

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LA VETA VULCANO
CON PERFORACIÓN DIAMANTINA, EN
CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSÉ LUIS CANDIA TICONA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO, PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**“ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE LA VETA VULCANO CON
PERFORACIÓN DIAMANTINA, EN CASTROVIRREYNA-
HUANCAVELICA”**

TESIS PRESENTADA POR:

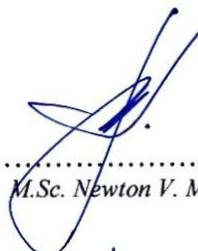
JOSÉ LUIS CANDIA TICONA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

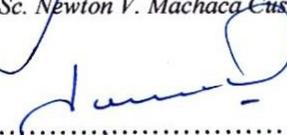
INGENIERO GEÓLOGO

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

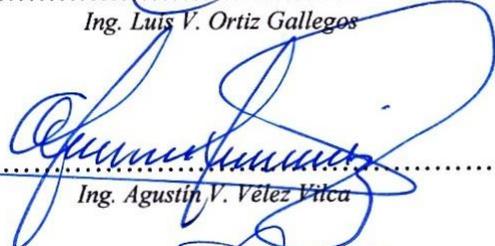
PRESIDENTE:


.....
M.Sc. Newton V. Machaca Cusilayme

PRIMER MIEMBRO:


.....
Ing. Luis V. Ortiz Gallegos

SEGUNDO MIEMBRO:


.....
Ing. Agustín V. Vélaz Vilca

ASESOR DE TESIS:


.....
M.Sc. Héctor R. Machaca Condori

DIRECTOR DE TESIS:


.....
Dra. Sofía L. Benavente Fernández

AREA: Yacimientos Minerales
TEMA: Estimación de Reservas

Puno – Perú - 2016.

DEDICATORIA

A mis padres que están en el cielo por todo su amor, confianza y sabios consejos.

A mis seres queridos, las personas que me apoyan y creen en mí.

En especial a mí querida esposa Yessika, mi mejor amiga y compañera para toda la vida. Para mis hijas Allison Esmeralda, Emily Luana y Suemy Vánia, que fueron la fuente de energía e inspiración para su realización de esta tesis.

J. Luis Candia T.

AGRADECIMIENTO

Primero que todo debo agradecer al Padre Celestial, por estar siempre a mi lado, por su protección, permitiéndome alcanzar esta meta tan anhelada.

Igualmente a mis familiares por su constante aliento y preocupación, a ellos les debo lo que soy.

Expreso también el correspondiente a la UNA-PUNO, y por ende a la EPIG, al personal docente y administrativo, a mis compañeros y amigos que me acompañaron en el desarrollo de esta apasionante carrera en ciencias de la Tierra.

J. Luís Candia T.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS	x
LISTA DE LÁMINAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
LISTA DE SIGLAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción del Problema.....	2
1.3. Definición del Problema.....	2
1.4. Limitaciones de la investigación realizada.....	3
1.5. Delimitación del Problema	3
1.6. Antecedentes.....	3
1.7. Justificación del Problema.....	5
1.8. Hipótesis	6
1.9. Objetivos de la Investigación	6
1.9.1 Objetivo General	6
1.9.2 Objetivos Específicos.....	7
1.10 Variables.....	7
CAPITULO II.....	9
MARCO TEORICO CONCEPTUAL	9
2.1 Definición de Yacimiento Mineral.....	9
2.2 Criadero, Yacimiento o Deposito Mineral	10
2.3 Depósitos Epitermales de Baja Sulfuración	10

2.4	Geología Económica	14
2.4.1	Controles de Mineralización	14
2.4.2	Caracterización de la Adularia	14
2.4.3	Paragénesis	16
2.4.4	Zoneamiento.....	16
2.5	Alteraciones Hidrotermal	17
2.5.1	Alteración Potásica.....	17
2.5.2	Alteración Propilítica	18
2.5.3	Alteración Fílica.....	18
2.5.4	Alteración Argílica.....	19
2.5.5	Seritización.....	20
2.5.6	Silicificación	20
2.5.7	Cloritización.....	21
2.6	Etapas de un Proyecto Minero.....	21
2.6.1	Exploración de un Yacimiento Minero	22
2.7	Técnicas de Exploraciones de Yacimientos Minerales	23
2.7.1	Teledetección y GIS	23
2.7.2	Mapeo Geológico	24
2.7.3	Técnicas Geofísicas.....	24
2.7.4	Sondeos de Exploración	25
2.7.5	Interpretación de Resultados	26
2.7.6	Muestreo de Testigos	26
2.7.6.1	Métodos de Muestreo	26
2.7.7	Perforación Diamantina	28
2.8	Control de Calidad.....	29
2.8.1	Precisión.....	29
2.8.2	Exactitud	30
2.8.3	Contaminación	30
2.9	Muestras de Control de Calidad	30
2.9.1	Muestras Gemelas	30
2.9.2	Muestras Estándar	30
2.9.3	Muestras Blancos Gruesos	31
2.10	Concepto de Recursos	31

2.10.1	Tipos de Recursos	31
2.11	Ley de Mena	33
2.12	Ley de Yacimiento	34
2.13	Ley de Corte	34
2.14	Factor de Concentración.....	34
2.15	Ganga.....	35
2.16	Estéril.....	35
2.17	Depósitos Primarios y Secundarios	35
2.18	Recursos Minerales	35
2.18.1	Recurso Mineral Medido.....	36
2.18.2	Recurso Mineral Indicado	36
2.18.3	Recurso Mineral Inferido	37
2.19	Criterios de Cubicación	37
2.19.1	Factores de Estimación de Reservas	37
2.20	Clasificación de Reservas.....	40
2.21	Los Mercados de Minerales.....	41
2.22	Geología Regional	42
2.22.1	Estratigráfica Regional.....	44
2.23	Geomorfología.....	48
2.23.1	Valles.....	48
2.23.2	Estribaciones de la Cordillera Occidental	48
2.23.3	Cordillera Occidental	49
2.23.4	Zonas de Depresión Interandina.....	49
2.23.5	Estribaciones de la Cordillera Oriental	49
2.23.6	Cordillera Oriental	49
2.24	Geología Estructural	50
2.24.1	Control Estructural	50
2.24.2	Vetas Curvadas.....	51
CAPITULO III.....		54
METODOLOGÍA		54
3.1	Metodología de Estudio.....	54
3.2	Metodología de Campo	54
3.3	Recopilación de Información y Revisión Bibliográfica	55

3.3.1	Trabajo de Campo	55
3.3.2	Trabajo de Laboratorio.....	55
3.3.3	Trabajo de Gabinete	55
3.4	Sondajes Diamantinos sobre la veta	56
3.5	Recopilación de Información para la Exploración	57
3.6	Protocolo de Trabajos de Campo	58
3.6.1	Ubicación de máquinas de Perforación.....	58
3.6.2	Durante la Perforación	60
3.6.3	Durante el Logueo Geológico	60
3.6.4	Custodia y Manejo de Testigos	60
CAPITULO IV		62
CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO		62
4.1	Ubicación.....	62
4.2	Accesibilidad	64
4.3	Fisiografía.....	65
4.4	Clima y Meteorología.....	66
4.5	Hidrografía	67
4.6	Geología Local	68
4.6.1	Volcánicos Caudalosa	69
4.6.2	Volcánicos Madona.....	69
4.6.3	Formación Castrovirreyna.....	69
4.7	Geología Estructural Local.....	69
4.8	Mineralización.....	72
4.9	Zoneamiento	73
4.10	Alteraciones Hidrotermales	74
4.11	Modelo Geológico del Yacimiento	74
CAPITULO V.....		76
ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		76
5.1	Determinación de Bloques de Cubicación	76
5.2	Altura de Bloques	76
5.3	Calculo de Áreas.....	77
5.4	Gravedad Especifica	77
5.5	Estimación de Leyes.....	77

5.5.1	Muestreo.....	77
5.6	Veta Vulcano	78
5.7	Mineralogía.....	79
5.7.1	Minerales de Mena.....	79
5.7.2	Minerales de Ganga.....	81
5.8	Mineralización.....	82
5.9	Paragénesis del Yacimiento.....	83
5.10	Zoneamiento	84
5.11	Controles de Mineralización.....	85
5.11.1	Control Estructural	85
5.11.2	Control Litológico	87
5.12	Estudio Mineragráfico	87
5.13	Muestreo de Testigos.....	91
5.13.1	Medición de Pozos	93
5.13.2	Logueo.....	93
5.14	Control de Calidad en Muestras de Testigos de Perforación.....	93
5.14.1	Análisis de Resultados de Laboratorio.....	93
5.15	Modelamiento.....	95
5.16	Secciones Transversales Veta Vulcano	98
5.17	Sondajes Ejecutados sobre la Veta Vulcano	102
5.18	Cuadros Tonelaje y Leyes de Reservas y Recursos	103
	CONCLUSIONES.....	107
	RECOMENDACIONES	108
	BIBLIOGRAFIA	109
	ANEXOS	113

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Objetivos Específicos	7
Cuadro 2. Minerales de baja y alta sulfuración.....	11
Cuadro 3. Tipos de Recurso	32
Cuadro 4. Factor de Dilución.....	38
Cuadro 5. Flujograma de la Metodología de Estudio.....	56
Cuadro 6. Tipos de Línea de Perforación.....	57
Cuadro 7. Accesibilidad a la Zona de Estudio	64
Cuadro 8. Zoneamiento General Castrovirreyna.....	73
Cuadro 9. Paragénesis del Yacimiento.....	83
Cuadro 10. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-06-11	93
Cuadro 11. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-05-11	93
Cuadro 12. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-07-11	94
Cuadro 13. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-08-11	94
Cuadro 14. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-11-11	94
Cuadro 15. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-12-11	94
Cuadro 16. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-VU-02-500-12.....	95
Cuadro 17. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-VU-05-2012	95
Cuadro 18. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-VU-04-2012	95
Cuadro 19. DDH ejecutados Veta Vulcano	102
Cuadro 20. Reservas Probadas + Probables.....	103
Cuadro 21. Recurso Medido + Indicado	103
Cuadro 22. Recurso Inferido	103
Cuadro 23. Recurso Mineral Roto (Relleno Mineralizado)	103
Cuadro 24. Recurso Potencial	104
Cuadro 25. Reserva Probada por Bloques.....	104
Cuadro 26. Reserva Probable por Bloques	104
Cuadro 27. Recurso Medido por Bloques	105
Cuadro 28. Recurso Indicado por Bloques	105
Cuadro 29. Recurso Inferido por Bloques.....	105
Cuadro 30. Recurso Mineral Roto (Relleno Mineralizado) por Bloques.....	106
Cuadro 31. Recurso Potencial por Bloques.....	106
Cuadro 32. Cuadro Resumen	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Problema Objetivo e Hipótesis	8
---	---

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Minerales de mena y ganga con los patrones típicos de Alteración	12
Figura 2.- Muestreo Testigos campaña Veta Vulcano	28
Figura 3.- Clasificación de Reservas.....	40
Figura 4.- Principales Factores que definen la movilidad entre Recursos y Reservas	41
Figura 5.- Geología Regional vecina al área de estudio.....	43
Figura 6.- Columna Estratigráfica Regional	47
Figura 7.- Mapa de vetas de una porción del distrito.	53
Figura 8.- Ubicación de perforadora sobre plataformas.....	59
Figura 9.- Supervisión de Inclinación y Dirección del Taladro	59
Figura 10.- Ubicación de la zona de Estudio	63
Figura 11.- Accesibilidad a la zona de Estudio	65
Figura 12.- Panorámica Mina.....	66
Figura 13.- Cuenca del río Pampas y río Pisco	68
Figura 14.- Localización y mapa generalizado mostrando el área de Castrovirreyna.....	71
Figura 15.- Mapa de vetas del distrito de Caudalosa Grande.....	72
Figura 16.- Modelo de yacimiento tipo Bonanza, Texturas de la veta Vulcano	75
Figura 17.- Fotografía y esquema mostrando texturas de la veta Vulcano.	79
Figura 18.- Estilos de Mineralización de Castrovirreyna.....	83
Figura 19.- Zoneamiento del yacimiento de Castrovirreyna.....	85
Figura 20.- Reconstrucción del distrito de Castrovirreyna	87
Figura 21.- Plano en Planta de la Estructura Mineralizada veta Vulcano.....	96
Figura 22.- Sección Longitudinal mirando al W de la Estructura Mineralizada.....	97
Figura 23.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-20-12.....	98
Figura 24.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-15-12.....	99
Figura 25.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-13-12.....	99
Figura 26.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-03-12.....	100
Figura 27.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-06-12.....	100
Figura 28.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-05-12.....	101

LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS

Fotomicrografías 1.- Esfalerita con intercrecimientos de acantita y electrum	88
Fotomicrografías 2.- Esfalerita con intercrecimientos de galena y argentita	89
Fotomicrografías 3.- Pirargirita, Proustita, Calcopirita.....	90
Fotomicrografías 4.- Pirita-esfalerita y galena con pirargirita brechada.....	91

LISTA DE LÁMINAS

Plano Geológico Caudalosa Grande.....	Lámina 01
Sección Geológica Transversal Caudalosa Grande.....	Lámina 02
Plano Estructural Vista Satelital.....	Lámina 03
Plano Diagrama de Pendientes.....	Lámina 04
Sección Transversal Veta Vulcano.....	Lámina 05
Plano de Mapeo y Muestreo Geológico Nv 642.....	Lámina 06
Plano de Mapeo y Muestreo Geológico Nv 598.....	Lámina 07
Plano de Mapeo y Muestreo Geológico Sn 598.....	Lámina 08
Sección Transversal Perforación Diamantina DDH-VU-02-12.....	Lámina 09
Sección Transversal Perforación Diamantina DDH-VU-03-12.....	Lámina 10
Sección Transversal Perforación Diamantina DDH-VU-04-12.....	Lámina 11
Sección Transversal Perforación Diamantina DDH-VU-05-12.....	Lámina 12
Inventario de Mineral Tarjeta de Muestreo.....	Lámina 13
Tarjeta de Muestreo – Castigo de Altos Erráticos.....	Lámina 14

LISTA DE ABREVIATURAS

Vtas:	Vetas	Pb:	Plomo
Vnlls:	Venillas	S:	Azufre
Mvllas:	Microvenillas	Si:	Silicio
Qz:	Cuarzo	O:	Oxigeno
Ser:	Sericita	C:	Carbono
Py:	Pirita	As:	Arsenico
Sph:	Esfalerita	H:	Hidrogeno
Gal:	Galena	Zn:	Zinc
Arpy:	Arsenopirita	Cu:	Cobre
Cpy:	Calcopirita	Ag:	Plata
Carb.	Carbonatos	Bi:	Bismuto
ppm:	Partes por Millon	Hg:	Mercurio
ppb:	Partes por Billon	Sb:	Antimonio
g/t:	Gramos por Tonelada	Eq:	Equivalente
Ma:	Millones de Años	SO:	Sur Oeste
MAG:	Magnetometria	NE:	Nor Este
Qa:	Aseguramiento de Calidad	Fm:	Formacion
Qc:	Control de Calidad	p :	Presion
Au:	Oro	C°:	Cerro
Fe:	Fierro	T°:	Temperatura
K:	Potasio	Na:	Sodio
Ca:	Calcio	m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar
Mg:	Magnesio	pH:	Potencial de hidrogeno

LISTA DE SIGLAS

PSAD56:	Datum provisional sudamericano de 1956
RQD:	Designacion de calidad de roca (Rock Quality Designation)
GIS:	Sistema de Informacion Geogràfica
INGEMMET:	Instituto Geologico Minero Metalùrgico
ICP-AES:	Espectro de Emision Atomica – Plasma Acoplado Inductivamente
AAS:	Espectrometria de Absorcion atomica.
DEM:	Modelo de elevacion digital (Digital Elevation Model)
DDH:	Diamond Drill Hole

Resumen

El presente trabajo de investigación “**estimación de reservas de la veta Vulcano con perforación diamantina en Castrovirreyna–Huancavelica**” tiene como objetivo determinar las características geológicas mediante labores subterráneas, sondajes diamantinos y la descripción de secciones pulidas. Cuantificar las reservas minerales en base a sondajes diamantinos y labores de exploración en la veta Vulcano. El área de estudio se encuentra en el flanco oriental de la Cordillera Occidental del Segmento Central de los Andes peruanos. La estratigrafía regional está comprendida por una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que datan desde el Cretáceo inferior representado por el Grupo Goyllarisquizga (Aptiano-Turoniano) que aflora al Oeste del poblado de Ticrapo al extremo SW de la carta 27-m, hasta las formaciones volcánicas del Terciario de edades neógenas. Para cumplir los objetivos del presente trabajo de investigación se ha realizado diferentes métodos de investigación como: mapeo geológico, muestreo geoquímico, perforaciones diamantinas; finalmente análisis geoquímico de muestras de roca (rock chip) y testigos de perforación con el método ICP total y ASS. Geológicamente, el área de estudio está representado por varias formaciones volcánicas, entre la más reciente está la Formación Castrovirreyna y Formación Caudalosa (Mioceno-Plioceno); Los sistemas de fallas que se distinguen son: NW-SE, NE-SW, E-W, el primero asociado a un fallamiento regional y los dos últimos favorables para la mineralización. Las alteraciones hidrotermales presentes en el área son: agilitización, propilitización, silicificación y sericitización. Los testigos de perforación analizados se obtuvieron valores importantes hasta 30.21 Oz/Ag en el DDH-VU-04-12 La estimación de reservas dio un resultado de 203,090.00 TM con leyes 5.33Oz Ag, 0.36gr Au, 0.98% Pb, 0.11% Cu, 1.42% Zn.

PALABRAS CLAVES: Yacimiento Epitermal, Reserva Mineral, Recursos, Perforación Diamantina.

Abstract

The present research work "**estimation of reserves of the Vulcano vein with diamond drilling in Castrovirreyna-Huancavelica**" aims to determine the geological characteristics through underground workings, diamond drilling and the description of polished sections. Quantify the mineral reserves based on diamond drilling and exploration work in the Vulcano vein. The study area is located on the eastern flank of the Western Cordillera of the Central Segment of the Peruvian Andes. The regional stratigraphy is comprised of a sequence of sedimentary and volcanic rocks that date from the lower Cretaceous represented by the Goyllarisquizga (Aptian-Turonian) Group that emerges west of the village of Ticrapo to the SW end of the 27-m letter, to the formations Volcanic eruptions of the Neogene age. In order to fulfill the objectives of the present research work, different research methods have been carried out such as: geological mapping, geochemical sampling, diamond drilling; Finally geochemical analysis of rock samples and drill cores with the total ICP method and ASS. Geologically, the study area is represented by several volcanic formations, among the most recent being the Castrovirreyna Formation and Caudalosa Formation (Miocene-Pliocene); The fault systems that are distinguished are: NW-SE, NE-SW, E-W, the first associated with a regional fault and the last two favorable for mineralization. The hydrothermal alterations present in the area are: argillization, propylitization, silicification and sericitization. The drilling witnesses obtained significant values up to 30.21 Oz / Ag in the DDH-VU-04-12 The reserve estimate gave a result of 203,090.00 MT with laws 5.33Oz Ag, 0.36g Au, 0.98% Pb, 0.11% Cu , 1.42% Zn.

KEY WORDS: Epithermal Reservoir, Mineral Reserve, Resources, Diamond Drilling.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La Unidad Caudalosa Grande de Corporación Minera Castrovirreyna S.A.C., se ubica políticamente en la jurisdicción de los distritos: Santa Ana y Castrovirreyna, provincia de Castrovirreyna, departamento y región de Huancavelica, a una altitud que varía de 4,500 a 4,900 m.s.n.m., El yacimiento es de origen hidrotermal, de rango Epitermal, del tipo Low Sulphidation, hospedados en rocas volcánicas de edad neógeno de la formación Caudalosa, emplazado en el importante distrito minero de Castrovirreyna del Perú Central.

En las minas Reliquias y Caudalosa Grande, se han reconocido más de 30 vetas, de las cuales 17 fueron trabajadas desde 1942 por Corporación Minera Castrovirreyna, quedando aún por evaluar otras estructuras y otros prospectos que la Empresa posee dentro del distrito minero de Castrovirreyna, con grandes posibilidades de ubicar Yacimientos Epitermales de tipo LOW SULPHIDATION y HIGH SULPHIDATION en ambiente volcánico.

1.2. Descripción del Problema

El avance tecnológico en los últimos años ha ocasionado la constante demanda de recursos mineros y el paulatino agotamiento de reservas en la mina Caudalosa Grande y en nuestro país, ha ocasionado una sostenida actividad de programas de exploración encaminadas a descubrir nuevas fuentes de recursos minerales.

Este hecho ha motivado a realizar trabajos de investigación minera en forma sistemática y selectiva con aplicación de nuevos criterios geológicos en la zona de estudio, tal como es la exploración geológica y estimación de reservas minerales en la unidad de producción Caudalosa Grande.

Para ello se necesita definir la continuidad de la mineralización en profundización, así reponer, ampliar las reservas minerales y ver la vida útil de la mina Caudalosa Grande.

1.3. Definición del Problema

En la mina Reliquias se realizan trabajos mineros con laboreo mecanizado, en vetas in situ, extracción de rellenos mineralizados, permitiendo la recuperación de ramales, lazos cimoides y la mineralización en las alteraciones económicas en las cajas de las vetas.

El desarrollo de la minería en nuestro país ha traído como consecuencia el desarrollo de exploración intensiva en todo nuestro territorio, de manera que en esta oportunidad se trata de calcular las reservas de la veta Vulcano luego de haber establecido secuencialmente una serie de estudios que finalmente concluyan con explicitar con que calidad y cantidad de reservas se cuentan en la veta antes mencionada.

