortas y casi siempre ubicadas sobre los clavos.

Debajo de la zona de enriquecimiento supérgeno, que esta de 30 a 50m de profundidad está la zona primaria o de sulfuros, con oro, plata, plomo y cobre, en lo cual se observa la disminución de leyes de oro y plata aumentando el cobre, el plomo también disminuye.

Un estudio de la distribución de la mineralización en profundidad de la veta Cinthia será importante para definir las diferentes vetas que tengan las mismas características y probablemente este modelo puede ser trasladado a las otras estructuras aun no exploradas.

4.8 Principales estructuras mineralizadas

Las principales vetas ubicadas en la concesión Caracolito I y II son; Cinthia, Caracolito, Juana, Marilyn, Murciélago, Caral, La Arca, de todas estas estructuras la única veta que trabaja minera Caracol S.A.C. Es la veta Cinthia y en menor % la veta Caracolito.

4.9 Método de explotación

4.9.1 Corte relleno ascendente

Este método se denomina también “Over Cut and Fill”. El minado en corte relleno es en forma de tajadas horizontales comenzando del fondo del tajo avanzando hacia arriba.

El mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, cuando todo la tajada ha sido disparado, el volumen extraído es rellenado con material estéril

para el soporte de las cajas, proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada, el material de relleno puede ser de roca estéril proveniente de las labores de desarrollo en la mina y es distribuida mecánicamente sobre el área tajada : así mismo en el minado moderno de corte y relleno es práctica común en el uso del método hidráulico, este material procede del material de relave de la planta concentradora a la mina a través de tuberías ; cuando el agua del relleno es drenado entonces queda un relleno competente con una superficie uniforme, en algunos casos el material es mezclado con cemento que proporciona una superficie más dura, que mejora las características del soporte.

Corte y Relleno Ascendente, Método del “circado” con Relleno Detrítico, producto de los descajes, en caso necesario, considerando el ancho de minado de un metro, existe un exceso de desmonte para su llenado, dado las características de vetas angostas. Cada corte o tajada la perforación es realizada con taladros sub-verticales de 65°-70° de inclinación. Las chimeneas de doble compartimiento se realiza cada 60 metros de longitud en la galería, y una chimenea de simple compartimiento al intermedio del tajeo, para generar dos alas de 30 metros de longitud, para cada tajeo.

Por la característica del yacimiento el Método adecuado de Explotación es el Método de Corte y Relleno Ascendente con Relleno Detrítico (Over Cut and Fill).

Consiste en la rotura del techo a partir del sub-nivel que se ha desarrollado. El mineral roto se extrae, el vacío que queda se rellena con material detrítico, proveniente de los descajes de las rocas encajonantes del tajeo; los mismos que sirven de soporte de las cajas y piso para continuar con la perforación del siguiente ciclo.

Condiciones de diseño

Se puede aplicar en yacimientos:

- Con buzamiento pronunciado $>50^\circ$.
- En cualquier depósito y terreno.
- Con cajas medianamente competentes.
- Las cajas del yacimiento pueden ser irregulares y no competentes.
- El mineral debe tener buena ley.

- Disponibilidad del material de relleno.

4.9.2 Sircado de veta.

Consiste en destajar primero la roca estéril dejando la estructura mineralizada en una de las cajas favorables y más consistentes para que al menos se acumule de 1- 5 disparos sobre estéril, esto usando barrenos de 6 pies, para luego disparar solo sobre mineral para así disminuir la dilución del mineral, luego de este proceso se emplea el relleno de la siguiente rebanada en ascenso.

4.9.3 Ancho minado

4.9.2.1 Cruceros: Esta labores son sub-horizontales con una pendiente de 5% que sirve para acarrar mineral, ventilación, servicios con un ancho minado de 2.40 X 2.40m, y además no sirve como labores de exploración

4.9.2.2 Galerías: A diferencia de los cruceros, las galerías se avanza siguiendo sobre veta, dejando en uno de los hastiales (izquierda). Se considera labores subterránea sub-horizontales, de 2.40 X 2.40m, que sirve para exploraciones, vía de acceso para extracción, acceso de cubicación de las Reservas encontradas. La gradiente es con un promedio de 5 x 1000, cuneta de drenaje en el hastial izquierdo ingresando con una dimensión de 30 x 30 centímetros.