Con respecto a lo correspondiente a geología económica se enfatizará en la caracterización de la mineralogía, alteraciones y zoneamiento, así como de los diversos controles de la mineralización para llegar a establecer un inventario de reservas así como

también de un modelo de mineralización que se adecuó al yacimiento en estudio.

En esta problemática nos preguntamos lo siguiente:

¿Cuáles son las características geoeconómicas que presenta la veta Vulcano?

¿Cuál es la magnitud de las reservas estimadas para la veta vulcano?

1.4. Limitaciones de la investigación realizada

La imposibilidad de acceso por derrumbe en la ventana 1 en la entrada a Bypass de la veta Vulcano fue una de las limitaciones más importantes de la investigación, además de:

La suspensión de las actividades de operación por las comunidades campesinas, por problemas de Relaciones Comunitarias.

1.5. Delimitación del Problema

La Cía. Minera Castrovirreyna y la Unidad Operativa Caudalosa Grande. Como puede apreciarse, se trata de un yacimiento con unas características bien específicas ubicada en la franja argentífera del Centro del Perú.

El estudio se refiere a la veta Vulcano donde se hicieron exploraciones superficiales y perforaciones diamantinas superficiales y posteriormente subterráneas los años 2012 y 2013.

Como las reservas de la unidad se agotaban y a pedido de los dueños de la empresa nos vimos llanos a explorar e incrementar las reservas de la unidad, explorando varias de sus vetas principalmente la veta Vulcano.

1.6. Antecedentes

Los trabajos mineros de Corporación Minera Castrovirreyna se iniciaron en la década de los 40', paralizando sus operaciones en julio de 1993, Corporación Minera Castrovirreyna S.A. reinició los trabajos de rehabilitaciones y exploraciones el año 2005.

La mina Reliquias, forma parte del distrito minero de Castrovirreyna junto a otras minas que hace 2 décadas atrás estuvieron produciendo también mineral argentífero y polimetálico (Ag-Au-Pb-Zn-Cu), estas minas son: Caudalosa Grande, Candelaria, Beatricita, Madonna, Seguridad, San Pablo y Beatita de propiedad CMCSA, minas como Bonanza, Carmen, Lira y Dollar, pertenecieron a la Compañía Minera la Virreyna de propiedad de los hermanos Arias Dávila; hacia el Este las minas San Julián, San Genaro, Pampamachay, Siglo Nuevo, Lolita, La Griega, Mañoso, Astohuaraca y Palomo que pertenecieron a CCMSA en sociedad con Compañía Minera Santa Inés y Morococha S.A. de todas las minas citadas la única que continua trabajando en la actualidad es la mina Caudalosa Grande.

La mina Reliquias inicia sus operaciones en el año 1942, utilizando un método de minado subterráneo convencional sobre vetas angostas, manteniendo una producción de 550 TMD. Las altas leyes extraídas, correspondientes a dicho volumen y por entonces el buen precio de la plata en el mercado, aseguraron la continuidad de las operaciones por 50 años.

En el año 1992, se inicia un período de crisis, debido a la caída de precios y mina Reliquias, como algunas otras empresas mineras, tuvo que paralizar sus operaciones. En el 2004, se decide iniciar la rehabilitación de la mina subterránea convencional, recuperando labores antiguas de sus principales vetas como Sacasipuedes, Mataballo, Mete y Saca y Perseguida Oeste en los niveles 440, 480, 520 y 560; con la finalidad de programar y ejecutar trabajos de exploración minera, por medio de sondajes diamantinos y laboreos mineros.

Hacia el año 2008, habiéndose re-evaluado las Reservas y Recursos Minerales existentes en mina; incluyendo dentro de dichos cálculos el nivel 390, accesado por una

rampa negativa de desarrollo y teniendo una planta de beneficio preparada para un procesamiento de 2,000 TMD de mineral de cabeza, se decide analizar e implementar el concepto de minado masivo en mina Reliquias.

Para ello se realizó un planeamiento minero que consta de 3 etapas:

La primera etapa, mientras se preparaba la mina subterránea para éste método masivo se re-trataron relaves, puesto que los análisis efectuados sobre los mismos demostraron que éstos presentaban leyes no despreciables de plata. (+3 Oz.Ag).

En la segunda etapa se trabajaría la zona alta de la mina Reliquias (+Nv.480), para recuperación de rellenos y pilares antiguos, utilizando el método de minado subterráneo de taladros largos.

En la tercera etapa se trabajaría la zona baja de la mina Reliquias (-Nv.480), pero aquí sobre mineral fresco, utilizando también el método de minado subterráneo de taladros largos.

Los afloramientos de la veta Vulcano, no han sido estudiados previamente a cabalidad con todos los parámetros requeridos en una caracterización geológica. Los estudios realizados con anterioridad en el área, solo han sido de carácter topográfico, específicamente en la delimitación de los linderos de la concesión y de las características más resaltantes dentro de sus límites.

1.7. Justificación del Problema

A nivel nacional, la exploración de recursos minerales está experimentando un significativo cambio, debido a los procesos de formalización, confrontando procesos de crecimiento y equipamiento acelerado, que acrecientan cada vez más los problemas minero-ambientales, situación que plantea con urgencia el tratamiento de la escasez del recurso y servicios mineros, así como de sus características minerográficas, el acceso al

empleo y a ingresos dignos, la conservación del medio ambiente, la seguridad y salud en el trabajo y la gobernabilidad de nuestros campamentos mineros, y que en su conjunto nos confronte con opciones efectivas de acción humana en proceso de mejora de la calidad de vida.

La importancia del presente trabajo, radica en que la obtención de una descripción detallada y organizada de las características de la veta Vulcano, sirva de modelo para orientar la búsqueda de nuevos yacimientos y contribuir de esta manera al amplio campo del conocimiento de la geología.

1.8. Hipótesis

En base a los resultados de la exploración en la Unidad Caudalosa y alrededores; se postula que la veta Vulcano es de origen hidrotermal, de rango epitermal, del tipo de baja sulfuración, emplazado en el distrito minero de Castrovirreyna y con reservas de mineral económico.

1.9. Objetivos de la Investigación

Realizar la Exploración Geológica y la Estimación de Recursos y Reservas Minerales en la veta Vulcano.

1.9.1 Objetivo General

Estimar las Reservas y Recursos de la veta Vulcano con perforación diamantina y además con muestreo sistemático sobre galerías.

1.9.2 Objetivos Específicos

Describir las características geológicas y geoeconómicas de la veta Vulcano, según las características geológicas del propio yacimiento, mediante labores subterráneas, sondajes diamantinos y la descripción de secciones delgadas pulidas.

Describir que características pertenecientes al yacimiento corresponden a un depósito epitermal de baja sulfuración.

Cuantificar las Reservas Minerales en base a sondajes diamantinos y labores de Exploración en la veta Vulcano.

Cuadro 1. Objetivos Específicos

Objetivos Específicos	Indicador	Método
OBJETIVO I	Características Geológicas y Mineragráficas	Mapeo Geológico
OBJETIVO II	Interpretación y Comportamiento de la Veta Vulcano	Muestreo Sistemático. Microscopía de barrido Electrónico
OBJETIVO III	Cubicación de reservas	Método de Bloque, modelamiento software

Fuente. Elaboración Propia

1.10 Variables

1.10.1 Variable independiente. Área de estudio regional considerando el área del yacimiento.

1.10.2 Variable Dependiente. Características Epitermales de baja sulfuración de yacimientos polimetálicos.

Tabla 1 Problema Objetivo e Hipótesis

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General
¿Cuáles son las características geológicas que presenta la veta Vulcano?	Caracterizar las condiciones geológicas que presenta la veta Vulcano.	la veta Vulcano es de origen hidrotermal, de rango epitermal, del tipo de baja sulfuración, emplazado en el distrito minero de Castrovirreyna y con reservas de mineral económico
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas
¿Cuáles son las características geoeconómicas que presenta la veta Vulcano?	Determinar la características de un depósito epitermal de baja sulfuración	Yacimiento rico en Au y Ag, volúmenes notables con leyes altas que presentan metales base como Pb, Cu, Zn
¿Cuál es la magnitud de las reservas estimadas para la veta vulcano?	Determinar la magnitud de las reserva para la veta Vulcano.	Clavos mineralizados

Fuente. Elaboración propia

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Definición de Yacimiento Mineral

Varias son las acepciones de este término:

- Desde un punto de vista *geoquímico*, “... *acumulaciones o concentraciones de elementos que están presentes en la corteza terrestre sólo de forma diseminada*”. (Bateman, Año 1951).
- Desde un punto de vista *económico*, “... *acumulación local geológicamente establecida, de un mineral específico que puede ser extraído bajo las condiciones económicas actuales*”. (Gocht et al. Año 1988).

- Desde el punto de vista de economía planificada, típica de los regímenes de los países comunistas, *“yacimiento mineral es un sector de la corteza terrestre en el que, a raíz de unos u otros procesos geológicos, se produjo la acumulación de una sustancia mineral, que puede utilizarse industrialmente, dadas su cantidad, calidad y condiciones de yacimiento, para su explotación comercial”*. (Smirnov, Año 1976).
- Desde un punto de vista general, *“cuerpo geológico constituido por mineralización económicamente explotable”*.

2.2 Criadero, Yacimiento o Deposito Mineral

Parte o fracción de la corteza terrestre donde por procesos geológicos se formaron o forman sustancias minerales útiles, que pueden ser explotadas con beneficio económico, con los medios técnicos disponibles.

Constituyentes esenciales de los criaderos son: la mena, la ganga y el estéril.

Las masas de agregados minerales o rocas de las que se puede extraer uno o varios metales con beneficio económico se denominan mena o zafra.

2.3 Depósitos Epitermales de Baja Sulfuración

La mayoría de depósitos Epitermales de baja sulfuración o de adularia-sericita ocurren en arcos volcano-plutónicos en ambientes tectónicos relacionados subducción, principalmente en márgenes continentales y en arcos de islas. Las condiciones de formación de la mayoría de estos depósitos comprenden temperaturas entre <150 – 300°C, y a profundidades desde la superficie hasta 1 o 2 km. Con presiones de hasta varios centenares de bares. Están relacionados de forma espacial y temporal con un

volcanismo subaéreo, de carácter ácido a intermedio, y el subvolcanismo asociado, pudiendo el basamento ser de cualquier tipo. Ocurren en distintos ambientes geológicos y están asociados a estructuras de origen volcánico, en especial calderas y complejos volcánicos.

La zonación lateral y vertical características de las alteraciones dependen, en gran manera, de la presencia de litologías permeables y la variación de las condiciones físico-químicas debido a ello, la morfología y extensión de los halos puede variar desde el orden decimétrico hasta el decamétrico, inclusive dentro de un mismo depósito. El enfriamiento, la mezcla de fluidos y la ebullición son algunos de los procesos responsables para la deposición de los minerales de mena. Los depósitos Epitermales de baja sulfuración se diferencian de los de alta sulfuración en base a la naturaleza y distribución de las alteraciones.

Cuadro 2. *Minerales de baja y alta sulfuración. Eniaudi et al, 2003; González, 2008*

<p>PH ácido Alunita, caolinita (dickita) pirofilita, sílice residual, cuarzo vuggy</p>		<p>PH neutro Cuarzo-adularia-illita, calcita</p>
<p>Alta sulfuración Pirita-enargita-luzonita, covelita-digenita, famatinita, oropimente</p>	<p>Sulfuración intermedia Tennantita, tetrahedrita, hematita-pirita-magnetita, pirita, calcopirita, esfalerita-pirita pobre en Fe</p>	<p>Baja sulfuración Arsenopirita-loellingita-pirrotita, pirrotita, esfalerita-pirita rica en Fe</p>
<p>Oxidado Alunita, hematita-magnetita</p>		<p>Reducido Magnetita-pirita-pirrotita, clorita-pirita</p>

La alteración en sistemas de baja sulfuración se produce por la interacción de fluidos profundos reducidos que al mezclarse con fluidos meteóricos producen un fluido con pH cercano a la neutralidad.

En estos depósitos la alteración que se ha dado por el paso de esos fluidos genera una zonificación característica que comprende típicamente una zona de silicificación central en la que se aloja la mena y que puede estar acompañada por adularia.

Alrededor se genera una zona dominada por sericita o illita y, en zonas de menor temperatura, pueden desarrollarse asociaciones argilíticas con esmectita o capas mezcladas de illita-esmectita. En las periferias de estas zonas, se da una alteración propilítica, caracterizada por clorita, albita, epidota, carbonato y pirita, en una extensa área. Otros ejemplos de alteración van desde asociaciones potásicas proximales hasta asociaciones propilíticas distales. La figura siguiente muestra la variación de la mineralogía de mena y de ganga con los patrones de alteración típicos.

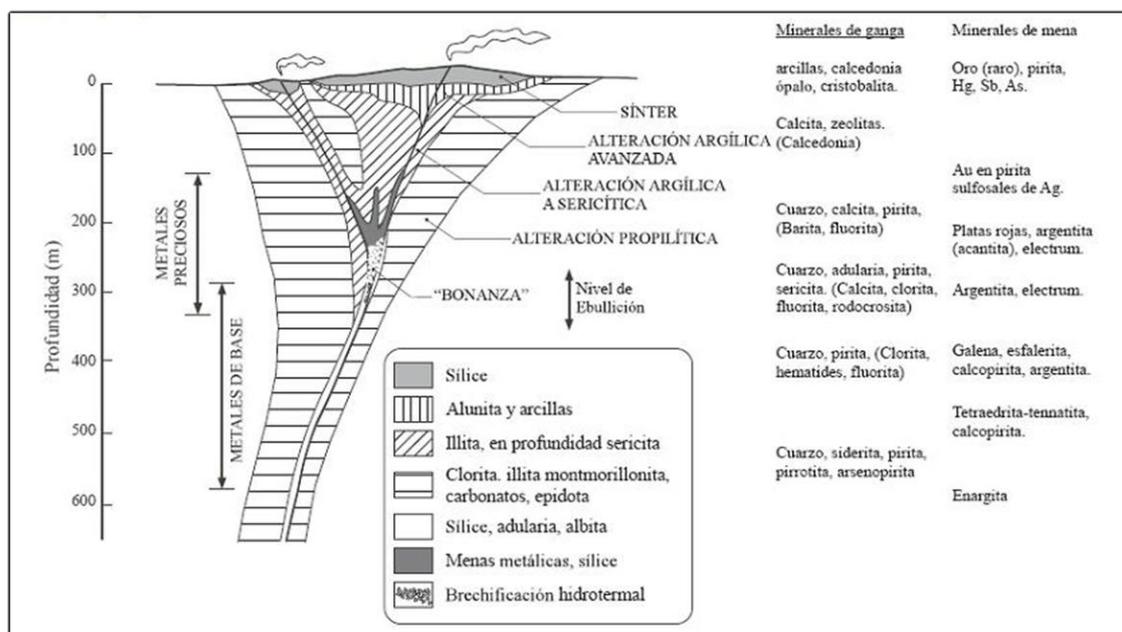


Figura 1.- Minerales de mena y ganga con los patrones típicos de Alteración. (Campubrí & Albison 2006)

El control estructural es común en sistemas de baja sulfuración, con zonas de mena localizadas en conductos hidrotermales (fallas, zonas de brecha, etc.), contactos litológicos y discordancias regionales.

En la parte superior del sistema, las texturas de cuarzo están dominadas por sílica calcedónica masiva, pasando hacia abajo a una zona caracterizada principalmente por cuarzo bandeado crustiforme y coliforme y bajo el nivel de ebullición, el cuarzo es principalmente cristalino en forma y está asociado con adularia cristalina, sulfuros y carbonato. El análisis textural del cuarzo hidrotermal puede aportar información sobre la génesis de la mineralización en depósitos Epitermales de baja sulfuración.

Los estilos más comunes de mineralización son vetas y Stock Works, en espacios abiertos las texturas más comunes son: i) bandeado; ii) bandeado coliforme; iii) crustiforme; y, iv) en peine. Los minerales de mena pueden ser pirita, electrum, oro, plata, argentita; subordinada esfalerita, galena, calcopirita, tetraedrita, pirargirita, seleniuros con minerales de ganga como cuarzo, calcedonia, amatista, carbonato, adularia, sericita, barita, fluorita. Los fluidos mineralizantes mantienen una temperatura entre 150 y 250°C con salinidades entre el 7 y el 8 wt% Na Cl. La referencia geoquímica puede expresarse en una relación de Au y Ag mayor frente a un As y Sb menor en vetas de cuarzo-adularia. Para ciertos depósitos la edad de la mineralización es comúnmente de 0.5 a 1 Ma. posterior a las rocas huésped.

El proceso de silicificación involucra la pérdida parcial o total de cationes (Fe, Mn, Mg, Ca, Al) donde los minerales máficos (biotita-anfíbol) se van degradando hasta desaparecer por completo siendo los cristales de plagioclasas los más resistentes conservándose como individuos aislados en las rocas más silicificadas. El grado de silicificación hidrotermal se puede dividir en tres tipos: i) rocas no silicificadas ($\text{SiO}_2=70\%$); ii) rocas medianamente silicificadas ($\text{SiO}_2=76-80\%$) y iii) rocas muy silicificadas ($\text{SiO}_2=85\%$). Una disminución brusca desde temperaturas magmáticas hasta temperaturas hidrotermales es una causa que genera una silicificación pervasiva.

2.4 Geología Económica

La geología Económica corresponde esencialmente al estudio y caracterización de depósitos minerales de interés para actividades principalmente productivas. La explotación de estos recursos se conoce como minería. Los recursos minerales tienen una gran importancia en la vida diaria del hombre actual, ya que estos proveen muchos elementos básicos que ayudan a hacer más fácil la vida moderna y que nos permiten tener calefacción, electricidad, llenar el depósito de combustible de nuestros vehículos, hacer abonos para fertilizar nuestras tierras, obtener materiales para construir viviendas y edificios, producir medicamentos, accesorios, etc.

2.4.1 Controles de Mineralización

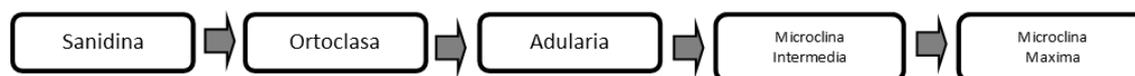
Aquellos factores geológicos principales que regulan la mineralización, intervienen directamente en la deposición en las soluciones minerales útiles.

2.4.2 Caracterización de la Adularia

La adularia es un feldespató alcalino de baja temperatura rico en K ($\text{Na}_2\text{O} < 2\text{wt}\%$) de color blanco a rosado intenso incluye variedades de color negro (Shelton y otros, 1986). Akizuki y otros (1978) definen dos variedades: una transparente con hábito prismático ($\text{Or } 88.5 \text{ Ab}10.5 \text{ An}0.2$) y otra subtransparente ($\text{Or}94.5\text{Ab}5 \text{ An}0.5$) como mineral de ganga en depósitos hidrotermales.

La adularia crece bajo condiciones de inequilibrio debido a propiedades ópticas inhomogéneas tales como textura lamelar compleja, extinción ondulatoria y diferentes orientaciones ópticas en una sección. El carácter óptico inhomogéneo podría deberse a la mezcla de dominios monoclinicos (centro) y triclinicos (borde) además del grado de ordenamiento (Al/Si). Si el crecimiento se da bajo condiciones de equilibrio, el cristal es una máxima microclina ($\text{Or}08.7 \text{ Ab}24.5 \text{ An}1.5$) definiéndose una forma estable de baja

temperatura. Colville y otros (1968) han reconocido las variedades de feldespatos k en base al ángulo axial óptico $2V$ y a la birrefringencia, estas variedades van de la siguiente manera:



Dong y otros (1995) reconocen cuatro tipos de adularias de acuerdo a la morfología de los cristales:

- 1) Adularia subrómica, Cristales subhédricos de tamaños de 2 a 4 mm con irregulares bordes rómbicos asociado con cuarzo de grano grueso que evidencia niveles profundos donde la ebullición se ha iniciado en un ambiente de baja permeabilidad. El grado de ordenamiento (Al/Si) es relativamente alto lo que refleja condiciones de cristalización lenta,
- 2) Adularia tabular.- Cristales en forma de listón con un grado muy bajo de orden (Al/Si) relativamente de alta temperatura formada cuando el fluido se mueve hacia arriba a ambientes más permeables donde comienza la ebullición violentamente debido al cambio rápido de las condiciones.
- 3) Adularia rómbica.- cristales muy pequeños (<0.2mm) de formas rómbicas euhedrales con un grado intermedio de orden (Al/Si).
- 4) Adularia pseudoacicular.- formado por pseudomorfismo en formas dejadas por cristales de carbonatos, presenta un grado de alto ordenamiento (Al/Si).

Los dos tipos de adularia (rómbica y pseudoacicular) ocurren dentro de bandas crustiformes y coloformes en asociación con menas de alto grado. La adularia inalterada, que cristaliza directamente en diferentes estados estructurales interactúa con fluidos tardíos provocando un ordenamiento avanzado en la estructura de la adularia alterada. La

cristalización de la adularia puede darse en un sistema supersaturado durante la ebullición del fluido, siendo las vetas de adularia uno de los indicadores mineralógicos de ebullición.

Cuando la adularia es rica en Na es más propensa a reemplazar a la plagioclasa, mientras que adularia rica en K se presenta mayormente como granos en vetillas con cuarzo.

2.4.3 Paragénesis

Asociación de minerales cristalizados en equilibrio en el seno de la roca o de un proceso de mineralización. También es definido como el orden cronológico de deposición mineral en la formación de depósitos minerales de afinidad magmática. Según A. Breithaupt, es la manera definida de asociarse de unas especies con relación a otras, estableciendo en cierto modo la edad relativa de los minerales concurrentes.

La paragénesis o el orden cronológico de deposición mineral, conocida por el estudio de las relaciones entre minerales que se observan en las características texturales.

2.4.4 Zoneamiento

La zonación es consecuentemente cualquier patrón regular en la distribución de minerales o elementos en el espacio en yacimientos minerales, el cual puede manifestarse a nivel de depósito individual (zonación de depósito mineral), en un distrito minero (zonación distrital) o en una región más grande (zonación regional). Las zonaciones mineralógicas reflejan las distintas condiciones físico-químicas existentes en distintos sectores de un sistema hidrotermal, pero puede darse el caso de traslapes de zonas con asociaciones minerales que reflejan por ejemplo distintas condiciones de presión y temperatura. En estos casos se dice que el depósito es telescópico (del inglés “telescoped”). Estos traslapes o zonas de superposición de distintas condiciones

hidrotermales pueden resultar de procesos de denudación o remoción en masa, los que eventualmente pueden exponer zonas profundas a condiciones cercanas a la superficie.

2.5 Alteraciones Hidrotermal

Son cambios mineralógicos, texturales y químicos que se producen en las rocas como respuesta al desequilibrio fisicoquímico que se genera por acción de las soluciones hidrotermales que circulan por ellas.

La alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circuló por la misma.

Los principales tipos de alteración son las siguientes:

2.5.1 Alteración Potásica

Esta alteración se forma a una alta temperatura de $300^{\circ} - 700^{\circ}\text{C}$. Mineralógicamente se observa un reemplazamiento de plagioclasa por ortoclasa, reemplazamiento de hornblenda o clorita por biotita, moscovita. A veces están acompañadas de una lixiviación de calcio y sodio. Presenta un ensamble característico de ortoclasa – biotita – cuarzo, ortoclasa – clorita algunas veces ortoclasa – biotita – clorita, ortoclasa – biotita – magnetita; acompañado por cantidades variables de otros minerales como albita – sericita – anhidrita – apatito.

La alteración potásica es especialmente común e importante en los pórfidos y sistemas de mineralización epitermal, donde ocurren en la zona de alta temperatura. Los minerales

característicos de esta alteración son los feldespatos potásicos y biotita en los pórfidos y adularia e los sistemas Epitermales. La alteración potásica esta usualmente acompañado por sulfuros (calcopirita, pirita, molibdenita). La anhidrita es un mineral común, asociado al ambiente porfirítico. La biotita es frecuentemente de color verde y rico en Fe.

La alteración potásica se presenta en los yacimientos porfídicos de Cu en el sur del Perú, asociados al batolito de la costa.

2.5.2 Alteración Propilítica

La alteración Propilítica está caracterizada por la adición de H₂O y CO₂ y localmente azufre, con un apreciable metasomatismo de H⁺. Los minerales típicos son; clorita, epidota, carbonatos, albita, feldespato potásico y pirita. En lugar de sericita, se tiene los óxidos de Fe, montmorillonita y zeolitas son también comunes. Este rasgo es particularmente importante en sistemas Epitermales.

Común en yacimientos hidrotermales del Perú; se observa clorita, epidota, calcita por alteración hidrotermal de los, minerales ferromagnesianos de la roca encajonante; se produce es un rango de temperaturas de 180° – 220°C.

La alteración Propilítica grada hacia el exterior a una roca no alterada, o donde el metamorfismo está presente hacia el interior, como las rocas de facies de esquistos verdes siendo ambos ensambles mineralógicos con un ensamble propilítico.

2.5.3 Alteración Fílica

La alteración fílica o sericitización es típica de un ensamble cuarzo - sericita - pirita.

Las fases minerales, asociadas con la alteración cuarzo, sericita, pirita son el feldespato potásico, caolinita, calcita, biotita, rutilo, anhidrita y apatito.

Común en vetas hidrotermales, en los pórfidos de cobre que se producen a temperatura de 200°- 300°C.

Esta alteración grada hacia el interior, donde se encuentra el tipo potásico, por el incremento de feldespato potásico y/o biotita, y hacia el interior tiende a una alteración de tipo argílico por incremento en las cantidades de minerales de arcillas.

En los yacimientos diseminados de oro, a profundidad se observa una ligera sericitización, reconocido por su aspecto blanquecino más untuoso que el talco.

2.5.4 Alteración Argílica

La alteración argílica está caracterizada por la formación de minerales arcillosos, bajo un intenso metasomatismo de H^+ (lixiviación ácida), con temperaturas entre 100° - 400° C. producto de la alteración de feldespatos, máficos y por lixiviación de cationes alcalinos y de calcio. Esta alteración grada hacia el interior de la zona fílica, considerando hacia el exterior una gran zona propilítica.

La alteración argílica intermedia está definida por la presencia de montmorillonita, illita (menor de 100°C y pH 5-6), clorita, arcillas del grupo de caolín (caolinita, dichita, halloysita, alófana todas ellas formadas a temperaturas menores de 300°C y $pH < 3$) y menor cantidad de sericita, mientras el feldespato K puede estar como un remanente inalterado, con el K, Ca, Mg, Na no lixiviados completamente. Las biotitas y cloritas pueden ser localmente importantes. Entre las zonas de alteración argílica intermedia puede estar presente la caolinita hacia el interior de la zona fílica, pudiendo estar las arcillas como montmorillonitas en las zonas externas.

La alteración argílica avanzada es debida al intenso ataque ácido, y más o menos lixiviado de los cationes alcalinos con la completa destrucción de los feldespatos y las

fases de silicato máfico. La alunita, dickita, caolinita, pirofilita, barita y diáspora son las fases de minerales típicos de este tipo de alteración.

Además, pueden estar presentes sulfuros, topacio, turmalina y un rango de arcillas amorfas.

2.5.5 Seritización

Ocurre entre 500 y 100 °C; es la lixiviación de Na, Ca, y Mg y el desarrollo de un metasomatismo potásico. El potásico es derivado del feldespato contenido en la roca. Este tipo de alteración ocurre en rocas de composición ácida a intermedia reemplazando feldespatos (especialmente plagioclasas) y biotita. Este reemplazamiento da lugar a la formación de la sericita en hojuelas finas o variedades fibrosas de mica incolora. La sericita se encuentra formando venillas, agregados densos o en forma dispersa. Su asociación es característica es cuarzo-sericita-pirita. Como minerales accesorios ocurre clorita, illita, biotita secundaria, apatito, turmalina, rutilo, leucoxeno; raramente carbonatos, pirofilita y anhidrita.

2.5.6 Silicificación

Uno de las alteraciones más comunes y mejor conocidos en los procesos hidrotermales. Las formas más comunes de la sílice son de cuarzo – α de baja temperatura, o cuarzo bajo es la forma más común, el cuarzo – β de alta temperatura o cuarzo alto (tridimita, cristobalita, ópalo, calcedonia) generalmente se encuentran en rocas volcánicas, la tridimita es especialmente común como un producto de desvitrificación de vidrios volcánicos, formando intercrecimientos con feldespatos alcalinos. El ópalo criptocristalino, está asociado a depósitos de tobas y costras de formas coliformes en cavidades de rocas volcánicas. La calcedonia es el componente principal del ópalo y el

jaspe, y usualmente de color rojo a rojo parduzco. Durante los procesos hidrotermales la sílice puede ser introducida de los fluidos circulantes, o este puede ser dejado atrás en la forma de sílice residual después de la lixiviación de las bases.

La solubilidad de la sílice se incrementa con la temperatura y la presión, y si la solución experimenta una expansión adiabática la sílice precipita, así que en regiones de baja presión y temperatura este es prontamente depositado.

2.5.7 Cloritización

La Cloritización se presenta como cuarzo-clorita, cuarzo-clorita-sericita, cuarzo-clorita-biotita, cuarzo-clorita-turmalina y cuarzo-clorita-carbonatos. Las cloritas reemplazan a los minerales ferromagnesianos y en menor grado a la plagioclasa de las rocas ígneas, esquistos, pizarra, lútitas y areniscas. Esta alteración generalmente se encuentra acompañada de otras alteraciones como sericitización, silicificación, turmalización y propilitización. Se le encuentra en los depósitos sulfuros-casiterita y cobre-hierro asociado con cloritas de hierro.

2.6 Etapas de un Proyecto Minero

Un proyecto minero se ejecuta en varias fases o etapas las cuales siguen una secuencia ordenada y prioritaria llamada también operaciones mineras (fases) entre las cuales tenemos:

- Exploración
- Evaluación del proyecto
- Desarrollo y construcción
- Producción y explotación

El tiempo requerido para llevar a cabo el desarrollo completo del proyecto minero varía notablemente en función al tamaño del yacimiento, situación geográfica del mismo

y del tipo de mineral. Sin embargo, a grandes rasgos se puede tener una idea de valoraciones temporales:

- Yacimiento de pequeño tamaño: entre 2 y 3 años de explotación y 1 a 2 años de desarrollo.
- Yacimiento de tamaño medio: entre 3 y 4 años de explotación y 2 a 4 años de desarrollo.
- Yacimiento de gran tamaño: entre 5 y 10 años de explotación y 5 a 8 años de desarrollo.

2.6.1 Exploración de un Yacimiento Minero

Es la búsqueda de un nuevo yacimiento, económicamente rentable, en condiciones actuales de mercado.

La exploración son fases estrechamente ligadas y suelen combinarse entre sí. En estas fases tendrían un mayor peso las técnicas geológicas. El desarrollo y la explotación son las fases, en las que son necesarios unos conocimientos más relacionados con la ingeniería de minería.

Es la etapa donde se realizan estudios más profundos de la zona, estos estudios incluyen muestreo y análisis químico de las rocas mediante una serie de trabajos superficiales, canales, trincheras, etc. También se realizan operaciones de perforación diamantina, que consiste en realizar perforaciones en el subsuelo a fin de analizar el contenido mineral, así como algunas labores subterráneas (galerías, cruceros y chimeneas de exploración). Muchas veces las exploraciones determinan si es económicamente explotable un yacimiento o no, de acuerdo al contenido y calidad del mineral encontrado.

La exploración es la actividad que consiste en la determinación de la cantidad (reservas) y de la calidad (ley promedio) del mineral de un depósito.

2.7 Técnicas de Exploraciones de Yacimientos Minerales

El proceso de exploración minera recoge un gran grupo de técnicas multidisciplinarias que son completamente afines entre sí.

2.7.1 Teledetección y GIS

La teledetección es la técnica de adquisición, procesamiento e interpretación de imágenes y datos asociados, que registran el comportamiento del terreno ante energía electromagnética incidente. Esta señal se obtiene por medio de equipos de medida remotos, con equipos inalámbricos. Estos equipos se emplean instalados en aviones y satélites.

En exploración minera se usan ambos sistemas, los basados en aviones y los que emplean satélites para la emisión y adquisición de la información.

Algunos sistemas solo están disponibles mediante satélites (Landsat, SPOT) y otros están únicamente disponibles para su uso en aeronaves, como los sistemas hiperspectrales. En cambio, los sistemas Radar se pueden aplicarse tanto en satélites como en aeronaves.

La información obtenida mediante teledetección se gestiona de manera digital y se integra con la información georeferenciada del terreno mediante programas específicos denominados Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés, Geographic Information System)

2.7.2 Mapeo Geológico

La cartografía geológica consiste en la presentación en un plano de referencia, normalmente topográfico, de todos aquellos hechos geológicos observados en un determinado lugar. Dicho de otra forma, consiste en elaborar planos geológicos.

El plano geológico es el documento base en la investigación de depósitos minerales, sean del tipo que sean, y deben elaborarse a una escala apropiada a nivel de exactitud requerida en la investigación.

La cartografía puede elaborarse:

- A partir de la observación directa de campo
- Utilizando medios indirectos, como son la foto aérea o resultados de prospecciones geofísicas, por ejemplo.
- Combinando las dos anteriores.

2.7.3 Técnicas Geofísicas

Dentro de la evaluación minera, al emplear las técnicas geofísicas se debe de elegir de entre ellas aquellas que tiene mejores posibilidades para resolver un problema concreto, estableciendo, en función de los conocimientos geológico-mineros que se tienen, que tipo de geofísica se aplica, si la correspondiente a una etapa de exploración, o bien a una de evaluación. En la etapa de exploración los fines de los métodos geofísicos son descubrir y cartografiar estructuras o unidades litológicas no aflorantes, confirmar extrapolaciones y precisar la geometría de los objetivos.

En la etapa de evaluación, la geofísica estudia bien la situación y características geométricas del metalotécto litológico o estructural (aplicación indirecta), o bien

determina la posición y geometría del propio yacimiento (aplicación directa). El reto que la geofísica tiene constantemente planteado es, por un lado, identificar claramente los yacimientos dentro del medio geológico donde se encuentran, delimitando la geometría, a continuación listan los métodos que se usan con más frecuencia en la evaluación de yacimientos metálicos.

- a) Método magnético
- b) Método gravimétrico
- c) Métodos electromagnéticos
- d) Método de polarización inducida
- e) Métodos eléctricos
- f) Métodos sísmicos

2.7.4 Sondeos de Exploración

Es esencial que una vez dado por finalizado las técnicas de prospección previas se debe de haber definido una zona de anomalías que necesite ser estudiada con mayor precisión.

La manera de conocer más en detalle el terreno que presenta tales anomalías es tomar muestras en profundidad de la zona a estudiar, por medio de una, o varias, campañas de sondeos de exploración.

La perforación de sondeos es una de las más importantes y quizá una de las más caras técnicas de exploración. En casi todos los casos, los sondeos de perforación son los que localizan y definen el valor económico de una mineralización.

2.7.5 Interpretación de Resultados

La última fase del proceso de exploración será la recopilación de todos los datos adquiridos. Con estos datos será necesario el estudio de todos ellos para lograr una interpretación lo más cercana a la realidad posible, realizando un modelo geológico tridimensional que recoja los valores de concentración mineral y su distribución en el macizo rocoso.

2.7.6 Muestreo de Testigos

En todo proceso de exploración existe un punto en el que después del estudio realizado con métodos indirectos en primeras campañas de exploración es necesaria la verificación de éstos mediante la toma de muestras de roca en profundidad. Esta toma de muestras se realiza por medio de los sistemas de perforación con recuperación de testigo.

2.7.6.1 Métodos de Muestreo

Después de haber hecho el geólogo un registro geológico y geotécnico a detalle, este es el encargado de realizar la definición de los intervalos de muestreo para su envío a laboratorio. El análisis y ensayo de testigos durante las fases iniciales de exploración tiene dos propósitos.

A. El Primero

Es proporcionar un índice de las potenciales leyes minerales presentes, en caso de que las haya.

B. El Segundo

Es conocer dónde están y de qué forma están distribuidas esas leyes en el depósito mineral. Este conocimiento es necesario para ubicar la perforación de

nuevos sondeos. Los métodos para tomar muestras de testigos para su ensayo dependen del estado del testigo:

Algunos de estos métodos son:

1. Muestreo con navaja. Esta técnica se emplea cuando se encuentran estructuras húmedas de arcillas.
2. Muestreo con cuchara. Si el material está altamente fragmentado, el único método realístico es usar una cuchara o una espátula para recoger una sección representativa de la muestra para cada intervalo objeto de estudio.
3. Molienda de testigo. Si la muestra no se considera interesante para ser cortada con sierra circular, se puede moler parte del testigo completo para ser ensayada por métodos geoquímicos a modo de comprobación.
4. Fragmentación por cincel. En rocas cristalinas relativamente homogéneas como rocas ígneas o rocas sedimentarias masivas pueden obtenerse muestras para ensayos con un cincel. Este método es útil en el caso de que se trabaje en lugares remotos, donde no haya disponible un disco de sierra.
5. Corte con sierra de disco. Este es el método estándar de trabajo y el preferido para tomar muestras de testigos. En este caso el testigo es cortado longitudinalmente con una sierra circular usando discos diamantados. Este método es relativamente lento y caro, es la única manera de obtener una muestra de testigo de manera precisa.

El muestreo se realizó después del registro geológico y geotécnico, para este aspecto se tomó en cuenta que el depósito era compuesto por una serie de familias de vetas, venillas y microvenillas paralelas generalmente a las andesitas de la formación

Castrovirreyna, para esto se muestreo solo las áreas que se notaban interesantes, por tal se muestreo cada 2 m.

Los testigos fueron divididos a la mitad en sentido de la perforación, con equipos de corte con discos diamantados como son: una maquina marca Clipper Norton con un motor de 5 HP de fuerza, marca Baldor y una maquina marca Pothier, con un motor de 3 HP de fuerza, marca WEC.

Cada intervalo de 2m, fueron introducidas en bolsas de muestreo, debidamente codificadas con un ticket, que indica el número de muestras, al igual las bolsas también fueron codificadas en la parte en medio con plumones permanentes.



Figura 2.- Muestreo Testigos campaña Veta Vulcano

Fuente. Elaboración Propia

2.7.7 Perforación Diamantina

Este tipo de perforación es caracterizado por la detención de cilindros de roca llamados testigos o núcleos de roca, que se obtienen justamente por la rotación de una corona de diamante, que va montada en el extremo de un tubo y por medio de esta, una maquina ejerce fuerza de rotación, produciendo así fricción entre el macizo rocoso y la

broca diamantada o también puede ser coronas de metal duro o de carburo de tungsteno, produciéndose así el corte de la roca. Esto porque los diamantes tienen mayor dureza que las rocas que conforman las formaciones litológicas.

Los testigos recuperados por un saca testigos, sirven de mucho a los geólogos en la exploración de yacimientos metálicos. Con ellas se puede confeccionar series estratigráficas o la litología de un depósito mineral, su muestreo y análisis geoquímico, pruebas geotécnicas, definir las alteraciones hidrotermales, pruebas metalúrgicas, etc.

2.8 Control de Calidad

Técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado. Tiene como objetivo monitorear los posibles errores mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras, o la realización de operaciones de control, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctoras.

El objetivo importe de todo este trabajo es el de tener datos confiables, sobre todo para la cubicación de recursos. En este proceso se realiza mediante la inserción de muestras de control de calidad en un lote de muestras listas para su envío a laboratorio.

A continuación se muestran puntos resaltantes del proceso de control de calidad realizados en la unidad operativa Caudalosa Grande.

2.8.1 Precisión

La habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares. Vinculadas a errores aleatorios, su elevación exige reproducir la medición en condiciones tan cercanas como sea posible a las existentes en el momento en que tuvo lugar la medición original.

2.8.2 Exactitud

La proximidad de una medición a un valor “real” o aceptado como “apropiado”. El concepto de exactitud está indisolublemente vinculado al valor real.

2.8.3 Contaminación

Al preparar o analizar algunas muestras, particularmente las muy mineralizadas, es posible que cierta porción de una muestra o de una solución quede retenida accidentalmente en el equipo y contamine las siguientes muestras.

2.9 Muestras de Control de Calidad

Son aquellas muestras que se insertan en los lotes de muestras (batches), que se envían al laboratorio para su análisis, con el fin de detectar y controlar los errores de los procesos de muestreo y remuestreo en el laboratorio, preparación mecánica y análisis de muestras geoquímicas.

2.9.1 Muestras Gemelas

Se obtiene al dividir nuevamente a la mitad las muestras de medio testigo, de modo que un cuarto representa la muestra original, y otro cuarto representa la muestra gemela; ambas muestras deben ser preparadas en el mismo laboratorio y analizadas con diferente número en el mismo lote. Las muestras gemelas se usan para evaluar el error del muestrero.

2.9.2 Muestras Estándar

Son muestras elaboradas bajo condiciones especiales, que deben tomar parte de los lotes analizados tanto por el laboratorio primario como por el laboratorio secundario. Los estándares se utilizan para evaluar la exactitud analítica, en un conjunto con las muestras

de control externo. Al elegir los estándares se recomienda seleccionar, en lo posible, materiales de composición aproximadamente similar a la de las muestras ordinarias, a los efectos de reducir al mínimo el efecto analítico de la matriz mineral.

2.9.3 Muestras Blancos Gruesos

Son muestras de material estéril, con granulometría gruesa, que deben ser sometidas a todo el proceso de separación en conjunto con las demás muestras ordinarias, y que deben ser preparadas a continuación de muestras fuertemente mineralizadas.

Los blancos gruesos permiten evaluar si se produce contaminación durante la preparación.

2.10 Concepto de Recursos

2.10.1 Tipos de Recursos

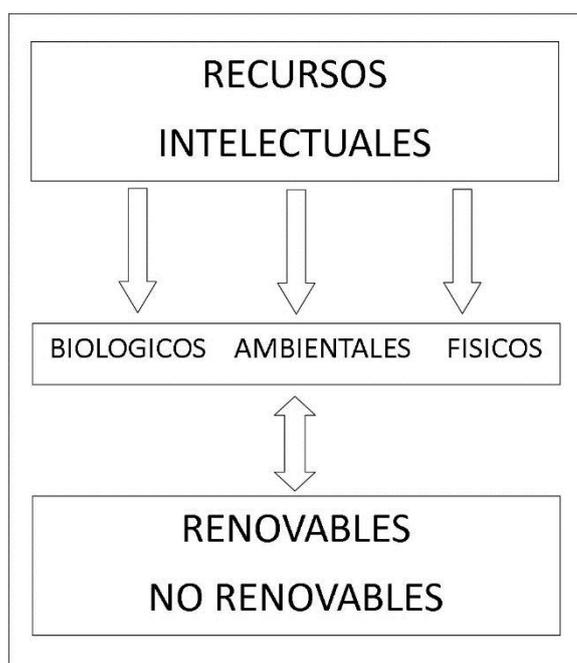
Recurso: bien capaz de suministrar a su poseedor alguna utilidad o beneficio.