4.9.2.3 Sub niveles: Labores subterráneas sub-horizontales, desarrolladas por encima de la galería, dejando un pilar de 3 metros. Labor ejecutada siguiendo la estructura/veta, "circando" el mineral, para su aporte en la producción de mineral.

4.9.2.4 Chimeneas: Labores subterráneas verticales, desarrolladas de abajo hacia arriba, con secciones de 1.50 x 1.50 metros de simple compartimiento, y 1.50 x 3.00 metros de doble compartimiento que se realizan sobre veta, los cuales sirven para: Ventilación, servicios y accesos para personal, echaderos de mineral/desmote. Cada chimenea de doble compartimiento se ejecutan a 60 metros, a partir de la galería, establecidos dentro un determinado nivel,

primeramente para ventilación, luego también nos servirá para delimitar los blocks de las Reservas de mineral según su categoría: probados, probables. El ciclo de minado consiste en: ventilación-limpieza-sostenimiento-perforación-voladura.

INVENTARIO DE LEYES Y CÁLCULO DE RESERVAS

NIVEL	PROGRESIVA	L. Au (gr/TM)	L. Ag (onz/TM)	L. Pb (%)/TM	POTENCIA	L*P Au	L*P (Ag)	L*P (Pb)
695	0+07.5	55,27	9,84	0	0,40	22,108	3,936	0
695	0+08.5	0,66	11,38	0,09	0,40	0,264	4,552	0,036
695	0+09.5	41,28	11,02	0,17	0,40	16,512	4,408	0,068
695	0+10.5	11,32	2,19	0,12	0,30	3,396	0,657	0,036
695	0+11.5	11,97	6,3	0,41	0,10	1,197	0,63	0,041
695	0+12.5	43,3	4,58	0,19	0,30	12,99	1,374	0,057
695	0+13.5	7,32	0,37	0,04	0,20	1,464	0,074	0,008
695	0+14.5	23,3	0,87	0,01	0,15	3,495	0,1305	0,0015
695	0+15.5	9,31	0,84	0	0,15	1,3965	0,126	0
695	0+16.5	14,64	3,43	0,27	0,15	2,196	0,5145	0,0405
695	0+17.5	22,63	12,33	1,03	0,10	2,263	1,233	0,103
695	0+18.5	0,26	5,1	0,14	0,10	0,026	0,51	0,014
695	0+19.5	40,63	3,59	0,12	0,15	6,0945	0,5385	0,018
695	0+20.5	46,14	6,33	0,13	0,80	36,912	5,064	0,104
695	0+21.5	20,64	4,57	0,17	0,15	3,096	0,6855	0,0255
695	0+22.5	9,98	1,66	0,01	0,10	0,998	0,166	0,001
695	0+23.5	30,62	1,28	0,05	0,50	15,31	0,64	0,025
695	0+24.5	5,33	7,85	0,41	0,50	2,665	3,925	0,205
695	0+25.5	62,91	7,17	0,3	0,20	12,582	1,434	0,06
695	0+26.5	33,3	1,82	0,07	0,35	11,655	0,637	0,0245
695	0+27.5	25,94	5,64	0,23	0,15	3,891	0,846	0,0345
695	0+28.5	10,65	6,06	0,52	0,15	1,5975	0,909	0,078
695	0+29.5	39,25	6,1	0,1	0,15	5,8875	0,915	0,015
695	0+30.5	76,57	3,09	0,24	0,15	11,4855	0,4635	0,036
695	0+31.5	7,98	2,75	0,02	0,31	2,4738	0,8525	0,0062
695	0+32.0	17,98	0,27	0,01	0,10	1,798	0,027	0,001
667	0+06	49,24	8,09	0,69	0,20	9,848	1,618	0,138
667	0+06.5	33,94	6,41	0,67	0,20	6,788	1,282	0,134
667	0+07	37,97	4,67	0,59	0,35	13,2895	1,6345	0,2065
667	0+07.5	8,65	7,08	0,67	0,10	0,865	0,708	0,067
667	0+08	26,36	4,96	0,59	0,10	2,636	0,496	0,059
667	0+08.5	8,27	12,51	1,08	0,20	1,654	2,502	0,216
667	0+09	12,64	7,42	0,92	0,15	1,896	1,113	0,138
667	0+09.5	38,58	19,09	1,45	0,10	3,858	1,909	0,145
667	0+10	11,81	6,89	0,72	0,20	2,362	1,378	0,144