Recurso ambiental: si apreciamos la tierra por su interés ecológico.

Recurso físico: si la consideramos como un lugar apto, por ejemplo, para la actividad minera.

Recurso biológico: si pensamos que la tierra es un lugar potencialmente fértil.

Cuadro 3. Tipos de Recurso



Fuente. Elaboración Propia

Los recursos físicos, a su vez, pueden ser divididos en *recursos minerales* y *recursos hidráulicos*.

- Recursos minerales:
 - Recursos energéticos
 - a) No renovables
 - 1) Hidrocarburos
 - Petróleo
 - Gas natural
 - Arenas asfálticas
 - Pizarras bituminosas
 - 2) Carbones
 - 3) Uranio
 - b) Renovables

- 1) Geotérmica
- 2) Hidroeléctrica
- 3) Mareomotriz
- 4) Solar
- 5) Eólica
- 6) Biomasa

Recursos metálicos

- a) Hierro y aleaciones del acero
- b) Metales “base” o “usuales”
- c) Metales ligeros
- d) Metales preciosos
- e) Otros

Rocas y minerales industriales

- a) Rocas y materiales de construcción
- b) Fertilizantes
- c) Materiales para la industria química
- d) Otros.

2.11 Ley de Mena

Se define como ley de la mena, en un determinado metal, el contenido de éste por unidad de peso o volumen. Su expresión se puede hacer en porcentaje, en gramos por tonelada o en ppm (partes por millón).

2.12 Ley de Yacimiento

En un yacimiento existen zonalidades, por tanto la ley de éste será la media ponderada de las leyes correspondientes a las menas de las distintas zonas del yacimiento.

El cálculo de esta ley exige la ejecución de operaciones que han de ser realizadas de acuerdo a métodos precisos, con una adecuada fiabilidad o error.

2.13 Ley de Corte

Es aquella por debajo de la cual un yacimiento no es económicamente explotable.

Los parámetros más comunes suelen ser: ley en los minerales útiles, características mineralógicas, situación geográfica, infraestructuras o medios de transporte, disponibilidad energética, precios de los metales, etc.

Si se beneficia o explota un único mineral o metal, la mena se denomina **simple**. Sin embargo, generalmente, se beneficia más de un mineral principal, determinándose **compuesta** o **compleja**, y otros de menor entidad, que se consideran como **subproductos**. Estos, en algunos casos, contribuyen o son determinantes en la explotación del yacimiento, e incluso en algunas épocas llegan a ser más importantes que los metales principales.

2.14 Factor de Concentración

El término “*Clark*” expresa el contenido, en porcentaje, de un elemento en las distintas rocas de la litosfera terrestre. Cuando por procesos geológicos se han formado mineralizaciones con contenidos metálicos superiores a la ley de corte, el grado de enriquecimiento de las mismas con relación al “*Clark*” de cada elemento recibe el nombre de **factor de concentración** o **enriquecimiento**. Los elementos mayoritarios tienen factor de concentración pequeño y los minoritarios, grande o muy grande.

2.15 Ganga

Son las sustancias minerales presente en la mena que, al carecer de valor o utilidad, son eliminadas de acuerdo a especificaciones de mercado, con los medios técnicos disponibles. Cuando se encuentran con características y en proporciones adecuadas pueden llegar a constituir menas explotables.

2.16 Estéril

Es la parte del criadero que no es económicamente explotable pero que ha de ser extraída en su laboreo. En ocasiones, el estéril son rocas sin ningún contenido mineral; otras veces, está constituido por zonas marginales de la mineralización. En algunos casos, cuando se prevé que dichos estériles o mineralizaciones marginales pueden ser explotables en el futuro, se disponen en escombreras distintas de la de los estériles.

2.17 Depósitos Primarios y Secundarios

Los primeros son los que están asociados al proceso de formación original de las rocas. Los segundos se forman por alteración de los primeros y en general suelen dar lugar a la formación de nuevos minerales.

2.18 Recursos Minerales

Son concentraciones de materiales sólidos (rocas o minerales), líquidos o gaseosos que existen en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que tenga probabilidades racionales de una extracción económica potencialmente factible. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad del recurso se estiman o interpretan a partir de información, evidencias y conocimientos geológicos específicos, exploraciones y muestreos, realizados con el apoyo de otras disciplinas auxiliares.

Los recursos minerales se subdividen, en orden de confianza geológica decreciente, en las categorías de medido, indicado e inferido. La elección de la categoría de un recurso

depende de la cantidad y distribución de datos disponibles así como del nivel de confianza que ofrecen éstos.

2.18.1 Recurso Mineral Medido

Parte de un recurso mineral para la cual el tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. El estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, zanjas, pozos, labores mineras, beneficios y taladros; los lugares están espaciados con proximidad suficiente para confirmar la continuidad geológica y/o la de leyes, confirmándose la continuidad geológica mediante muestreo adecuadamente espaciado, sondeos y labores mineras. La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral, es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica.

2.18.2 Recurso Mineral Indicado

Parte de un recurso cuyo tonelaje, morfología, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza medianamente razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, pozos, labores mineras, beneficios y taladros; no obstante, los lugares están demasiado distantes o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas. La confianza en el estimado resulta

suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad económica.

2.18.3 Recurso Mineral Inferido

Parte de un recurso mineral cuyo tonelaje, leyes y contenidos minerales pueden estimarse con un bajo nivel de confianza; resulta inferido por evidencias geológicas y/o de leyes asumidas por muestreos superficiales pero no verificadas en profundidad. La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos, o realizar una evaluación económica de pre-factibilidad que merezca darse a conocer.

2.19 Criterios de Cubicación

La estimación de recursos y reservas de mena de un yacimiento, incluye el cálculo o estimación del tonelaje de mineral y el de su ley promedio.

Para el cálculo de tonelaje es necesario conocer el volumen del cuerpo mineralizado y el peso específico del mineral. Cuando el cuerpo mineralizado tiene formas conocidas y sus límites son definidos, no hay dificultad de encontrar el volumen; pero cuando el cuerpo es irregular y sus límites insuficientemente reconocidos, es necesario encontrar en cada caso un método adecuado para hacer la estimación volumétrica. El peso específico del mineral in - situ en cualquier caso no representa mayores dificultades se puede obtener mediante una medición directa o por cálculo basado el composición del mineral.

2.19.1 Factores de Estimación de Reservas

Una Reserva Mineral está afectada por materiales de dilución y descuentos por mermas que pueden ocurrir cuando se extrae dicho mineral. Todo ello involucra efectuar

evaluaciones, al menos de pre-factibilidad, en las que se consideran las modificaciones por factores realistas de minado, metalúrgicos, económicos, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción es razonablemente viable al momento del informe.

2.19.1.1 Factor de Dilución

La aplicación de un método de explotación involucra la dilución del mineral económico por efecto de caída de las cajas estériles o casi estériles. También los ensanchamientos necesarios para lograr el ancho mínimo de minado, presencia frecuente de caballos, la mezcla con relleno durante el acarreo y otras contaminaciones durante el transporte se consideran dilución – contaminaciones que originan la disminución de la ley del mineral y detrimento de las recuperaciones metalúrgicas.

Cuadro 4. Factor de Dilución

Factor de dilución	
Potencia	dilución
< 0.20	0.25
0.20 - 0.40	0.20
0.40- 0.60	0.15
0.60- 0.70	0.10
>0.70	0.10

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

2.19.1.2 Factor de Recuperación

Un factor de recuperación de mineral cubicado en un bloque de Reservas involucra al mineral que se abandona “in situ” por motivos de estabilidad. Algunos métodos permiten

dejar pilares durante la explotación, y en otros casos quedan tramos de mineral sin explotar (generalmente en los extremos) debido al empobrecimiento y/o adelgazamiento de las estructuras.

En otros casos y debido a la irregular distribución espacial de la mineralización se dejan tramos de carga no económica como relleno.

Para el mineral In Situ se ha considerado 90 %.

Para el mineral de relleno mineralizado se ha considerado 70 %.

2.19.1.3 Factor de Accesibilidad

- **Accesibles**, son los bloques que actualmente se están trabajando y/o con labores adicionales de preparación, y cercanía a las labores principales se pueden explotar.
- **Eventualmente Accesibles**, son los bloques de mineral que necesitan labores de desarrollo y preparación y/o rehabilitaciones para su explotación.
- **Inaccesibles**, Son los bloques muy alejados que en algunos casos han sido pasados a la categoría de recursos, su accesibilidad es de largo plazo.

2.19.1.4 Factores de Valorización

Los precios unitarios proporcionados por el área de Costos, utilizados para la presente cubicación para el año 2013 son los siguientes:

- | | |
|-----------|----------|
| • Ag Oz/t | \$ 12.17 |
| • Au gr/t | \$ 22.36 |
| • Pb 1% | \$ 10.52 |
| • Zn 1 % | \$ 5.06 |

2.19.1.5 Estimación del Cut – Off

Es la Ley de Corte o Ley Mínima Explotable calculada con el fin de clasificar los minerales en económicos y no económicos por un periodo de tiempo determinado. Para la unidad Caudalosa Grande se ha determinado un Cut Off de US \$ 80.00/t.

2.20 Clasificación de Reservas

De acuerdo con esta clasificación, se entiende por reservas los depósitos conocidos e identificados en los cuales el mineral o minerales pueden ser extraídos con beneficio económico, con la tecnología actual y bajo los parámetros económicos actuales. Por su parte, los recursos incluyen tanto las reservas, como otros depósitos minerales que pueden llegar a ser eventualmente aprovechables, bien depósitos que no son técnicamente y/o económicamente aprovechables, bien depósitos desconocidos, ricos o pobres, que se puede inferir que existen, aunque todavía no han sido descubiertos.



Figura 3.- Clasificación de Reservas

Fuente. (Código JORC)

Los avances tecnológicos, las subidas o bajadas de precios y el aumento de los conocimientos geológicos por la investigación, son los principales factores que definen la movilidad recurso-reserva.

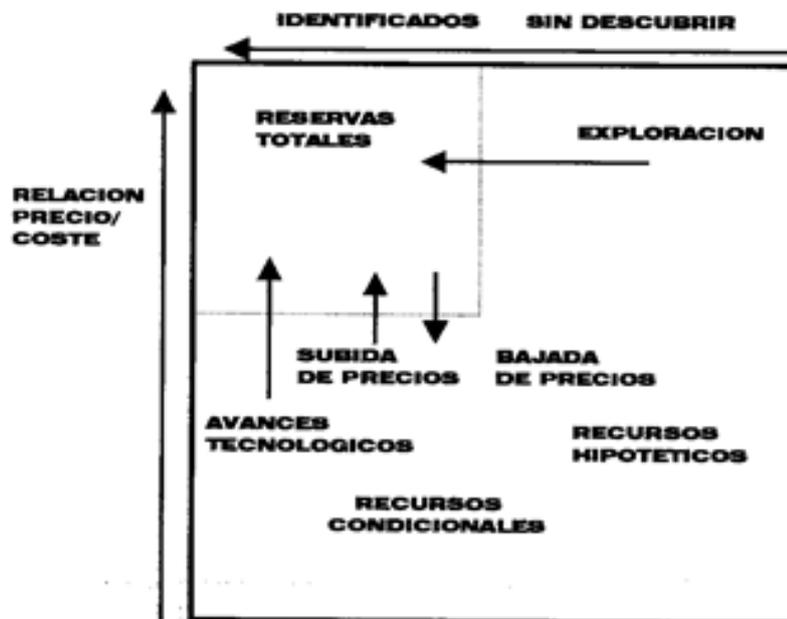


Figura 4.- Principales Factores que definen la movilidad entre Recursos y Reservas
Fuente. (Código JORC)

2.21 Los Mercados de Minerales

Un mercado es un lugar hipotético donde compradores y vendedores de un determinado bien se encuentran para determinar su precio. Estrictamente hablando, los mercados de cualquier mineral o metal pueden existir en varios estados de producción y en varios niveles de calidad. El mercado del cobre, por ejemplo, se divide en submercados para los siguientes materiales:

- Mineralizaciones de cobre
- Concentrados de cobre
- Cobre en crudo (originado en metalurgia)
- Cobre electrolítico (producto del refinado).

Los mercados de las materias primas minerales se caracterizan por una serie de factores a saber:

- Situación fija de los depósitos minerales
- Baja elasticidad de la oferta con respecto al precio
- Alto grado de concentración vertical
- Frecuentes fluctuaciones de los precios.

2.22 Geología Regional

En el Cretáceo superior es el tiempo en que se da la inversión tectónica y da origen a la compresión andina responsable de la elevación de la cadena montañosa. El inicio de la orogénesis no es simultáneo en toda la cadena, siendo una progresión temporal y espacial de efectos tectónicos que se van desplazando al Este.

La convergencia es de dirección N 78,8° E con una velocidad media de 7,9 cm / año. La zona de estudio pertenece al Sinclínorio de Castrovirreyna (Fig. 5) donde los ejes axiales del plegamiento son truncados por el sistema de fracturamiento de dirección E - O y al este a unos 15 km aflora el sistema de falla Chonta de orientación NO.

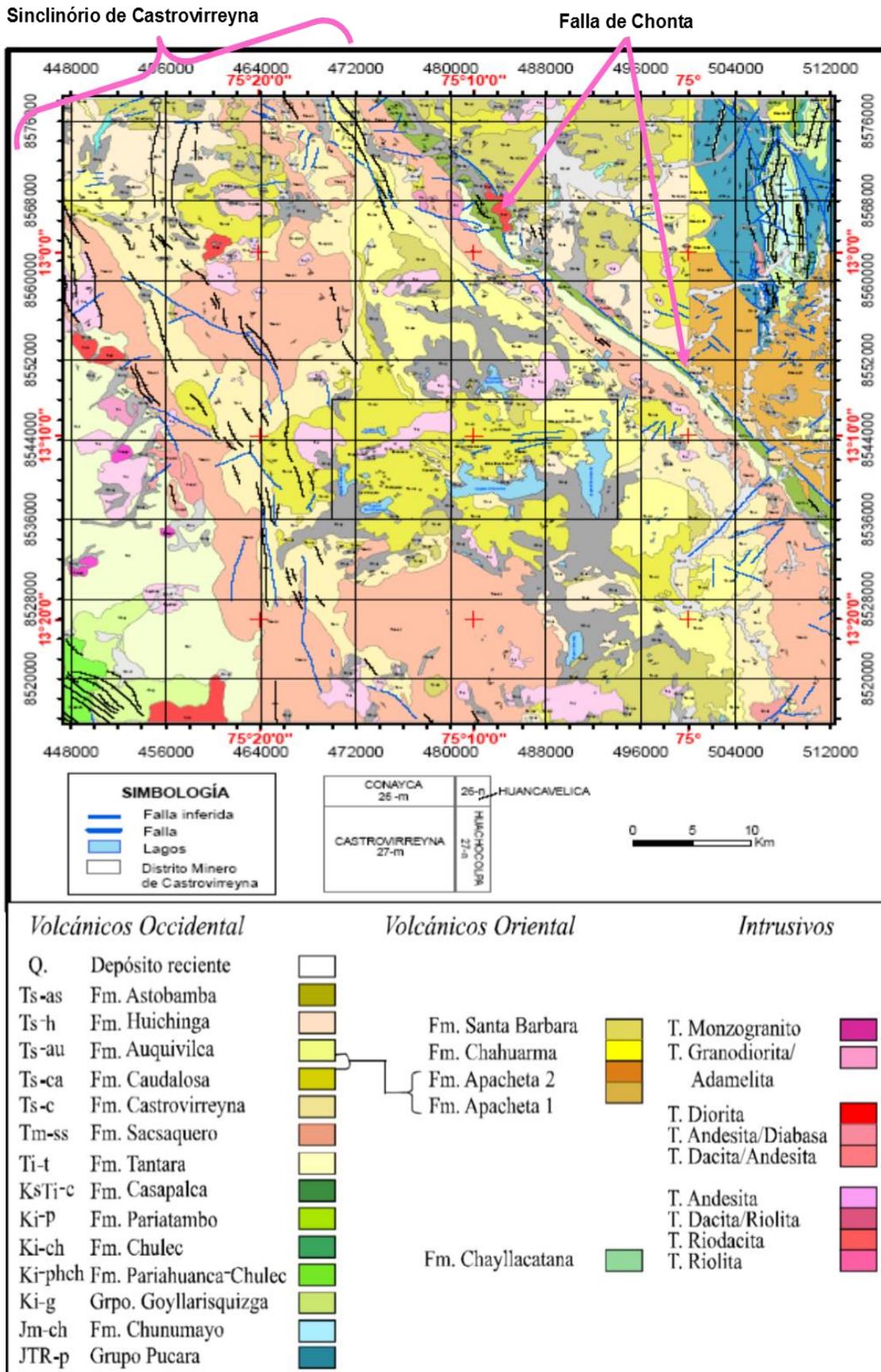


Figura 5.- Geología Regional vecina al área de Estudio
Fuente. (F. Isaac Martel Quintana)

2.22.1 Estratigráfica Regional

Sobre la región delimitada en el plano de la figura 5, las unidades sedimentarias afloran solo en los sectores extremos SO y NE:

En el sector NE, están presente rocas carbonatadas del **Grupo Pucará** (Triásico superior al Jurásico inferior, < 1200 m); calizas con niveles arcillosos de la **Formación Chunumayo** (Jurásico medio - Bajociano, 150 a 230 m); areniscas alternadas con limoarcillitas y niveles de carbón del **Grupo Goyllarisquizga** (Cretáceo Inferior, 200 a 400 m.), también presente en el sector SO; yaciendo concordantemente al grupo anterior se tiene secuencias de lavas basálticas y lútitas tufáceas de la **Formación Chayllacatana** (Cretáceo inferior, Neocomiano superior; 100 a 200 m); calizas estratificadas en capas delgadas, medianas y gruesas de la **Formación Pariahuanca** (Cretáceo inferior, Albiano inferior; < 95 m) solo presente en el sector SO; lútitas calcáreas, margas y niveles de calizas de la **Formación Chúlec** (Cretáceo inferior tardío, Albiano medio; 150 a 400 m) también presente en el sector SO; calizas delgadas con chert y lútitas de la **Formación Pariatambo** (Cretáceo inferior, Albiano medio superior; < 100 m) presente en el sector SO y NE; yaciendo en forma discordante a la formación Chúlec se muestran molasas rojas conformadas por secuencias delgadas de areniscas, alternada con limoarcillitas y niveles de lodolitas, con algunos niveles delgados de calizas y conglomerados calcáreos, cuarcítico de la **Formación Casapalca** (Cretáceo superior - Eoceno medio, < 300 m), presente en el sector NE de la Fig. 5.

2.22.1.1 Secuencia de Rocas Volcánicas

Una gruesa secuencia de rocas volcánicas (-3000 m) agrupadas en unidades de derrames y piroclásticos que alternan con series sedimentarias piroclásticas, constituye el terreno dominante, en el espacio y tiempo durante la evolución cenozoica de la región

representada en el plano de la Fig. 5. A continuación se menciona las formaciones volcánicas presentes:

Yaciendo en discordancia angular a las unidades Mesozoicas:

- **Formación Casapalca**

Se muestran lavas andesíticos, riódacíticos y dacíticos de texturas porfirítica a afaníticas, con niveles de tobas, y areniscas tobáceas.

- **Formación Tantará**

(Eoceno superior - Oligoceno, 41-40,9 Ma. < 700 m.); sobreyaciendo en discordancia a la formación anterior, se muestran intercalaciones de lavas andesíticos, tobas soldadas y tobas redepositadas.

- **Formación Sacsaquero**

(Eoceno superior – Oligoceno), datada 40 Ma. < 1000 m); yaciendo en discordancia erosional a la formación Sacsaquero se tiene lavas en la base, aglomerados volcánicos, secuencia sedimentaria piroclástica, al tope brechas tobáceas alternando con tobas y limos arenosos.

- **Formación Castrovirreyna**

(Mioceno inferior, datada 21-22 Ma. 400 a 1000 m); en discordancia a la formación anterior se muestran coladas y brechas de flujo andesíticas, con algunas intercalaciones lenticulares de piroclastos y areniscas tobáceas.

- **Formación Caudalosa**

(Mioceno superior, datada 12-14 Ma.< 400 m); yace discordantemente a las formaciones de Castrovirreyna o Caudalosa con quien se interdigita localmente, consiste en rocas tobáceas macizas, parte superior areniscas y limoarcillitas intercaladas con calizas y tobas sueltas.

- **Formación Auquivilca**

(Mioceno superior, secuencia occidental; variable hasta 900 m); cubriendo el bloque mesozoico plegado y fallado al Este del sistema de fallas Chonta, se muestran flujos piroclásticos, ignimbritas y a veces niveles de lahares de gran espesor, seguido de lavas en alternancia con piroclástos.

- **Formación Apacheta**

(Mioceno Superior, secuencia oriental, datada 10-8 Ma. < 500 m); localmente se interdigita con la secuencia sedimentaria piroclástica de la formación Auquivilca y consiste en lavas andesíticos y dacíticos intercaladas con algunos flujos de brechas y tobas andesíticas y dacíticas.

- **Formación Huichinga**

(Mioceno superior, < 300 m). Una secuencia volcánica oriental de toba piroclástica de aspecto brechoide y estratos de ceniza, seguida por lavas andesíticas basálticas y sucesión de flujos piroclásticos riolíticos cementados.

- **Formación Chahuarma**

(Mioceno superior, datada ~7 Ma. < 300 m); otra secuencia volcánica oriental conformada por tobas lapillíticas (ignimbritas) cementadas, seguido por una secuencia superior de lavas andesíticas a basálticas en alternancia con niveles piroclásticos de cenizas y escorias.

- **Formación Santa Bárbara**

(Mioceno superior, secuencia oriental, datada 6,7-7,8 Ma. < 500 m); sobreyaciendo en discordancia angular a la formación Auquivilca, a unidades más antiguas y descubierta al techo se muestran lavas andesíticos, basálticos a riolíticos y brechas de flujo de similar composición, con ocasionales niveles tobáceos y piroclásticos vinculados a centros volcánicos del tipo estrato volcán y explosivo.

- **Formación Astobamba**

(Plioceno, datación 3,5 Ma.; Morche et al., 1996; < 300 m); finalmente, se tienen los depósitos cuaternarios consistentes en depósitos glaciares, fluvioglaciares y coluviales.

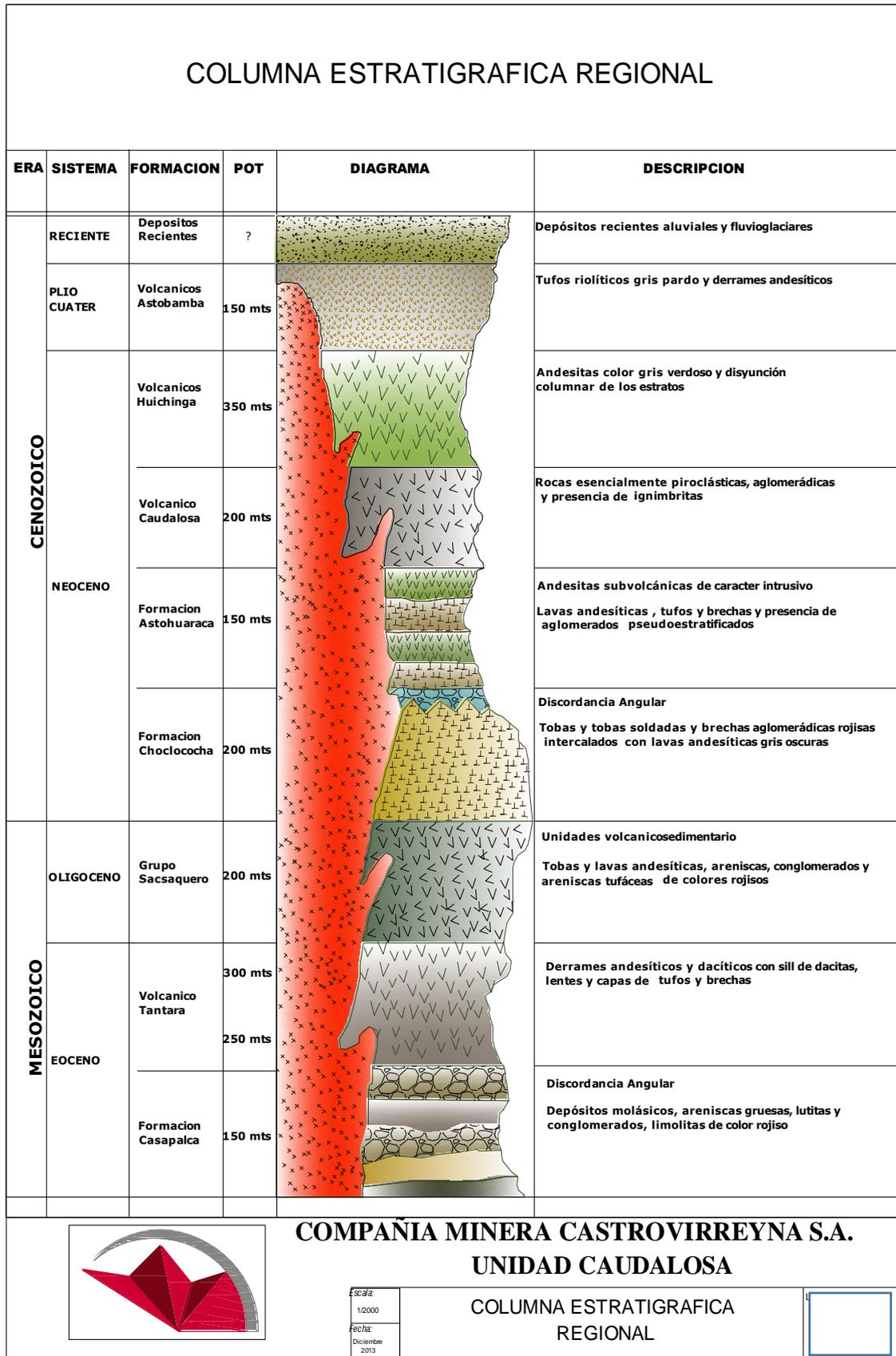


Figura 6.- Columna Estratigráfica Regional

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

2.23 Geomorfología

La configuración geográfica es montañosa y accidentada, siendo atravesado por la cordillera de los Andes, que lo divide en tres sectores: la zona interandina, caracterizada por las grandes elevaciones de la cordillera y que conforman la mayor parte del territorio; la vertiente occidental, donde las montañas descienden sobre la costa formando una pendiente pronunciada; y en el nororiente, existe una franja de selva alta. Presenta cinco abras (accidentes geográficos), siendo las más importantes Huayraccasa en la provincia de Huancavelica, Chonta en Castrovirreyna, y Pampamali en Angaraes.

2.23.1 Valles

Corresponde a los valles interandinos constituidos por el río Mantaro, Ichu y Lircay y sus tributarios que se encuentran distribuidos entre la faja de las estribaciones de la Cordillera Occidental. Los valles y quebradas se formaron como consecuencia de la acción erosiva de los cursos de agua que nacen en las partes altas de la región. Se observan fondos de valle con desniveles de hasta 1000m aproximadamente, en ciertas partes del recorrido, mostrando flancos con pendientes fuertes que están cubiertos por material coluvial de poco transporte y otros como productos de deslizamientos.

2.23.2 Estribaciones de la Cordillera Occidental

Las laderas en los valles formados por los ríos Ichu, Lircay tienen cambios bruscos de las pendientes originando estribaciones. Las estribaciones generalmente se encuentran como afluentes de los ríos principales que a veces presentan pequeñas zonas de cultivo. Las estribaciones relativamente profundas posiblemente estén controladas por fallas regionales.

2.23.3 Cordillera Occidental

Son los relieves de altitudes comprendidas entre 2,300 y 4,000 msnm, que presentan pendientes moderadas y pronunciadas que ascienden gradualmente hacia las superficies altas; esta unidad constituye algunos flancos de los diferentes valles.

2.23.4 Zonas de Depresión Interandina

Esta unidad de halla por encima de los 4,000 msnm, está constituido por zonas de topografía suave de colinas, pampas y cimas truncadas. Las superficies de morfología suave y ondulada tienen apariencias redondeadas y alargadas y han sido modeladas generalmente sobre las secuencias sedimentarias, estando en algunas partes atravesadas por los ríos. Los procesos de formación de estos relieves fueron afectados por los eventos tectónicos ocurridos en los Andes, inmediatamente en el cuaternario reciente se evidencia una intensa erosión glacial y fluvial, que ha disectado esta superficie excavando las rocas más blandas y dejando en relieve afloramientos más resistentes, como las formas cársticas que se observan en las secuencias calcáreas, dando origen a las formas menores de relieve.

2.23.5 Estribaciones de la Cordillera Oriental

Son áreas reducidas que corresponden a altas de la Cordillera Occidental, presentan rasgos topográficas impresos por la glaciación cuaternaria, originando una morfología de picos y cumbres bastante agrestes, así como la presencia de circos y valles glaciales con perfiles transversales en forma de “U”, además de lagunas glaciales y restos de depósitos morrénicos que se encuentran dispersos en las partes altas.

2.23.6 Cordillera Oriental

Esta unidad está representada por una extensa meseta que se desarrolla a altitudes de 4,000 y 4,500 m. Topográficamente es una superficie casi llana a suavemente ondulada,

sobre la cual destacan colinas y cerros que sobrepasan los 5,000 m.s.n.m. Regionalmente el altiplano se encuentra fuertemente intersectado por los numerosos valles de la vertiente pacífica y de la hoja amazónica, de modo que sus remanentes aparecen como superficies planas e interrumpidas, que se mantienen sensiblemente a un mismo nivel general.

2.24 Geología Estructural

Las unidades geológicas distribuidas en la región han estado sometidas a diferentes etapas de deformación, constituyendo un desarrollo estructural muy importante a partir del Mesozoico.

La deformación que se tiene en el área conduce a considerar dos unidades estructurales específicas: la secuencia mesozoica expuesta ampliamente en las zonas alto andinas de la Cordillera Occidental, y la segunda unidad, el fallamiento en bloques en menor proporción en la región andina por el emplazamiento del Batolito de la Costa.

Asimismo, se manifiesta tres sistemas de fracturamiento notables: el primer sistema NO – SE, el segundo sistema NE – SO, y el tercer sistema con tendencias E – W, generado por el reacomodo de bloques.

2.24.1 Control Estructural

Para el control estructural en las labores subterráneas utilizamos los criterios de la tabla RMR. Durante el mapeo geomecánico se obtiene información como: Litología, meteorización, alteraciones, presencia de agua, tipo, forma de superficie de las discontinuidades, espaciado, continuidad y frecuencia de las diaclasas, y la orientación y rumbo de las estructuras y/o discontinuidades.

Esta información se evalúa y cuantifica a través de un tratamiento computarizado; mediante la aplicación de Software: “DIP’S” para determinar el número de familias de discontinuidades y “UNWEDGE” para determinar la presencia de cuñas, y/o áreas inestables.

Toda la información sirve como base para establecer la clasificación geomecánica de la masa rocosa entorno de la operación minera.

2.24.2 Vetas Curvadas

Fallas ondulantes o corrugadas se forman en todas las escalas y existen varias explicaciones sobre su desarrollo. Ranuras lineares a pequeña escala a lo largo de superficies de falla tienen su origen en el desgaste y rasguño de las irregularidades de la roca de caja o “baches” conocidos como asperezas de falla. Saltos y corrugaciones de mayor escala resultan de la conexión de fallas a través de relevos curvados, rampas y grietas en ala. En un ambiente de cizalla simple, vetas extensionales en échelon de pequeña escala son plegadas comúnmente de manera sigmoidal durante una deformación progresiva.

Fracturas y vetas fuertemente agudas requieren propagación en un campo de estrés no uniforme. McKinstry (1948, p.303) reconoció que las vetas no siempre siguen un patrón idealizado de fracturas el cual es comúnmente representado en una elipse de esfuerzos donde las fallas conjugadas están divididas por una dirección de fracturas de extensión. McKinstry (1949) explicó las diferencias geométricas en base a las propiedades heterogéneas de un material como foliación, clivaje, estratificación, o contactos geológicos. En cualquier material en el cual se forma una fractura o falla el campo de estrés tiene que estar perturbado

Hay dos órdenes generales de crecimiento de vetas curvadas que involucran una interacción de estrés entre las vetas que están ligadas y una interacción mecánica del campo de esfuerzos entre las vetas adyacentes que no están ligadas. Existen también casos donde ambos tipos de interacciones determinan la forma de la veta.

La conexión de fracturas adyacentes representa una modificación del campo de esfuerzos durante el alargamiento de las grietas. McKinstry (1948) refirió al bloque intrafalla aislado como producto de la conexión de dos fracturas a manera de lazos cimoides. Él usó también el término “veta fractura”, lo cual implicó la divergencia de una fractura, aunque estos rasgos se originan más bien en la unión de dos grietas separadas y en propagación. Verdaderas trayectorias de fracturas divergentes y /o ramificadas están quizás solo relacionadas a fisuras que se prolongaron a velocidades sísmicas y produjeron separaciones o bifurcaciones. Las fracturas mutuamente curvadas crecen para unirse en direcciones opuestas y son evidencia directa de las variaciones del campo de esfuerzos en los extremos de las fracturas. La región superpuesta de dos fracturas crea conexiones mutuamente curvadas subdividiendo bloques intrafalla, se conecta por intersección de grietas en ala de divergencia aguda. Las conexiones resultan en el aislamiento de bloques intrafalla como el descrito en las vetas Lolita, Jofre.

La unión de fracturas separadas tiene implicancias importantes en la historia dilatativa y el perfil de desplazamiento de las vetas y fallas. Las distribuciones de desplazamiento sinistral o gradientes de desplazamiento a lo largo de fallas aisladas tienen varias posibles formas, incluyendo la elíptica, circular, linear, y sinusoidal. Complicaciones adicionales en el ángulo de intersección de fracturas ligadas se originan cuando la fisura que esta intersecada es abierta, en deslizamiento libre, o cerrada. Nuevas fracturas en propagación hacía, o intersecando, fracturas abiertas más antiguas se fusionan generalmente en ángulos paralelos curvos y oblicuos generalmente se presentan a lo largo de fisuras de

extensión que intersecan fracturas más antiguas de deslizamiento por fricción. La propagación de fracturas curvadas está determinada o influenciada por modificaciones en el campo de estrés las cuales son causadas por la proximidad a otras fracturas así como por sus orientaciones, carácter de sus rellenos y la magnitud de sus desplazamientos.

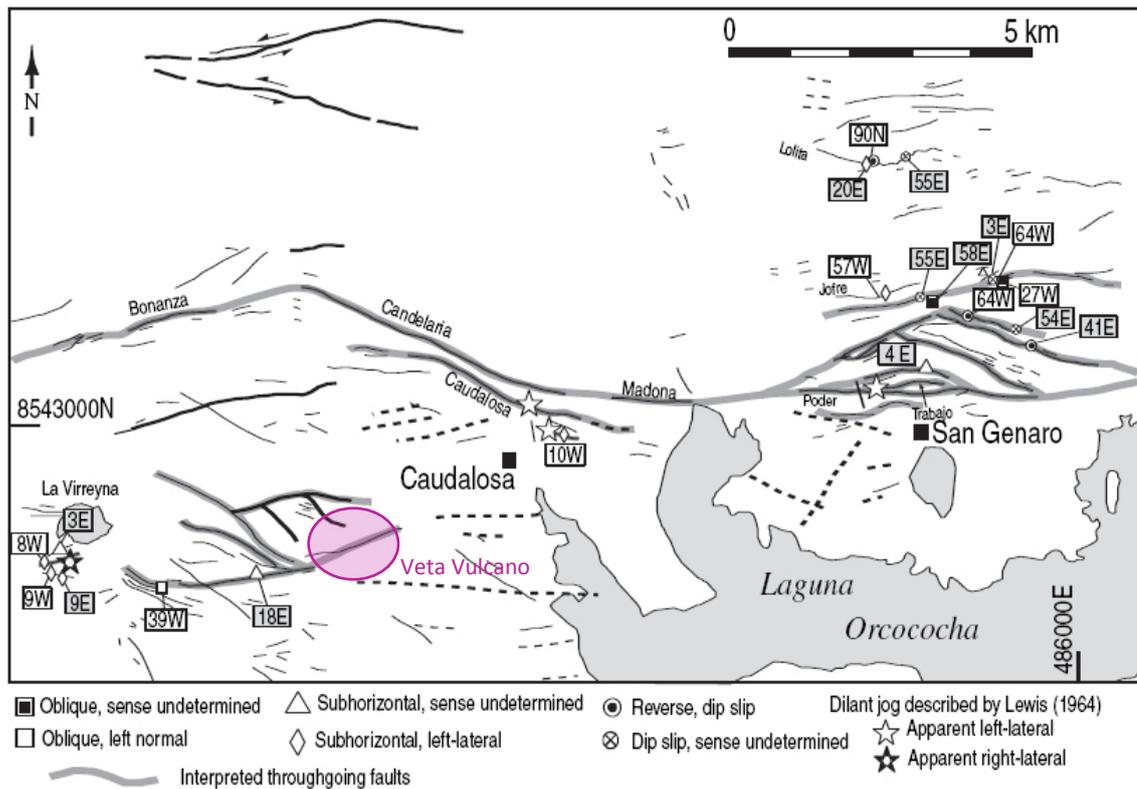


Figura 7.- Mapa de vetas de una porción del distrito mostrando fallas interpretadas como conectadas y de longitud de onda larga. (JAMES M. WISE)

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Metodología de Estudio

La investigación se basó en un estudio analítico y descriptivo, pues se determinaron los parámetros geoeconómicos para la propuesta de un modelo de mineralización y el establecimiento del potencial correspondiente.

3.2 Metodología de Campo

Muy importante en este trabajo la investigación de campo mediante una serie de métodos para poder conocer las propiedades y características de la Veta en profundidad e incluso reconstruir la historia geológica del lugar.

El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo al siguiente procedimiento Metodológico:

3.3 Recopilación de Información y Revisión Bibliográfica

En esta etapa, se recogió toda la información bibliográfica, informes de la zona de estudios, se recopilaron planos geológicos regionales, topografía del cuadrángulo, archivos e informes de INGEMMET, Morche W. y Larico Washington, Setiembre de 1996, Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantará y Castrovirreyna hoja 27-m - **Boletín A 44**

3.3.1 Trabajo de Campo

Los trabajos de campo comprendieron en muestreo de campo y muestreo sistemático de labores subterráneas. Levantamiento topográfico de labores de la veta Vulcano. Mapeo geológico subterráneo, análisis minero gráfico.

3.3.2 Trabajo de Laboratorio

Esta etapa comprende desde el muestreo geológico de mina preparación, etiquetado y envió a laboratorio para su respectivo análisis de muestra. Las muestras se analizaron en laboratorio de la Unidad San Genaro-Cía. Minera Castrovirreyna.

3.3.3 Trabajo de Gabinete

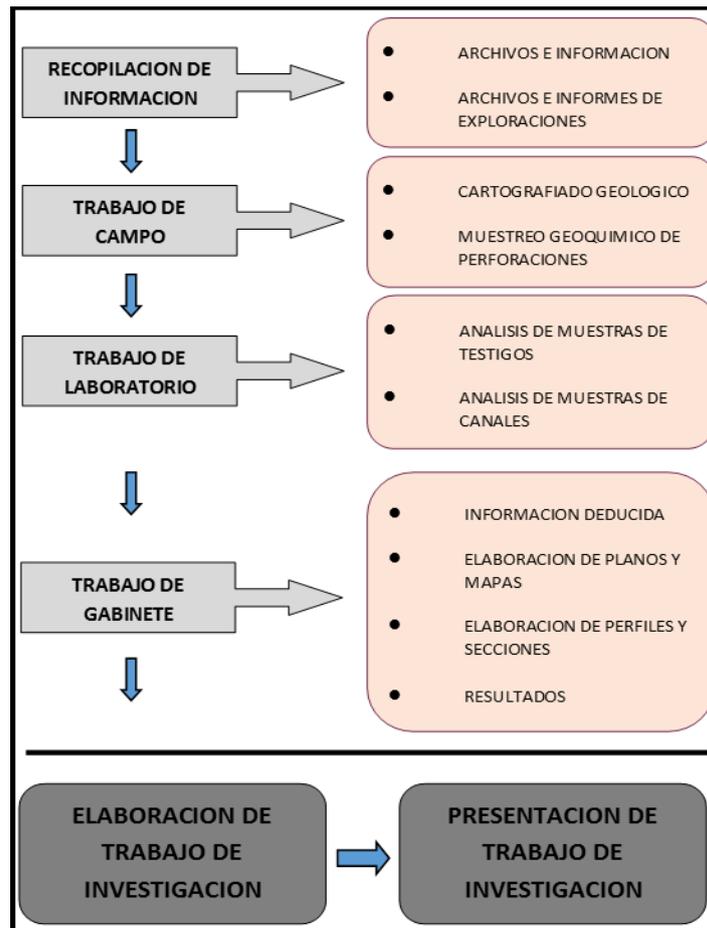
Luego del trabajo de campo se procede a realizar un análisis de muestras comparando en mina y gabinete, comprende la etapa de bloqueo de tramos mineralizados gracias al análisis geoquímico que emite valores económicamente rentables, teniendo en consideración la ley de cut off para la estimación de recursos y reservas.

Es la etapa donde se procesa toda la información recibida de campo, y se trabaja estadísticamente con los resultados de análisis de muestras.

Modelamiento geológico de la veta Vulcano utilizando el software MineSigth.

Está incluido en esta fase, la elaboración de la tesis, que se redacta en su etapa preliminar.

Cuadro 5. Flujograma de la Metodología de Estudio



Fuente. (Elaboración Propia)

3.4 Sondajes Diamantinos sobre la veta

Sobre la veta vulcano se perforaron 28 sondajes diamantinos desde superficie e interior mina para delimitar las zonas de mineralización de alta ley.

Además este método fue el método principal para la verificación de todas las ideas, teorías y predicciones de profundización de la mineralización, además con este método se hizo una descripción de la geología a detalle, modelamiento geológico y cubicación de recursos. Así como también definir las características lito-estratigráficas de las diferentes unidades a fin de establecer patrones, que permitan la ubicación de zonas de potencial geológico-minero para la exploración de depósitos polimetálico.

La empresa prestadora de servicios de perforaciones con recuperación de testigos EXPLOMIN, fue la empresa quien perforó en la campaña de perforaciones sobre la veta Vulcano.

Cuadro 6. Tipos de Línea de Perforación

Tipo de Línea	Diametro de Testigo	Diametro de Hoyo
	(mm)	(mm)
HQ	63.5	96
NQ	47.6	75.5
BQ	36.5	59.9

Fuente. (Elaboración Propia)

3.5 Recopilación de Información para la Exploración

El primer paso para comenzar el procesos de exploración será el de obtener toda la información previa, existente tanto de las características geológicas de la zona objetivo, así como la información de prospecciones realizadas en la zona con anterioridad.