667	0+10.5	0,66	2,16	0,21	0,15	0,099	0,324	0,0315
667	0+11.5	44,59	12,73	1,31	0,15	6,6885	1,9095	0,1965
667	0+12.5	45,92	8,12	0,77	0,10	4,592	0,812	0,077
667	0+13.5	17,31	13,04	1,06	0,20	3,462	2,608	0,212
667	0+14.5	37,95	6,32	0,72	0,20	7,59	1,264	0,144
NIVEL	PROGRESIVA	L. Au (gr/TM)	L. Ag (onz/TM)	L. Pb (%) /TM	POTENCIA	L*P Au	L*P (Ag)	L*P (Pb)
667	0+15.5	88,46	11,9	0,95	0,20	17,692	2,38	0,19
667	0+15.7	43,99	12,22	1,2	0,20	8,798	2,444	0,24
667	0+16	14,99	0,59	0,09	0,10	1,499	0,059	0,009
667	0+16.5	70,56	11,59	1,11	0,10	7,056	1,159	0,111
667	0+16.7	31,3	3,55	0,54	0,10	3,13	0,355	0,054
625	0+01.5	17,301	13,18	0,95	0,50	8,6505	6,59	0,475
625	0+02	83,57	7,26	0,72	0,50	41,785	3,63	0,36
625	0+03	226,21	10,86	0,98	0,30	67,863	3,258	0,294
625	0+03.5	23,291	13,73	0,98	0,40	9,3164	5,492	0,392
625	0+04	9,32	15,98	1,07	0,30	2,796	4,794	0,321
625	0+04.5	17,998	10,47	1,16	0,45	8,0991	4,7115	0,522
625	0+05	143,72	12,94	1,06	0,30	43,116	3,882	0,318
625	0+05.5	4,661	7,41	1,15	0,35	1,63135	2,5935	0,4025
625	0+06	77,209	10,36	0,92	0,25	19,30225	2,59	0,23
625	0+06.5	0,073	8,47	1,2	0,20	0,0146	1,694	0,24
625	0+07	31,262	5,15	0,58	0,35	10,9417	1,8025	0,203
625	0+07.5	54,564	6,06	0,78	0,20	10,9128	1,212	0,156
625	0+08	197,3	10,58	1,2	0,20	39,46	2,116	0,24
625	0+08.5	76,564	7,73	0,84	0,40	30,6256	3,092	0,336
625	0+09.5	17,319	2,28	0,34	0,20	3,4638	0,456	0,068
625	0+10.5	11,309	1,05	0,24	0,23	2,60107	0,2415	0,0552
625	0+11.6	15,321	14,81	1,09	0,20	3,0642	2,962	0,218
625	0+12	22,326	7,39	0,93	0,10	2,2326	0,739	0,093
625	0+12.7	307,51	6,61	0,47	0,10	30,751	0,661	0,047
625	0+08	20,31	5,34	0,45	0,50	10,155	2,67	0,225
625	0+09	39,97	6,22	0,35	0,30	11,991	1,866	0,105
TAJO 625	0+40	40,66	10,55	0,58	0,30	12,198	3,165	0,174
SUBN625	0+08	7,33	5,02	0,53	0,35	2,5655	1,757	0,1855
TAJO-625	0+08	126,98	17,25	0,71	0,40	50,792	6,9	0,284
583	0+01	17,98	3,73	0,71	0,75	13,485	2,7975	0,5325
583	0+01.5	65,26	3,34	0,68	0,30	19,578	1,002	0,204
583	0+02	77,91	7,84	0,53	0,40	31,164	3,136	0,212
583	0+02.5	74,85	11,58	0,64	0,20	14,97	2,316	0,128
583	0+03	10,65	6,09	0,28	0,30	3,195	1,827	0,084
583	0+03.5	74,52	6,34	0,93	0,25	18,63	1,585	0,2325
583	0+04	0,39	4,33	0,74	0,30	0,117	1,299	0,222
583	0+04.5	10,66	4,8	0,63	0,25	2,665	1,2	0,1575
583	0+05	35,96	3,37	0,87	0,30	10,788	1,011	0,261