En este aspecto también es de elevada importancia toda la información relativa a exploraciones mineras de dicha zona. Esta información puede extraerse de operaciones mineras que estén actualmente en funcionamiento, o bien en minas que hayan cesado en las labores de extracción mineral.

En aquellos casos en los que no haya información relativa al respecto, se puede conocer indicios de restos arqueológicos mineros, que pueden indicar explotaciones minerales en la antigüedad, y, por tanto, una primera señal de presencia de mineral explotable.

3.6 Protocolo de Trabajos de Campo

A continuación se muestra partes más importantes del protocolo utilizado para trabajos a detalle de exploración, ya que desarrollar este tema en su totalidad haría demasiada extensa este capítulo.

3.6.1 Ubicación de máquinas de Perforación en Plataformas Superficiales y Cámaras de Interior Mina

A partir de un programa de perforación debidamente seleccionado, se ubica y monitorea plataformas y cámaras, así como la ubicación correcta de la máquina de perforación como son: la orientación e inclinación de sondajes. Hay que incidir, que para la preparación de plataformas, es necesario la negociación y permisos respectivos de los terrenos superficiales tarea encargada por el área de Relaciones Comunitarias, Seguridad y Medio Ambiente.



Figura 8.- Ubicación de perforadora sobre plataformas

Fuente: (Elaboración Propia)



Figura 9.- Supervisión de Inclinación y Dirección del Taladro

Fuente. (Elaboración Propia)

3.6.2 Durante la Perforación

Supervisar que al momento de extracción de los cores producto de la perforación, estos sean colocados de la manera correcta en la caja de testigos, evitando en lo mínimo la contaminación de factores externos.

Además verificar que los datos de corridas y recuperaciones no tengan fallas, trabajo que se coordina conjuntamente con el geólogo de pozo.

3.6.3 Durante el Logueo Geológico

La data geológica (litologías, alteración, mineralización, estructuras) son documentados en una hoja de Logueo, así como la data geotécnica. Para el Logueo geológico, se diferencia 1ro el tipo de roca y todo lo que pudiera ocurrir desde el 1er metro hasta en profundidad del sondaje, luego según las características del contenido, asociaciones, tipo de microvenillas, venillas, contenidos de sulfuros y otros se subdiferencia dentro de cada tipo de litología. Además determinar claramente las zonas de cizalla y/o fallas importantes para una buena interpretación geológica.

Al finalizar o de acuerdo con el avance del Logueo geológico, las cajas con cores se aseguran adecuadamente para su transporte hacia el área de corte y muestreo. Todo este trabajo, de igual forma, se realiza con la asistencia de un geólogo a cargo o de pozo.

3.6.4 Custodia y Manejo de Testigos

3.6.4.1 Área de Perforación

Los testigos de perforación son sacados de la máquina de perforación son limpiados de grasa y otros aditivos, e inmediatamente son colocados en las cajas portatestigos, las

cuales se encuentran marcadas con un numero correlativo y con la identificación del sondaje en perforación.

En la misma caja portatestigos, se marca con tinta negra flechas que indican la dirección de profundización, y se colocan tacos de madera en los intervalos correspondientes de cada corrida, con los datos de profundidad indicados por el personal de la empresa perforista. En la parte exterior de la caja, se puede observar el código del pozo del cual provienen, el número de orden de esa caja proveniente de dicho pozo, y los intervalos de inicio y fin del testigo contenido en el portatestigos.

3.6.4.2 Área de Logueo

Las cajas ya contenido los testigos, son llevadas a la zona de muestreo, donde el geólogo de campo, realiza el Logueo geomecánico y geológico. También se escribe con lápiz de color los intervalos de muestreo y con plumón negro se marca sobre el testigo los ejes de corte.

El geólogo de campo registra el intervalo de profundidad de las muestras marcadas por él, y al final del día, registra estos datos en la computadora y crea un archivo digital que envía a los geólogos encargados del muestreo y control de calidad.

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

4.1 Ubicación

La mina está ubicada en el distrito minero argentífero de Castrovirreyna, políticamente pertenece a la jurisdicción del distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna del departamento de Huancavelica.

Geográficamente la zona de estudio se ubica entre las coordenadas UTM 474,000E y 8'540,000 N a una altitud de 4500 a 4900 msnm. Geológicamente el yacimiento se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Oriental del segmento central de los Andes Peruanos, metalogenéticamente está ubicada en el distrito minero argentífero de Castrovirreyna.

En el Cuadrángulo de Castrovirreyna hoja 27m.

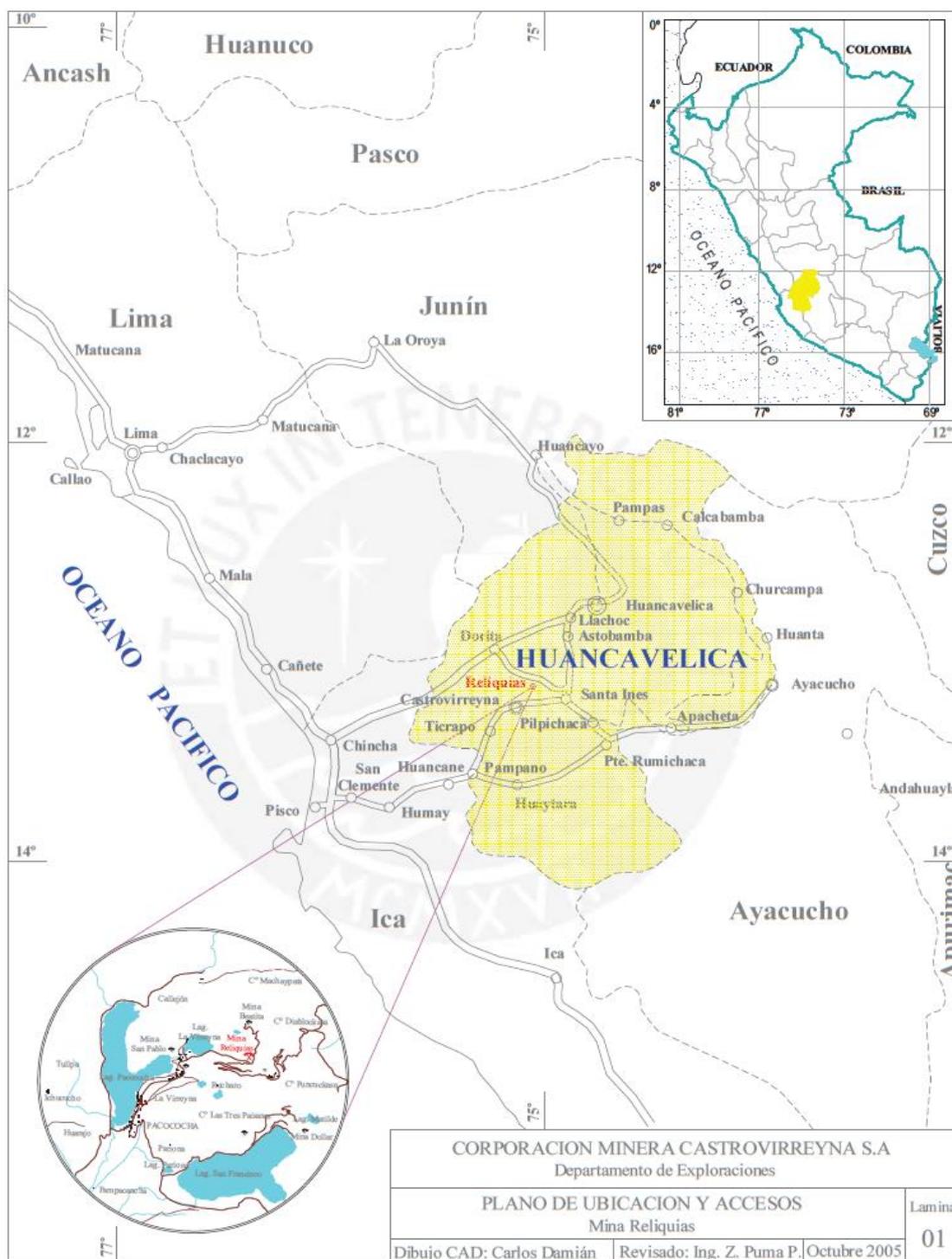


Figura 10.- Ubicación de la Zona de Estudio
Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

4.2 Accesibilidad

El acceso a las minas, Caudalosa Grande, y especialmente a la mina Reliquias, es por las siguientes rutas:

Cuadro 7. Accesibilidad a la Zona de Estudio

RUTAS	Distancia (Km)	Tiempo (horas)	VIAS DE ACCESO
Lima - Pisco - Rumichaca - Caudalosa Grande	450	7	Panamericana Sur - Vía Libertadores - Carretera Afirmada
Lima - Pisco - Castrovirreyna - Mina Reliquias - Caudalosa Grande	410	6	Panamericana Sur - Vía Libertadores - Carretera Afirmada
Lima - La Oroya - Huancayo - Huancavelica - Reliquias - Caudalosa Grande	560	10	Carretera Central - Carretera Asfaltada a Huancavelica - Carretera Afirmada

Fuente. Elaboración Propia

La zona de estudio es accesible por tres tramos:

- Tramo 1 desde la ciudad de Lima por la Panamericana sur hasta el pueblo de San Clemente (Pisco), luego por la vía Los Libertadores hasta el pueblo de Rumichaca y posteriormente por la vía afirmada hasta Santa Inés y Luego a Caudalosa Grande y Reliquias.
- Tramo 2 desde la ciudad de Lima por la Panamericana sur hasta el pueblo de San Clemente (Pisco), luego por la vía los Libertadores hasta Huancano, posteriormente desvío hacia la ciudad de Castrovirreyna por una vía afirmada para luego continuar hasta Reliquias y Caudalosa Grande.

- Tramo 3 desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Huancayo por una vía asfaltada, Huancayo - Huancavelica también por una vía asfaltada, Huancavelica - Santa Inés, Santa Inés – Caudalosa Grande y Reliquias por una vía afirmada.



Figura 11.- Accesibilidad a la Zona de Estudio

Fuente. <http://peru.travelguia.net/la-ruta-de-huancavelica.html>

4.3 Fisiografía

El yacimiento en estudio se encuentra en el distrito minero de Castrovirreyna el que a su vez está situado en el flanco oriental de la Cordillera Occidental del segmento central de los Andes Peruanos, provincia de Castrovirreyna, Departamento de Huancavelica, entre las coordenadas UTM 474,000 E y 8'540,000 N, a una altitud de 4500 a 4900 msnm. Presenta características topográficas que son consecuencia del fuerte intemperismo que afecta la zona y de fenómenos conexos como son la glaciación y la deglaciación que han

actuado en épocas pasadas. Esto se demuestra por la presencia de morrenas en el fondo de los valles y de los depósitos de flujos de lodos constituidos en gran proporción por fragmentos angulosos y semi-angulosos, los que son indicadores de un corto recorrido. Entre los rasgos fisiográficos más importantes tenemos: valles glaciares, montañas con fuerte pendiente, lomada suave, etc.



*Figura 12.- Panorámica Mina
Fuente. Elaboración Propia*

4.4 Clima y Meteorología

El clima es frígido todo el tiempo y seco durante los meses de abril a noviembre donde se puede programar trabajos de exploración de campo y lluvioso entre diciembre a marzo, donde se presenta la temporada de nevadas dificultando los trabajos de campo, incrementándose el frío en los meses de junio a agosto, por ser invierno, donde la

temperatura baja hasta -10°C . Especialmente en las madrugadas y alrededor de los 10°C en el día.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida establecida por Holdridge el área corresponde a una “tundra pluvial alpino sub tropical” situada entre los 4500 y 5000 msnm, la cual tiene una precipitación anual promedio de 500 a 1000 mm y una temperatura anual media de 1.5 a 3.0°C . La estación pluviométrica de Caudalosa Grande registra un promedio de precipitación anual de 796.4 mm. El mayor volumen de precipitación se concentra durante los meses de enero, febrero y marzo. Los meses de menor precipitación son junio, julio y agosto.

4.5 Hidrografía

Los principales recursos hídricos lo constituye las lagunas La virreina situada en la parte oeste del proyecto, laguna Matilde y laguna San Francisco situados en la parte sur de Reliquias. En la parte oeste del cerro Diablocasa discurren aguas de los deshielos y la lluvia. También se ha notado la presencia de pequeños manantiales, los cuales alimentan a bofedales, lo cual permite la presencia de humedad permanentemente la misma que permite el crecimiento de vegetación natural típica de la zona.



Figura 13.- Cuenca del Rio Pampas y Rio Pisco

Fuente. (<http://paramitarea.blogspot.pe/2013/10/mapa-de-huancavelica-perfil-hidrografico.html>)

4.6 Geología Local

La zona está caracterizada por una secuencia de tufos, brechas volcánicas, lavas andesíticas y tufos sub-acuosos (volcánicos Madona) las que se encuentran en capas pseudo-estratificadas, falladas y poco deformadas; intruyendo a éstas secuencias volcánicas de edad neógena, es notoria la ocurrencia de pórfidos feldespatícos, domos y diatremas a que estaría relacionada parte de la mineralización del distrito. En la mina Caudalosa se han diferenciado los volcánicos Caudalosa y Madona.

4.6.1 Volcánicos Caudalosa

Suprayace a los volcánicos Castrovirreyna e infrayace a los volcánicos Auquivilca, en la base se encuentran las brechas Beatita en la parte intermedia las andesitas Reliquias de textura porfirítica de color gris a verde y en la parte superior los volcánicos Candelaria conformada por una intercalación de andesitas brechoides, brechas andesíticas de textura afanítica de color negro a gris.

4.6.2 Volcánicos Madona

Es una secuencia de tufos finos y tufos brecha sub-acuosos de color púrpura amarillo, intercalado con lavas andesíticas; en la mina San Genaro, se les conoce con los nombres de San Julián, Solimán y San Pedro. En Caudalosa se les ha subdividido en Madonna Inferior y Superior, están separados por tres paquetes de lavas afaníticas conocida como andesitas Madona 1,2 y3, el espesor de esta secuencia varía entre 300 y 500 metros.

4.6.3 Formación Castrovirreyna

Es una secuencia sedimentaria piroclástica de facies lacustres, representada por areniscas, calizas, tobas, brechas y lavas que tiene su localidad típica en el área de Castrovirreyna. Las dataciones radiométricas en el área de Castrovirreyna permiten ubicarla a fines del Oligoceno y principios del Mioceno.

4.7 Geología Estructural Local

Dos fallas de rumbo Este - Oeste de la veta Vulcano desplazan la líneas de bisagra de un par de pliegues anticlinal-sinclinal proporcionando puntos de coincidencia que indican desplazamiento sinistral. Los desplazamientos aparentes a lo largo de las dos fallas son de 220 y 310 m y figuran entre los desplazamientos más grandes conocidos para cualquier

estructura en el distrito. Fallas en la parte norte del distrito tienen un patrón en planta que es similar al de las vetas polimetálicas. Los tres pliegues de gran escala, verticales y horizontales, tienen una dirección Oeste - noroeste y ángulos inter-flanco de 45° , 150° , y 90° . Esto muestra que contracciones significativas de dirección este-oeste deformaron localmente la Formación Caudalosa previo al desarrollo completo de las vetas y fallas sinestrales.

Hacia el oeste de la Laguna Orcococha, una serie de lineamientos fotoaéreos de rumbo este-oeste, reflejan probablemente fallas, algunas de las cuales de 1-2 km de longitud cortan a los flujos de andesitas y las capas de brechas. En base al espesor de las unidades, buzamientos y desplazamientos aparentes cartografiados, estas probables fallas requieren un desplazamiento mínimo de 40 m para yuxtaponer las capas de flujos y brechas.

La configuración de las fallas en todo el distrito implica formas fuertemente curvadas las cuales podrían estar conectadas entre sí, definiendo incluso ondulaciones con longitud de onda más grandes. Varias líneas de evidencias indican que hubo más de una dirección de deslizamiento de falla durante la mineralización. Los datos de lineamientos de orientación de deslizamiento variable pueden ser interpretados como el producto de perturbaciones del régimen de estrés local durante la formación de las vetas.

En Caudalosa, los indicadores cinemáticos sinestrales se encuentran en ambos segmentos de las vetas de rumbo noreste y oeste-noroeste. Esto, además de la forma redondeada de las transiciones entre esas dos orientaciones descarta la formación de vetas como a partir de un estricto par conjugado.

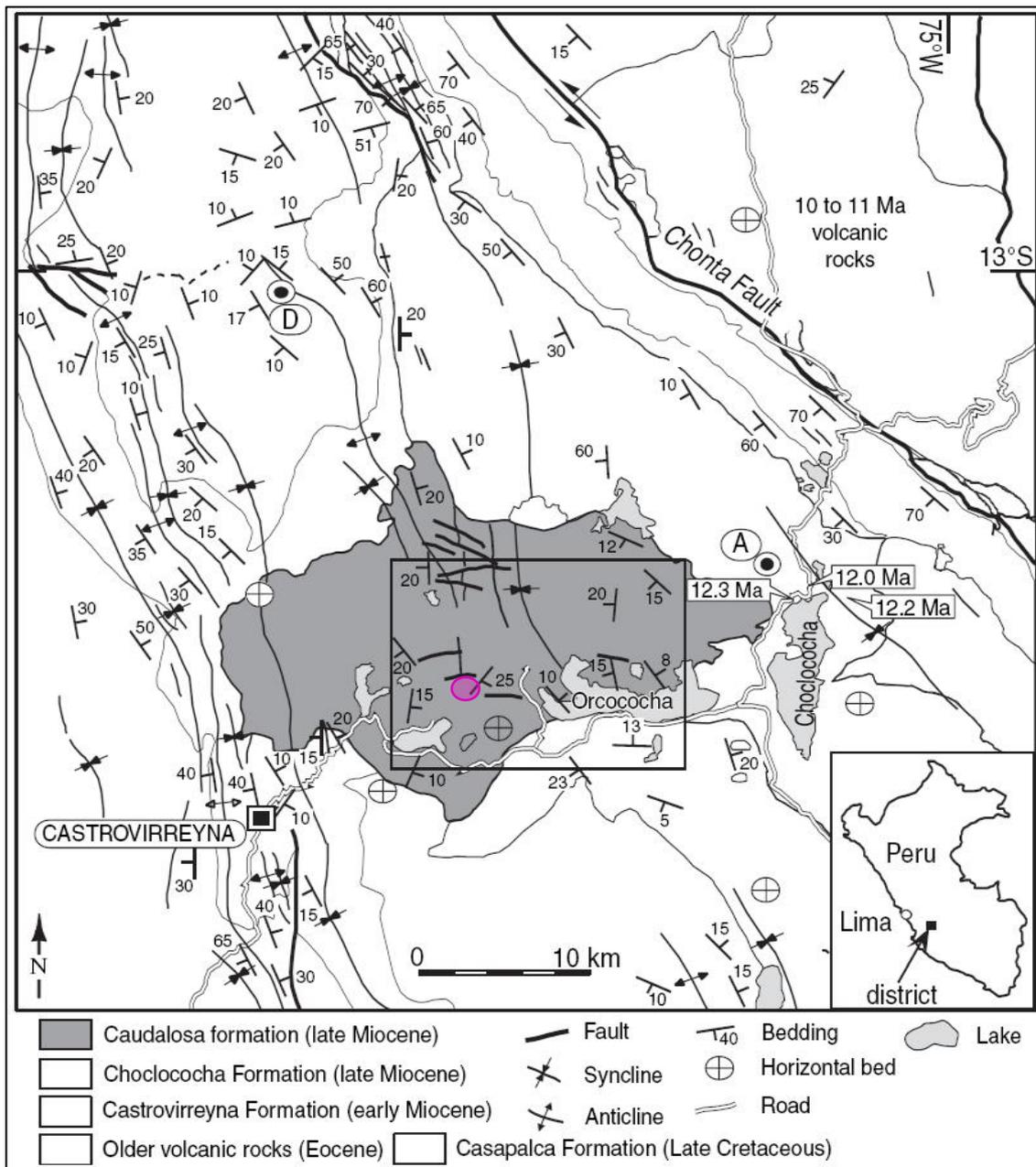


Figura 14.- Localización y mapa generalizado mostrando el área de Castrovirreyna con las formaciones volcánicas mayores, ejes de pliegue y área del mapa de vetas del distrito. (JAMES M. WISE)