583	0+05.5	63,57	8,43	0,69	0,30	19,071	2,529	0,207
583	0+06	24,62	4,77	0,02	0,50	12,31	2,385	0,01
583	0+06.5	19,97	3,14	0,39	0,25	4,9925	0,785	0,0975
583	0+07	45,94	3,89	0,36	0,25	11,485	0,9725	0,09
583	0+07.5	49,26	9,12	0,23	0,20	9,852	1,824	0,046
NIVEL	PROGRESIVA	L. Au (gr/TM)	L. Ag (onz/TM)	L. Pb (%)/TM	POTENCIA	L*P Au	L*P (Ag)	L*P (Pb)
583	0+08	101,14	9,51	0,43	0,10	10,114	0,951	0,043
583	0+08.5	7,99	4,66	0,81	0,20	1,598	0,932	0,162
583	0+09	12,66	9,56	0,92	0,19	2,4054	1,8164	0,1748
583	0+09.5	21,31	0,32	0,59	0,15	3,1965	0,048	0,0885
583	0+10	9,32	6,16	0,51	0,15	1,398	0,924	0,0765
583	0+10.5	0,19	8,21	0,38	0,15	0,0285	1,2315	0,057
583	0+11	14,65	10,04	0,46	0,20	2,93	2,008	0,092
583	0+11.3	3,33	1,03	0,49	0,25	0,8325	0,2575	0,1225
583	0+11.5	0,2	1,04	0,47	0,10	0,02	0,104	0,047
583	0+12	14,65	6,07	0,52	0,20	2,93	1,214	0,104
583	0+12.5	0,19	9,44	0,62	0,20	0,038	1,888	0,124
583	0+13	55,88	9,69	0,54	0,10	5,588	0,969	0,054
583	0+13.5	0,05	1,41	0,53	0,35	0,0175	0,4935	0,1855
546	0+01	7,89	4,99	1,12	0,15	1,1835	0,7485	0,168
546	0+02	7,98	0,09	0,09	0,50	3,99	0,045	0,045
546	0+03	32,61	3,25	0,74	0,20	6,522	0,65	0,148
546	0+04	61,9	4,88	0,91	0,30	18,57	1,464	0,273
546	0+05	33,92	2,56	0,57	0,30	10,176	0,768	0,171
546	0+06	27,29	10,35	1,13	0,10	2,729	1,035	0,113
546	0+07	34,6	5,2	1,09	0,10	3,46	0,52	0,109
546	0+08	9,32	4,58	1,02	0,10	0,932	0,458	0,102
546	0+09	20	1,91	0,02	0,30	6	0,573	0,006
546	0+10	57,57	5,93	0,44	0,25	14,3925	1,4825	0,11
546	0+11	62,58	3,63	0,36	0,10	6,258	0,363	0,036
546	0+12	27,98	4,16	0,53	0,25	6,995	1,04	0,1325
546	0+13	31,29	8,52	0,93	0,30	9,387	2,556	0,279
546	0+14	36,61	19,6	1,26	0,20	7,322	3,92	0,252
546	0+15	0,66	3,3	0,46	0,15	0,099	0,495	0,069
546	0+16	107,96	5,18	0,23	0,20	21,592	1,036	0,046
546	0+17	0,06	0,43	0,42	0,25	0,015	0,1075	0,105
546	0+18	20	10,27	1,1	0,15	3	1,5405	0,165
546	0+19	12,97	2,45	0,58	0,24	3,1128	0,588	0,1392
546	0+20	68,84	8,73	0,78	0,20	13,768	1,746	0,156
546	0+21	26,39	4,93	0,12	0,10	2,639	0,493	0,012
546	0+22	0,05	1,01	0,14	0,40	0,02	0,404	0,056
546	0+173	23,97	2,53	0,19	0,30	7,191	0,759	0,057
511	0+09	3,32	3,02	0,21	0,30	0,996	0,906	0,063
511	0+08	3,33	2,88	0,34	0,30	0,999	0,864	0,102