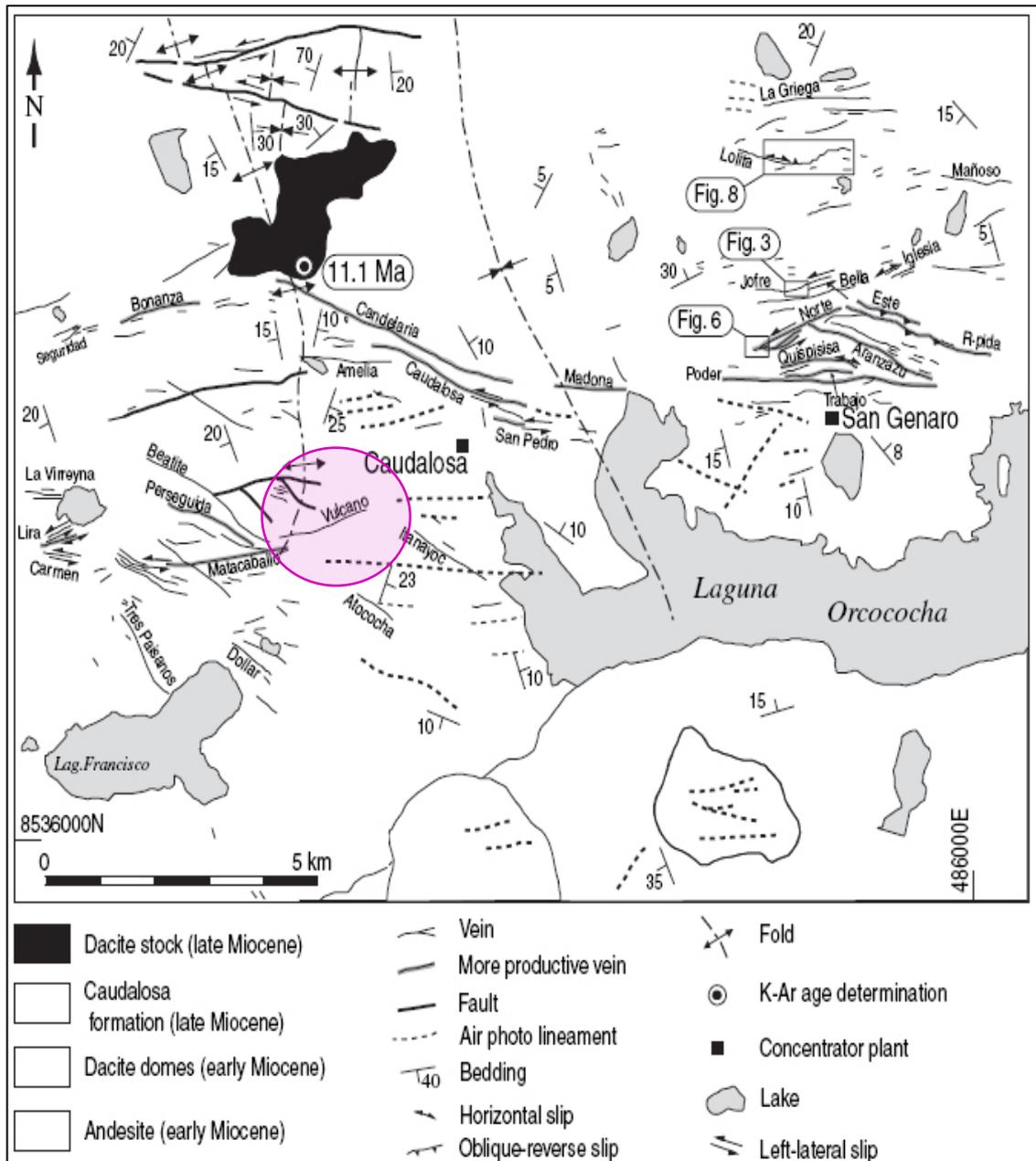


Figura 15.- Mapa de vetas del distrito de Caudalosa Grande. (JAMES M. WISE)

4.8 Mineralización

En el lado Oeste del distrito minero de Castrovirreyna, por la mina Caudalosa grande, hay dos zonas argentíferas bien diferenciadas, Candelaria con tetraedrita y Reliquias con platas rojas, la proustita-pirargirita, predominan en los niveles altos de Reliquias, aproximadamente desde el afloramiento hasta el nivel 560, esta mineralización está

acompañada de tetraedrita en menor proporción. Por debajo del nivel 560 hay un incremento de tetraedrita, este cambio mineralógico en profundidad es similar al observado en la mina San Genaro, en donde las platas rojas van desapareciendo también en los niveles inferiores.

4.9 Zoneamiento

En la zona de estudio la mineralización del plomo y zinc, está presente en Vulcano y Beatita primera y la mineralización de platas rojas está en las vetas Sacasipuedes, Mataballo, Perseguida Este y Vulcano cuyos extremos hacia el este no han llegado al Zoneamiento de plomo y zinc.

Cuadro 8. Zoneamiento General Castrovirreyña

ZONEAMIENTO MINERALÓGICO – COCIENTES METÁLICOS MINA CAUDALOSA GRANDE		
COCIENTE	INTERPRETACION	VETAS
Ag/Pb	Muestran un aumento de Plomo hacia las profundidades con respecto a la plata, con algunas excepciones.	Sacasipuedes y Mataballo Perseguida Este y Oeste, Beatita, Pasteur y Vulcano.
Ag/Cu	Aumento de la Plata en la parte superior con respecto al cobre el cual aumenta hacia las profundidades.	Sacasipuedes y Mataballo Perseguida Este y Oeste, Beatita, Pasteur y Vulcano.
Pb/Cu	Hay un incremento en las leyes de cobre hacia arriba y hacia las profundidades.	Mataballo y Sacasipuedes
Pb/Zn	Muestran dos contornos, esto indica una zona de Zinc entre dos de plomo, pero sin constituir una mineralización de plomo y zinc	Mataballo y Sacasipuedes San Martin y Perseguida Este y Vulcano.

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyña)

4.10 Alteraciones Hidrotermales

La alteración más extendida es la propilítica de intensidad débil que circunda a las otras alteraciones haciéndose más notorio al aproximarnos a áreas con estructuras vetiformes. A esta alteración le sigue la argílica neta que es muy restringida y casi siempre circunda a la alteración argílica en forma de bandas muy angostas, la alteración argílica de intensidad débil a mediana forma áreas irregulares circundando a cuerpos de sílice y vetas, la argílica avanzada es restringida a un punto del área de Vulcano, la silicificación se muestra formando cuerpos y el ensamble cuarzo-sericita más arcillas está restringida a las cajas inmediatas de la veta Vulcano.

4.11 Modelo Geológico del Yacimiento

Los yacimientos Epitermales de metales preciosos (Ag-Au) constituyen un grupo muy heterogéneo de depósitos, actualmente mejor clasificados y conocidos, que presentan variadas morfologías: vetas (filones, vetilleos), enrejado (stock-Works), pipas brechosas (breccia-pipes), diseminaciones, bolsonadas y horizontes irregulares (mantos). Todos ellos tienen en común sus temperaturas de depositación del mineral ($150^{\circ}<350^{\circ}\text{C}$) así como su ocurrencia o alojamiento cerca de superficie (<1 km.) y ocurren en zonas de intensa actividad geotérmica, tanto antigua como reciente, conocidos como focos de alteración hidrotermal.

Dentro de este contexto, las vetas de la mina Reliquias, son de relleno de fisura, alojadas en andesitas porfiríticas de la Formación Caudalosa de edad neógena, estructuralmente tiene muchas semejanzas al clásico yacimiento epitermal clasificado como del tipo Bonanza.

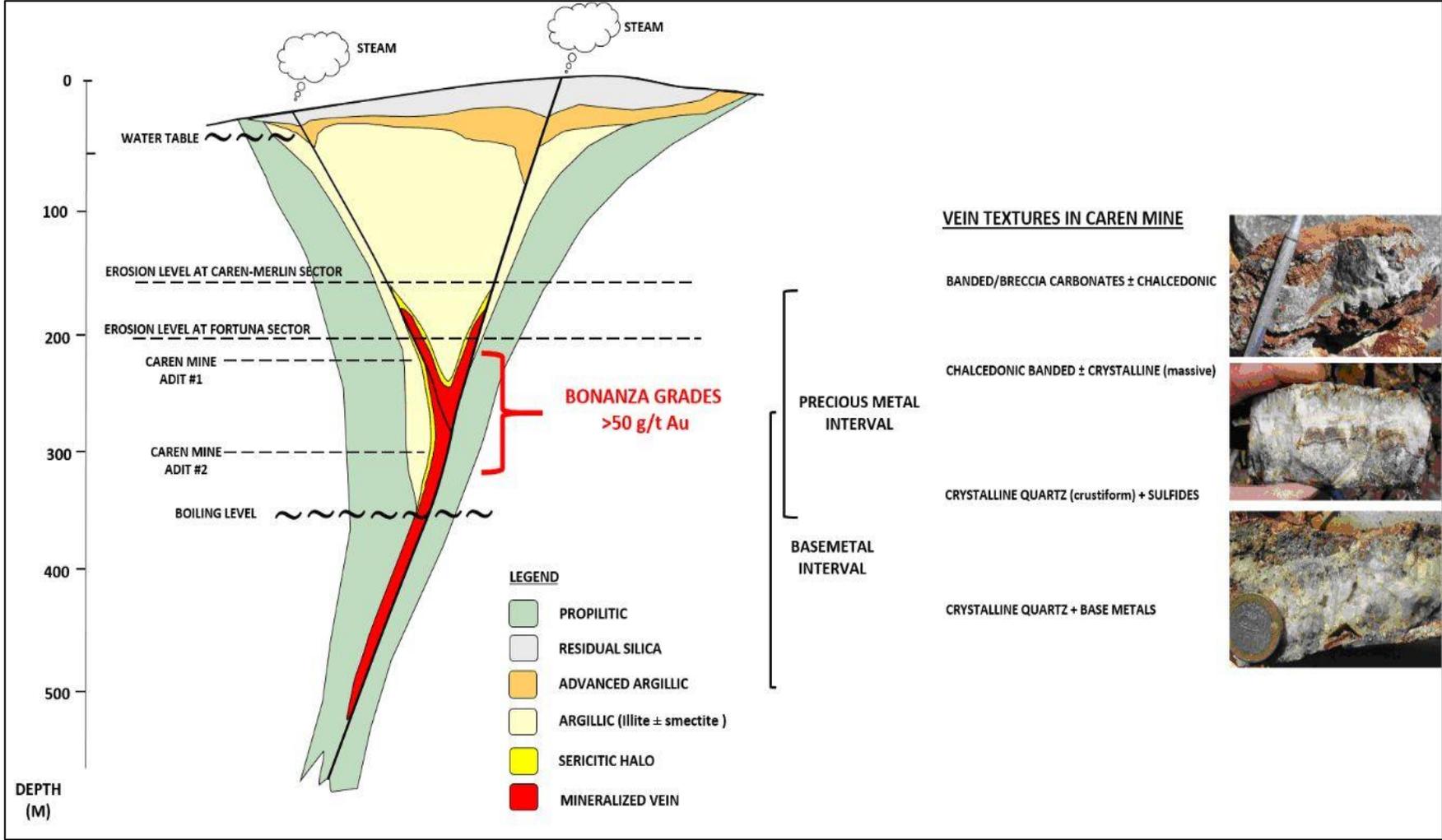


Figura 16.- Modelo de Yacimiento tipo Bonanza, Texturas de la veta Vulcano. (Modificado por: Buchanan (1981)).

CAPITULO V

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Determinación de Bloques de Cubicación

Un bloque de mineral cubicado, es la parte del yacimiento minero formado por una figura geométrica tridimensional limitada por labores mineras, es el resultado de multiplicar la longitud, ancho de veta, altura y peso específico.

Para el bloqueo se recurre a los resultados de los ensayos, utilizando el concepto de clavos mineralizados, estos se agrupan por tramos que en promedio indiquen ley de plata mayor o igual a 3.5 oz Ag/t. teniendo como mínimo 10 m. de longitud, como máximo la distancia económica para este bloque; este bloqueo se complementa con la revisión de planos geológicos y/o mapeos geológicos, secciones y logueos de sondajes diamantinos.

La delimitación de bloques se hace en planos en planta y se transfiere a secciones longitudinales de cubicación de cada veta.

5.2 Altura de Bloques

La altura de bloque se determina como: $1/5$ de la longitud muestreada y bloqueada, en algunos casos se ha considerado la altura promedio de los bloques vecinos, cuando la distancia entre bloques no es mayor a 5 m. tomando siempre $1/5$ de la longitud total. Se

trata en lo posible que los bloques tengan forma geométrica regular como rectángulos, triángulos, etc. que permiten facilitar el cálculo de áreas.

5.3 Cálculo de Áreas

Las áreas, son calculadas tomando en cuenta la longitud y altura del bloque (para bloques regulares), en los casos de bloques de contorno irregular, se utiliza el comando área del software AutoCAD.

5.4 Gravedad Específica

Para la gravedad específica, durante el año 2013 se ha considerado la data histórica, como sigue:

- Mineral Polimetálico	= 3.08
- Mineral Argentífero	= 2.80
- Relleno Mineralizado	= 2.50
- Roca Encajonante	= 2.50

5.5 Estimación de Leyes

5.5.1 Muestreo

Este procedimiento esta normado mediante un Procedimiento de Muestreo, orientado a la calidad, se realiza por el Método de Muestreo por Canales, se procede de la siguiente manera:

Verificar las condiciones del terreno antes de iniciar con los trabajos de toma de muestras.

Ubicar el área a muestrear a partir de un punto topográfico, de preferencia y coincidir con la última marca muestreada.

Trazar el canal en forma perpendicular al buzamiento de la veta o estructura mineralizada, con una longitud de hasta 1 m. dependiendo del ancho de la veta (potencia), en vetas más anchas se prepararán canales compuestos, el ancho del canal debe ser de 10 a 20 cm.

Tomar el tiempo de inicio del muestreo.

Limpieza del canal, proceder con cincel y comba a limpiar el material dentro de la marca con una profundidad de 2 a 3 cm dejando el fondo lo más uniforme posible.

Toma de muestras, una vez terminado el proceso de limpieza del canal se procede a la toma de material “cortando una banda del ancho del canal con una profundidad de 3 a 4 cm., la recepción del material se realiza directamente en la bolsa de muestreo.

Tomar el tiempo de término del muestreo.

5.6 Veta Vulcano

Es una veta reconocida en una longitud de 400 m. en los niveles 768, 710, 642 y 560. Es un cimoide de la veta Pasteur; tiene un rumbo promedio E – W y N 85° E con buzamiento de 75° - 80° N; con un ancho promedio de 1.33 m.

La mineralogía está representada por galena, esfalerita, platas rojas (en la parte alta) calcopirita en menor proporción; en ganga de cuarzo y piritita.

La ley del mineral 5.37 Oz Ag, 0.435 gr Au, 1.22 % Pb, 0.09 % Cu, 1.59 % Zn, 7.88 Ag Eq.

Las posibilidades de exploración deben ser orientadas al este hasta la zona de tobas y en profundidad debajo de los bloques colgados.

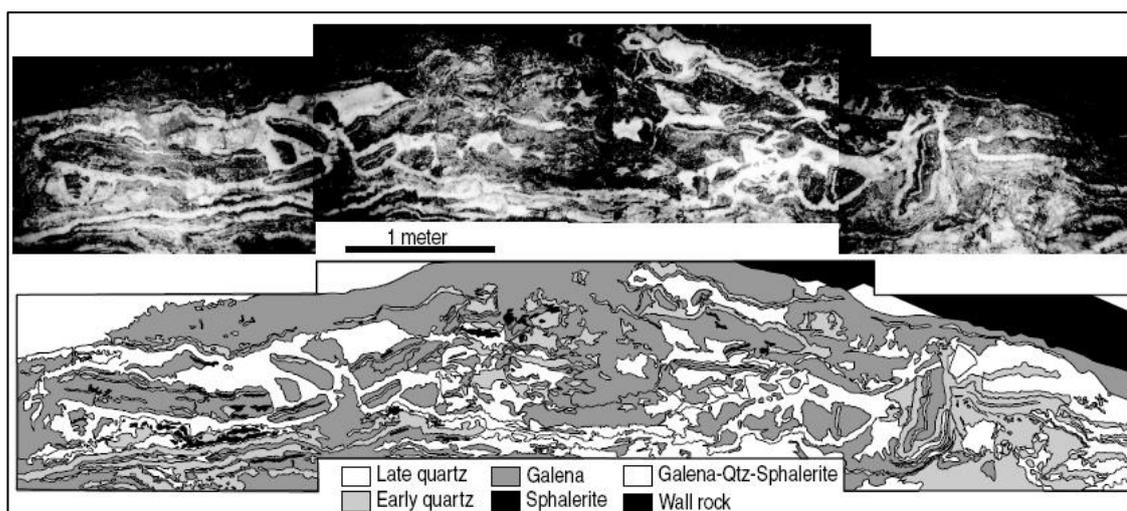


Figura 17.- Fotografía y esquema mostrando texturas de la veta Vulcano tal y como está expuesta a lo largo del nivel 598. Las bandas oscuras son minerales de mena, mayormente galena, esfalerita, y calcopirita. Las bandas claras son cuarzo grueso en drusas con cantidad menor de baritina. (JAMES M. WISE).

5.7 Mineralogía

La constitución mineralógica de las estructuras mineralizadas del distrito minero de Castrovirreyna, en general la mineralización conocida de las vetas polimetálicas es considerada del tipo LS (Low Sulfidation) de baja sulfuración con notable presencia de minerales de Ag, Au, Pb, Zn, Sb, As, Fe, Cu; lo constituyen los minerales de mena y de ganga que se ha observado macroscópicamente de la veta vulcano.

5.7.1 Minerales de Mena

Son minerales de valores comerciales asociados a los yacimientos y la explotación minera está supeditada a estos minerales útiles:

✓ **Pirargirita** (Ag_3SbS_3)

Este mineral se ve asociado generalmente a la proustita y se les conoce como las platas rojas, se presenta generalmente acompañando a las zonas de altas leyes en vetas sinistralas en échelon dentro del bloque, en las bolsonadas y lazos cimoides entre las cotas de los niveles Nv598 y Nv 642, y se presenta en cristales prismáticos trigonales donde se aprecian los reflejos rojos característicos de este mineral.

✓ **Proustita** (Ag_3AsS_3)

También conocido como las platas rojas, se presenta asociado a la pirargirita

✓ **Esfalerita** (ZnS)

La esfalerita es un mineral compuesto por sulfuro de zinc (ZnS) que anteriormente era conocida como blenda de cinc o blenda acaramelada. Es un mineral semiduro y pesado, perfectamente exfoliable y de fractura irregular a concoidea. Su color es variable según la especie, esto es, desde tonalidades amarillo-verdosas hasta pardo-rojizas pero con un denominador común, su ennegrecimiento en función de la proporción de hierro (sobretudo), manganeso o cadmio que contenga.

✓ **Galena** (PbS)

La galena es un mineral del grupo de los sulfuros se encuentra de forma cristalina o maciza es una de las principales menas del plomo.

✓ **Argentita** (Ag_2S)

Es una de las menas importantes de plata La argentita se presenta en cristales hexaédricos y octoédricos.

✓ **Tetraedrita** ((Cu,Fe)₁₂Sb₄S₃)

La tetraedrita se encuentra en filones hidrotermales en los cuales aparece asociada a diversos metales de cobre, cinc, plomo y plata.

5.7.2 Minerales de Ganga

✓ **Pirita** (FeS₂)

Cúbica, las caras a veces cementadas, también a menudo en octaedros, piritoedros (doce caras pentagonales) y raramente icosaedro (veinte caras triangulares). A menudo maclada, masiva, radiada, granular, su color es amarillo latón y su brillo es metálico.

✓ **Rodocrosita** (MnCO₃)

Se presenta preferentemente en capas o costras de estructura bandeada, con superposición de bandas rosadas de distintas tonalidades.

✓ **Caolinita** (Al₂Si₂O₅(OH)₄)

Es una arcilla blanca muy pura, En su estructura cristalina se distinguen dos láminas, una formada por tetraedros, en cuyos vértices se situarían los átomos de oxígeno y el centro estaría ocupado por el átomo de silicio.

✓ **Hematita** (Fe₂O₃)

Tiene un color rojizo, además de tener la característica de que mancha la piel al tocarla. Se observan contenidos de otros minerales dentro de la hematita terrosa.

✓ **Limonita** ($\text{FeO}(\text{OH}), n\text{H}_2\text{O}$)

Es un material muy común en zonas oxidadas con depósitos con minerales de hierro

✓ **Goethita** ($(\text{FeO}(\text{OH}))$)

Es un mineral de tipo hidróxido y grupo indeterminado. Su tenacidad es frágil. Se presenta en burbujas, en la zona de oxidación.

✓ **Jarosita** ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)

Este mineral se forma en depósitos de mena por la oxidación de sulfuros de hierro, por tanto su presencia indica la existencia de agua durante su formación y por el pH requerido es incompatible con la de los carbonatos.

5.8 Mineralización

En Caudalosa, Lewis – 1956, reportó minerales de platas rojas en la parte superior y minerales de cobre y plomo en la parte central inferior como enargita, boulangierita, bournonita, se ha reportado tetrahedrita en la parte central-oeste. En Candelaria predomina la tetrahedrita asociada a enargita, oropimente y rejalgar, además galena y esfalerita, teniendo conocimiento de la existencia de plata nativa en los niveles superiores.

A partir de estudios de inclusiones fluidas, Sawkins (1974), indica una temperatura de depositación de los minerales entre 325° a 270°C con una declinación de temperatura de 250° a 170°C para la última depositación de la esfalerita y 100°C para la baritina. Con excepción de dos inclusiones fluidas no se han encontrado otras que indiquen ebullición de los fluidos mineralizantes.