511	0+02	21,96	1,44	0,94	0,60	13,176	0,864	0,564
511	0+03	22,64	0,27	0,32	0,60	13,584	0,162	0,192
511	0+04	70,56	5,35	0,38	0,30	21,168	1,605	0,114
511	0+05	38,97	5,22	0,32	0,50	19,485	2,61	0,16
511	0+06	47,94	8,14	0,38	0,25	11,985	2,035	0,095
NIVEL	PROGRESIVA	L. Au (gr/TM)	L. Ag (onz/TM)	L. Pb (%)/TM	POTENCIA	L*P Au	L*P (Ag)	L*P (Pb)
511	0+07	20	0,53	0,28	0,20	4	0,106	0,056
511	0+03.5	20	3,07	0,62	0,20	4	0,614	0,124
511	0+117	16,66	2,5	0,82	0,25	4,165	0,625	0,205
511	0+10	0,03	0,39	0,57	0,25	0,0075	0,0975	0,1425
511	0+11	25,97	5,45	0,53	0,15	3,8955	0,8175	0,0795
511	0+12	0,04	3,35	0,71	0,50	0,02	1,675	0,355
511	0+13	8,66	4,28	0,38	0,50	4,33	2,14	0,19
473	0+01	12,44	5,23	0,94	0,20	2,488	1,046	0,188
473	0+02	8,08	5,3	0,33	0,22	1,7776	1,166	0,0726
473	0+03	13,37	7,3	0,46	0,15	2,0055	1,095	0,069
473	0+04	17,41	4,2	0,61	0,10	1,741	0,42	0,061
473	0+05	38,87	3,5	0,12	0,13	5,0531	0,455	0,0156
473	0+06	41,05	5,432	1,01	0,12	4,926	0,65184	0,1212
473	0+07	69,4	5,432	1,02	0,12	8,328	0,65184	0,1224
473	0+08	37,32	5,66	0,51	0,17	6,3444	0,9622	0,0867
473	0+09	43,54	5,2	0,12	0,12	5,2248	0,624	0,0144
473	0+10	52,56	3,4	0,23	0,15	7,884	0,51	0,0345
473	0+11	34,83	3,26	0,24	0,20	6,966	0,652	0,048
473	0+12	35,14	4,63	0,34	0,20	7,028	0,926	0,068
473	0+13	31,41	4,98	0,32	0,10	3,141	0,498	0,032
473	0+14	32,03	5,3	0,09	0,14	4,4842	0,742	0,0126
473	0+15	28,612	2,67	0,53	0,20	5,7224	0,534	0,106
473	0+16	9,33	10,56	0,72	0,16	1,4928	1,6896	0,1152
473	0+17	7,77	5,67	0,83	0,12	0,9324	0,6804	0,0996
473	0+18	15,55	4,56	0,47	0,15	2,3325	0,684	0,0705
473	0+19	22,703	7,34	0,92	0,22	4,99466	1,6148	0,2024
473	0+20	19,59	7,54	0,76	0,50	9,795	3,77	0,38
473	0+21	12,13	9,6	0,67	0,30	3,639	2,88	0,201
473	0+22	16,12	3,45	0,10	0,15	2,418	0,5175	0,015
473	0+23	26,45	5,22	0,21	0,11	2,9095	0,5742	0,0231
473	0+24	28,92	5,23	0,50	0,40	11,568	2,092	0,2
473	0+25	34,83	4,7	0,31	0,16	5,5728	0,752	0,0496
473	0+26	31,72	4,57	0,24	0,15	4,758	0,6855	0,036
473	0+27	37,32	5	0,12	0,23	8,5836	1,15	0,0276
473	0+28	61,57	5,22	0,37	0,35	21,5495	1,827	0,1295
473	0+29	91,74	5,12	0,45	0,27	24,7698	1,3824	0,1215
473	0+30	60,02	15,7	0,47	0,40	24,008	6,28	0,188
473	0+31	30,17	6,12	0,36	0,25	7,5425	1,53	0,09



473	0+32	27,68	9,33	0,39	0,80	22,144	7,464	0,312
473	0+33	29,23	1,3	0,27	0,35	10,2305	0,455	0,0945
473	0+34	40,43	3,34	0,28	0,57	23,0451	1,9038	0,1596
473	0+35	65,31	4,6	0,19	0,30	19,593	1,38	0,057
473	0+36	47,58	7,52	0,97	0,18	8,5644	1,3536	0,1746
NIVEL	PROGRESIVA	L. Au (gr/TM)	L. Ag (onz/TM)	L. Pb (%)/TM	POTENCIA	L*P Au	L*P (Ag)	L*P (Pb)
473	0+37	69,35	3,56	0,24	0,32	22,192	1,1392	0,0768
473	0+38	41,67	3,98	0,35	0,25	10,4175	0,995	0,0875
473	0+39	99,52	5,23	0,18	0,30	29,856	1,569	0,054
473	0+40	41,05	5,32	0,61	0,20	8,21	1,064	0,122
473	0+41	41,36	8,65	0,24	0,45	18,612	3,8925	0,108
473	0+42	59,71	3,67	0,28	0,25	14,9275	0,9175	0,07
473	0+43	22,39	5,44	0,31	0,42	9,4038	2,2848	0,1302
473	0+44	27,05	3,45	0,37	0,40	10,82	1,38	0,148
473	0+45	31,72	5,10	0,29	0,29	9,1988	1,479	0,0841
473	0+46	36,07	3,24	0,32	0,16	5,7712	0,5184	0,0512
473	0+47	49,44	4,12	0,39	0,20	9,888	0,824	0,078
473	0+48	60,64	3,56	0,69	0,50	30,32	1,78	0,345
473	0+49	42,91	6,32	0,92	0,13	5,5783	0,8216	0,1196
473	0+50	6,84	3,24	1,11	0,15	1,026	0,486	0,1665
473	0+51	7,46	3,40	0,73	0,15	1,119	0,51	0,1095
473	TOPE	5,28	5,10	0,87	0,20	1,056	1,02	0,174
					46,73	1648,40163	277,77758	24,225
	LEY PROMEDIO= $(\sum(L*P)/\sum P)$				=	35,2750188	5,94430944	0,5184036
					Oz de Au	1,13424498		

4.10 Reservas minerales

NIVEL	CODIGO BLOCK	AREA m ²	POT. MEDIA	VOLUMEN	P. ESPECIFICO	T. M. S.	Onz. Au.	Onz. Ag	% Pb	
473	BLOCK A-1	3615.05	0.32	1156.816	2.65	3065.5624	30.7	4.73	0.467	
473	BLOCK A-2	3617.76	0.3	1085.328	2.65	2876.1192	30	4.248	0.477	
473	BLOCK A-3	3712.21	0.314	1165.63394	2.65	3088.92994	55.3	5.8	0.385	
473	BLOCK A-4	3594.73	0.3	1078.419	2.65	2857.81035	37.69	6.55	0.358	
473	BLOCK A-5	6217.75	0.18	1119.195	2.65	2965.86675	15.99	4.022	0.557	
473	BLOCK A-6	6344.49	0.16	1015.1184	2.65	2690.06376	35.49	6.901	0.293	
473	BLOCK A-7	12596.51	0.19	2393.3369	2.65	6342.34279	34.64	5.82	0.474	
546	BLOCK A-8	1214.19	0.3	364.257	2.65	965.28105	39.55	6.695	0.595	
546	BLOCK A-9	1318.42	0.29	382.3418	2.65	1013.20577	39.06	4.824	0.358	
546	BLOCK A-10	3134.56	0.29	909.0224	2.65	2408.90936	30.68	3.79	0.404	
583	BLOCK A-11	7029.62	0.21	1476.2202	2.65	3911.98353	23.99	4.783	0.546	
583	BLOCK A-12	6136.04	0.23	1411.2892	2.65	3739.91638	40.73	5.13	0.582	
583	BLOCK A-13	5523.5	0.24	1325.64	2.65	3512.946	24.99	6.501	0.308	
625	BLOCK A-14	754.62	0.26	196.2012	2.65	519.93318	54.72	5.108	0.536	
625	BLOCK A-15	817.41	0.19	155.3079	2.65	411.565935	61.3	8.09	0.384	
625	BLOCK A-16	743.51	0.22	163.5722	2.65	433.46633	42.53	7.005	0.481	
667	BLOCK A-17	1279.81	0.25	319.9525	2.65	847.874125	26.06	5.8	0.662	
667	BLOCK A-18	1274.95	0.2	254.99	2.65	675.7235	35.01	6.59	0.588	
667	BLOCK A-19	604.83	0.17	102.8211	2.65	272.475915	21.82	9.499	0.909	
667	BLOCK A-20	1280.95	0.12	153.714	2.65	407.3421	27.96	7.032	0.88	
695	BLOCK A-21	2698.07	0.15	404.7105	2.65	1072.48283	30.7	5.03	0.65	
	TOTAL	73508.98	4.884	16633.8872		44079.8012	35.18619048	5.90	0.5187619	
TOTAL RESERVA PROBADA							44079.8012			

NIVEL	CÓDIGO BLOCK	ÁREA(m ²)	POTENCIA	P. ESPECIFICO	T. M. S.
473	BLOCK B-1	26261.55	0.22	2.65	15310.4837
473	BLOCK B-2	1916.59	0.22	2.65	1117.37197
473	BLOCK B-3	464.18	0.22	2.65	270.61694
473	BLOCK B-4	1040.65	0.22	2.65	606.69895
473	BLOCK B-5	11501.59	0.22	2.65	6705.42697
473	BLOCK B-6	4763.83	0.22	2.65	2777.31289
	TOTAL	45948.39	0.22	2.65	26787.9114
TOTAL RESERVAS PROBABLE					26787.9114

NIVEL	CÓDIGO BLOCK	ÁREA (m ²)	POTENCIA	P. ESPECIFICO	T.M.S.
473	BLOCK C-1	34996.06	0.23	2.65	21330.0986
473	BLOCK C-2	4474.26	0.23	2.65	2727.06147
437	BLOCK C-3	13903.15	0.23	2.65	8473.96993
474	BLOCK C-4	4368	0.23	2.65	2662.296
TOTAL MINERAL INFERIDO					35193.426

(Ver anexo: Lamina 13.-Plano de cálculo de reservas)

CONCLUSIONES

- El yacimiento de minera Caracol S.A.C. por su geología, mineralogía, mineralización, paragénesis es un yacimiento hidrotermal-mesotermal.
- Dado que la veta Cinthia mineralógicamente se encuentra constituida por Au Y Ag y algo de Pb la relación Au/Ag y Ag/Pb son de mucha utilidad para poder determinar el sentido de los flujos mineralizantes.
- Dada la existencia clara de tres anomalías en las curvas de cocientes metálicos: una ubicada al SE, la segunda en la parte central y la tercera en NW, se deduce que estos fueron los conductos mineralizantes formadores de estas estructuras que los flujos siguen una dirección SE hacia superficie.
- Las veta trabajada por la empresa es Cinthia que ha sido rellenando con minerales de Au, Ag y Pb las fallas y fracturas en rocas plutónicas de composición intermedia (tonalitas y monzonitas).
- El presente cálculo de reservas comprende en forma detallada a la veta Cinthia, las reservas de mineral probado son 44079.8012 T.M.S., el mineral probable 26787.9114 T.M.S. y el mineral prospectivo es de 35193.426 T.M.S. con unas leyes de 35,275gr de Au, 5,944 oz de Ag y 0.518% de Pb.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar en el nivel 473 de la veta Cinthia hacia el NW y hacia el SE con prioridad hacia el NW para poder evaluar el comportamiento de la veta por debajo de las rocas andesíticas y delimitar la estructura para poder evaluar las vetas Caral, Marilyn y Juana.
- Realizar un estudio de comparación de rentabilidad entre prolongar el nivel 473 y profundizar la veta Cinthia en vertical sobre los clavos mineralizados y posteriormente evaluar una cortada hacia las vetas Juana y Marilyn.
- El yacimiento de minera caracol está rodeado de una serie de afloramientos que no se conocen en profundidad; se debe hacer reconocimiento por medio de perforaciones diamantinas para evaluar las estructuras e incrementar aun las reservas.
- En base a los resultados favorables en el nivel 473 desarrollar el nivel 440 con galerías y chimeneas para incrementar las reservas en la mina Caracol.
- Hay que tener en cuenta los controles de mineralización como estructural, litológico, y alteraciones ya que son importantes en la búsqueda de nuevos clavos mineralizados y también con los lazos sigmoides que se presentan en el yacimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- BATEMAN, A. (1956)** “Yacimientos minerales de rendimiento económico” Ed. Omega S.A.
- 2.- BENAVIDES, V. (1956)** “Cretácicos system in northern Perú”, vol. 108. Art.4, p
- 3.-BELOUSOV, V. (1974)** Geología estructural” editorial MIR
- 4.- BELLIDO, E. (1969).** “Sinopsis de la geología del Perú” bol. 22 del Servicio de geología y minería
- 5.- BILLINGS, M. P. (1972).** “Geología estructural” EUDEBA
- 6.- BETEJTIN, A. (1975).** “Curso de mineralogía” segunda edición. Editorial MIR- Moscú
- 7.- BOTT, B. (1926).** “Algunos datos sobre la geología de Áncash”. Bol. Soc. Geol. Perú I.2.p. 45-74
- 8.- CHACÓN, N. (1995).** Inicios del paleógeno al neógeno terciarios
- 9.- COBBING, J. (1973).** “Geología del cuadrángulo de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y carta bol. Serv. Geol. Min. Met. Perú.
- 10.- COSSIO, A. (1964)** Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. Com. Carta Geo. Nac. Bol. N° 8
- 11.- DANA, H. (1960)** “Manual de mineralogía” ed. Reverte S.A.
- 12.- DANA, E. (1976).** “Tratado de mineralogía”. Editorial continental S.A.
- 13.- DAVILA BURGA, J. (1999).** Diccionario geológico”. Primera edición. Impreso en INGEMMET lima.
- 14.- FLOYD, J. (2007)** Efficient blasting techniques: special blasting techniques proceedings reno, nv 2007 pp. 60-80.

- 15.- **GAGLIUFFI, P. M.(1997).**Alteraciones hidrotermales. Sociedad geológica USA.
- 16.- **GOODELL, ET AL. (1974)**Interpretación de cocientes metálicos.
- 17.- **GORSHKOV-YAKUSHAVA (1970)**Geología general. Editorial MIR.
- 18.- **HEINRICH, E. (1970).**Petrología microscópica. Editorial omega.
- 19.- **HUANG, W. T. (1968).**“PETROLOGÍA” UTEHA
- 20.- **MC KINSTRY, H. (1970).**“Geología de minas” ed. Omega
- 21.- **MEGARD, F. (1979).**Estudio geológico de los andes del Perú central (Boletín nº 8 serie D INGEMMET
- 22.- **ORCHE GARCIA, E. (1999).**Manual de evaluación de yacimientos minerales.
- 23.- **PALACIOS, O., CALDAS J., VELA CH. (1992).**“Geología de los cuadrángulos de lima, Lurín, chancay, Chosica”, bol. Inst. Geol. Min. Metal. Perú N° 43
- 24.- **PALACIOS MONCAYO, O. (1995).**Geología del Perú. Boletín nº 55 serie a. Primera edición. Fimart S. A. Editores e impresores lima
- 25.- **PERALES, C. F. (1994).**“glosario y tablas de correlación de las unidades estratigráficas del Perú”
- 26.- **PÉREZ-PUIG OBIETA, C.(TESIS)**“investigación de los controles geológicos de la mineralización en veta esperanza Huachocolpa, Perú)”
- 27.- **PONZONI, N. (1980),**Provincia metalogenética occidental y sus mineralizaciones de Cu, Zn, Pb, Ag, W
- 28.- **SANCHES, A. (1994)**Eventos magmáticos a través de tiempos geológicos
- 29.- **SANTOS, C. J. (2009) TESIS**“Controles geológicos – estructurales de la mineralización aurífera en el sistema de vetas de la mina orión chala-Arequipa”

30.-STEINMÜLLER, K.(1999)“Depósitos metálicos en el Perú su Metalogena, sus modelos, su exploración y el medio ambiente”

31.- TUMIALAN, P. H. (2003)Compendio de yacimientos minerales del Perú. INGEMMET, boletín nº 10, serie b

32.- TUMIALAN, P. H. (1983)Fondo mineralógico, ley máxima y frente final de deposición de soluciones hidrotermales en yacimientos peruanos. V. Congreso peruano de geología

REFERENCIAS EN EL INTERNET

- <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?oldid=16801300>
- concepto y origen de los yacimientos minerales, en <http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/>
- KELLER GUIERRA, R. R. dispersión secundaria y determinación de asociaciones geoquímicas en yacimientos polimetálicos emplazados en los grupos goyllarisquisga y Calipuy región Ancash, en <http://ingemmet.gop.pe/publicaciones/>
- Yacimientos de tipo mesotermal, <http://es.calameo.com/books/0008201298b62884dd812>
- Clasificación de los yacimientos minerales, <http://html.rincondelvago.com/yacimientos-hidrotermales.html>
- Yacimientos de tipo hidrotermal, <http://es.scribd.com/doc/63761641/Yacimientos-Hidrotermales>.
- Características de los yacimientos hidrotermales, <https://www.google.com.pe/#q=yacimientos+de+tipo+hidrotermal>.
- Filones y minerales filonianos, depósitos hipotermales, mesotermales, y epitermales., <http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/LECTURAS/hidrotermalismo.htm>