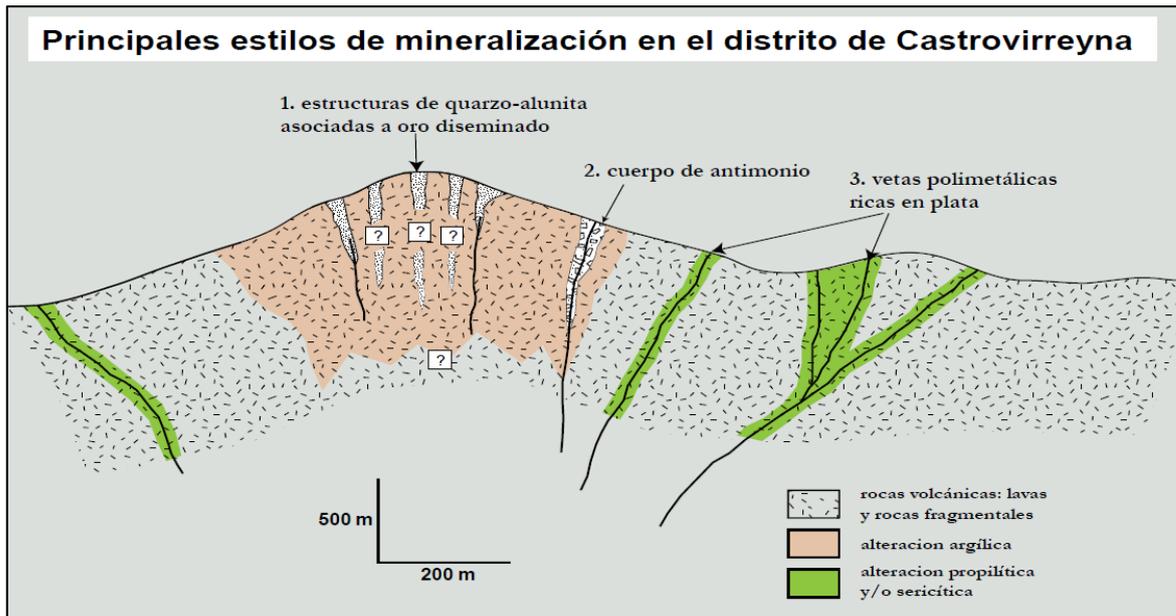


Figura 18.- Estilos de Mineralización de Castrovirreyna. (Sillitoe, 1995; González, 2008).

5.9 Paragénesis del Yacimiento

La paragénesis de la veta Vulcano se determinó, por estudio microscopía óptica, probeta pulida y sección delgada, en muestras de mano obtenidas de las galerías del Nv 642 de la veta Vulcano y de forma macroscópica se observó las texturas de las estructuras mineralizadas en las galerías de los diferentes niveles.

Cuadro 9. Paragénesis del Yacimiento

PARAGÉNESIS	OBSERVACIONES
Calcopirita, Esfalerita, Pirita	Sulfuros masivos, Pirita idiomorfica
Calcopirita, Tetraedrita, Pirita	Sulfuros masivos bandeados Cristales relictos de Pirita Vetas de Tetraedrita - Calcopirita - Argentita
Pirita, Calcopirita, Galena, Esfalerita	Sulfuros masivos bandeados
Goethita, Cuarzo	Gossan de Fe, Agregados botroidales.

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

5.10 Zoneamiento

La mineralización consiste de Ag-Pb-Zn-Cu-Au, también está presente la misma mineralización, con notable presencia de platas rojas en la veta Vulcano. La mineralización de Cu podría encontrarse por debajo de los niveles 560 como se confirma con los sondajes diamantinos.

El cambio de mineralogía en profundidad se refleja también en los cocientes metálicos de Reliquias; el sentido de las soluciones es subhorizontal y la dirección del flujo es de Oeste a Este para las vetas Mataballo y Vulcano basándonos en que los contornos de la veta Mataballo tienden a unirse al Este; estos mismos contornos continúan también en la veta Vulcano. El centro u origen de estas soluciones podría estar ubicado en el intrusivo de la Virreyna.

El zoneamiento en la zona de las platas rojas de Reliquias es local y restringido a una franja pequeña superficial, no debe considerarse como representativo de toda la zona. Este zoneamiento es una aureola de plata exterior seguida por otras de Cu-Pb-Zn, hacia el interior. La superposición de mineralizaciones ha ocasionado algunas discrepancias en el zoneamiento, faltando más información en profundidad.

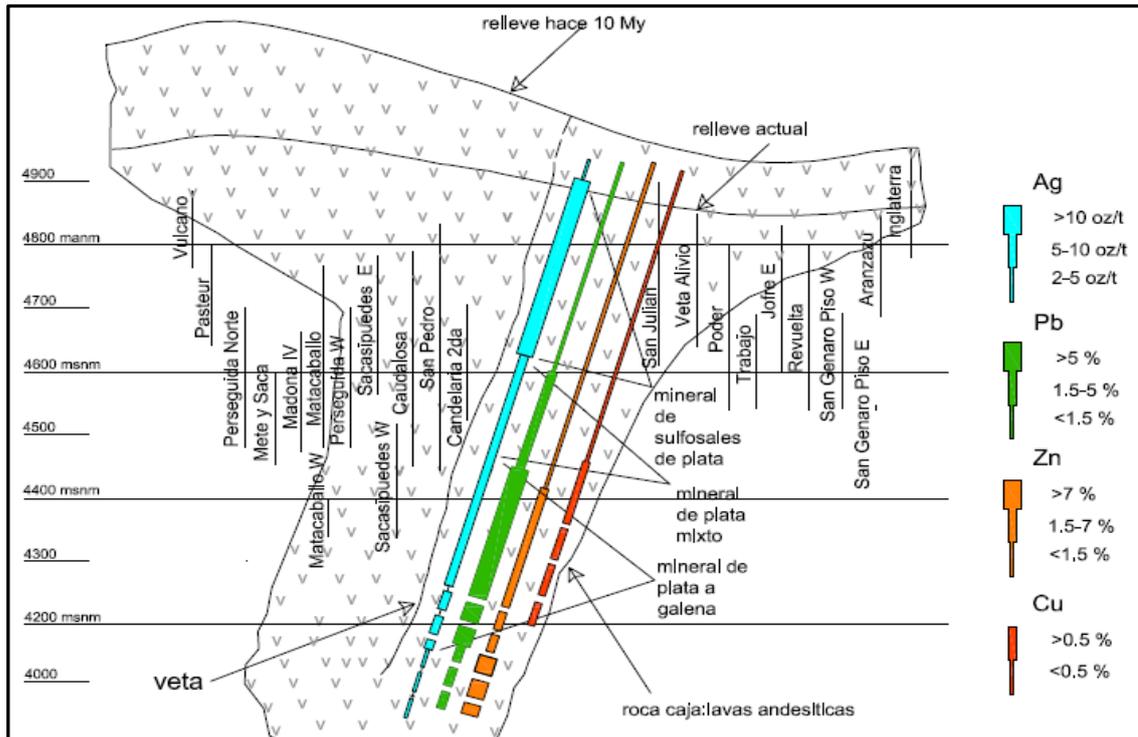


Figura 19.- Zoneamiento del yacimiento de Castrovirreyna

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

5.11 Controles de Mineralización

La mineralización de la zona de estudio en principal está ligada al control estructural y control litológico. Que determinan condiciones apropiadas para hospedar mineralización polimetálica.

5.11.1 Control Estructural

El control principal es estructural, con una fuerte componente E – W, de acuerdo a la posición de los 3 corredores estructurales:

- Candelaria – Caudalosa
- Sacaspuedes – Mataballo – Vulcano
- Perlas – Ytanayoc

La veta Vulcano es fuertemente ondulada se formó en un sistema de fallas sinistres dilatantes, con anastomosamiento, y de corto desplazamiento durante una fase

compresiva este-oeste del Mioceno superior. Estos datos de estrías junto con los ángulos de intersección y patrón de mapas, indican que la veta no se formó con un simple sistema de fracturas conjugadas. La interpretación preferida es que el crecimiento de las fracturas curvadas y las distribuciones complejas de deslizamiento se desarrollaron debido a un régimen de tensión que fue modificado por las fallas de propagación y segmento de vetas dilatantes durante la compresión regional de dirección este – oeste.

Estrías de fallas de orientación variable, perfiles de desplazamientos compuestos y múltiples escalas de curvatura de la veta son todos característicos de interacción de estrés, podría esperarse que vetas con estas características alberguen clavos mineralizados.

Las deflexiones de la falla Chonta, particularmente las que presentan orientación que va a generar desvíos del tipo *releasing bend*, pueden dar origen a estructuras del tipo *pull-apart*. El progresivo desarrollo de estas estructuras en que el trazado de la falla principal cree patrones anastomosados va a crear zonas de cizallamiento y se puede crear un conjunto de estructuras frágiles secundarias que podrían albergar mineralización del tipo veta.

La fracturación de la zona de Reliquias es una fracturación secundaria subordinada a la falla Chonta (320° de dirección) que es una estructura mayor primaria.

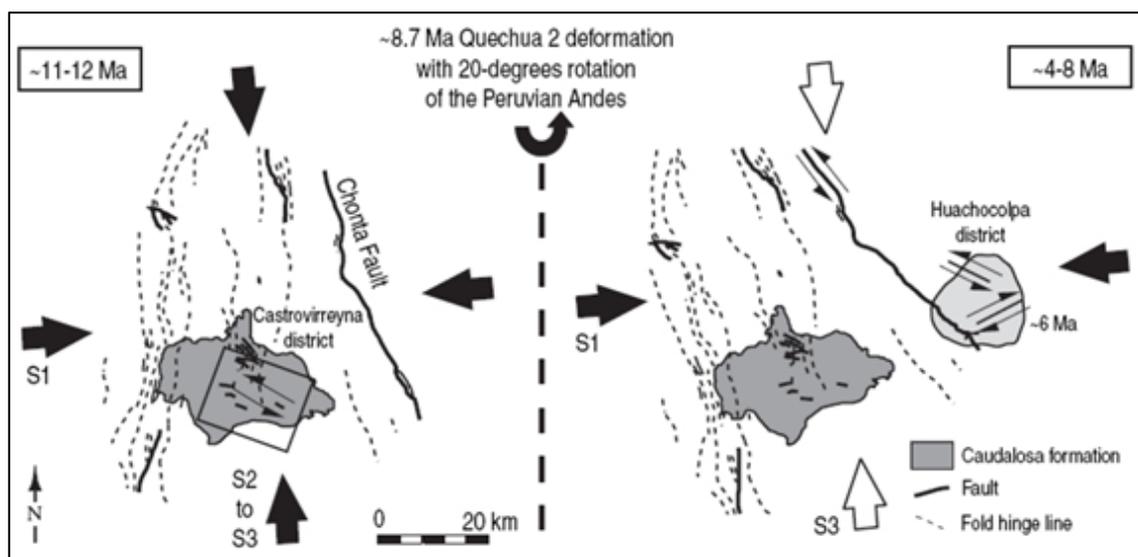


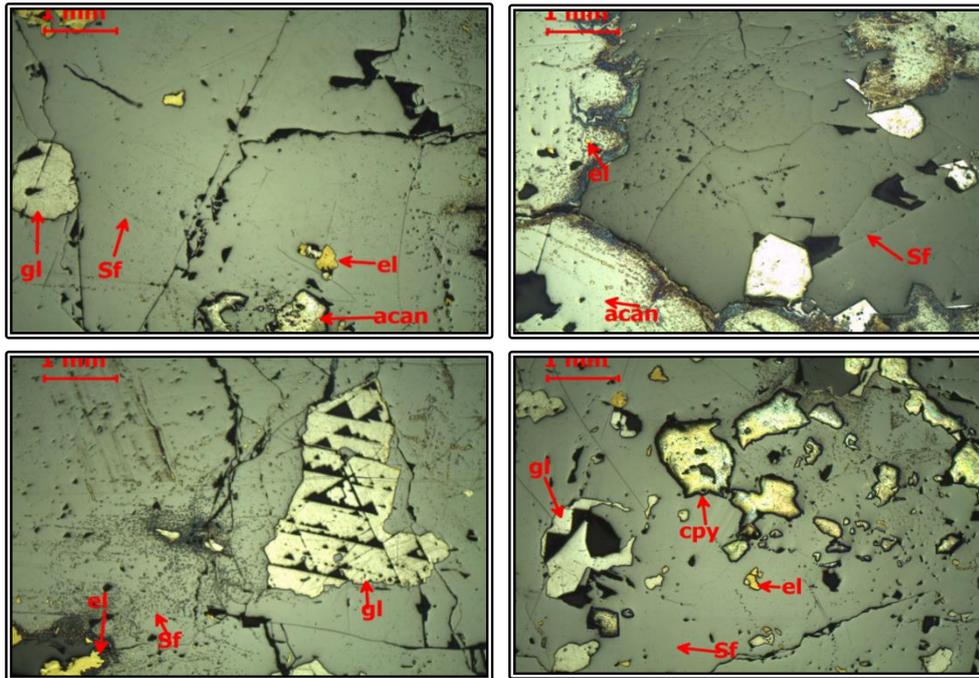
Figura 20.- Reconstrucción del Distrito de Castrovirreyna. (JAMES M. WISE).

5.11.2 Control Litológico

El control litológico es conformado por rocas del Mioceno Superior. La Formación Caudalosa, conformada principalmente por lavas de composición andesítica con niveles piroclásticos y algunos niveles de lavas basálticas, sobreyacen las tobas de Choclococha las cuales dieron una edad K-Ar de 12.2 ± 1.0 Ma y 12.3 ± 0.3 Ma. La edad límite superior de la Formación Caudalosa está definida por alunita hipógena datada en 11.1 ± 0.3 Ma.

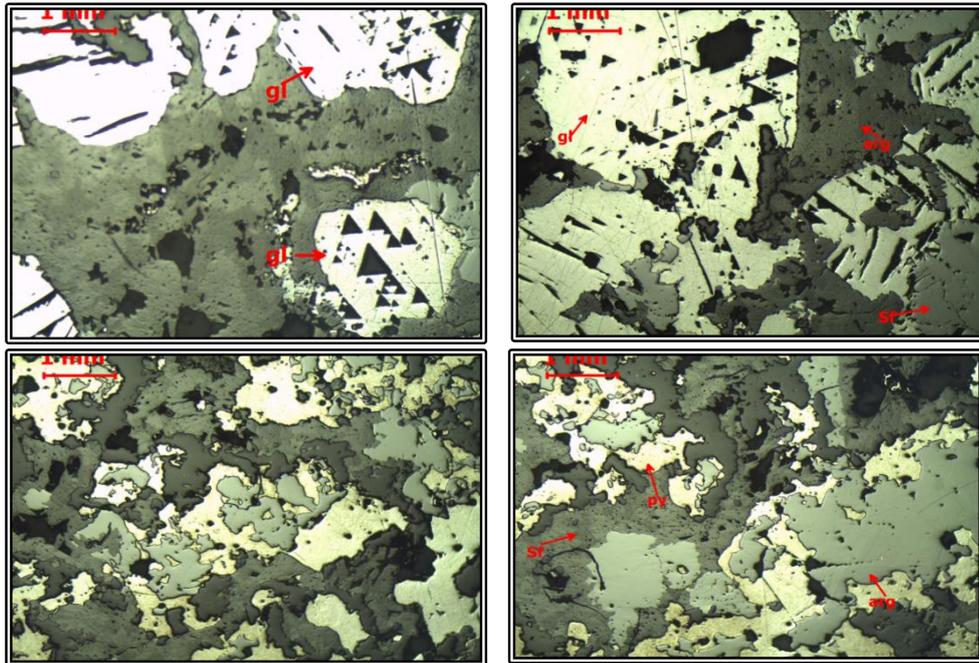
5.12 Estudio Mineragráfico

A continuación se muestran fotomicrografías, de secciones pulidas aplicadas a muestras de las galerías del Nv. 560-1, en ellas indican la típica mineralización que presenta la veta Vulcano:



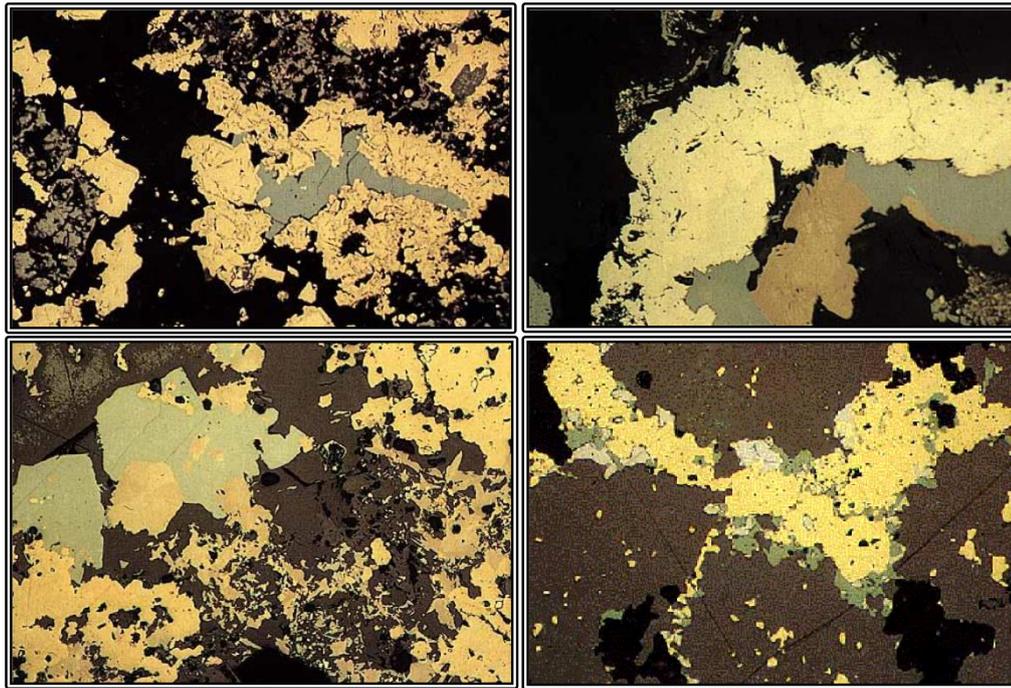
*Fotomicrografías 1.- Esfalerita con intercrecimientos de acantita y electrum
Fuente. (Análisis Laboratorio Mineralogía Óptica UNSA).*

La esfalerita (gris) forma agregados botroidales sobre la pirita mal cristalizada (amarilla brillante). Los cristales euhedrales de esfalerita (centro) tienen aspecto hexagonal. Los cristales gruesos de pirita son euhedrales y no están zonados, mientras que los cristales finos forman una veta de reflectancia más baja, orientada al noreste. La calcopirita (amarilla) está en intercrecimientos con pirita y bordeada por esfalerita. El cuarzo es gris oscuro, las áreas negras son hoyos resultantes del pulido. Bloque pulido, luz plana polarizada, x80, aire.



*Fotomicrografías 2.- Esfalerita con intercrecimientos de galena y argentita
Fuente. (Análisis Laboratorio Mineralogía Óptica UNSA).*

La galena (blanca, arriba) muestra los característicos hoyos triangulares (negros) originados por arranque de partículas a lo largo de su bien desarrollado clivaje (100). Está alterada y reemplazada por agregados rítmicos de cerusita (carbonato de plomo, gris clara) mostrando débil birreflectancia). Este es un excelente ejemplo de una textura en caries. Pequeños cristales de galena están totalmente pseudomorfoseados. Las áreas de color gris oscuro son fluoritas y las áreas negras son hoyos resultantes del pulido. Bloque pulido, luz polarizada plana, x80, aire.



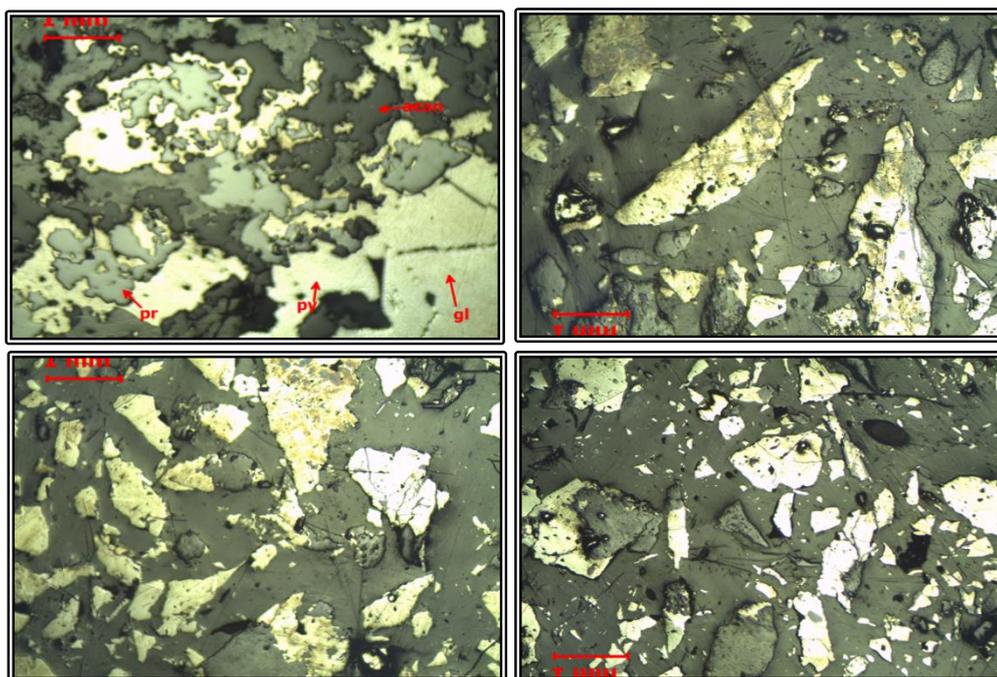
*Fotomicrografías 3.- Pirargirita, Proustita, Calcopirita
Fuente. (Análisis Laboratorio Mineralogía Óptica UNSA).*

La calcopirita (amarilla) muestra débiles diferencias de reflectancia debido a variaciones composicionales y encierra pequeños cristales de pirita (amarillo brillante). La pirargirita de grano grueso (azul) está en intercrecimiento con la argentopirita. Cantidades menores de acantita de grano fino (sulfuro de plata, azul a gris) están en intercrecimiento con la ganga de calcita (gris).

La tetraedrita alterada euhedral (gris clara) está bordeada por calcopirita. La pirargirita (azul, centro) ha rellenado un vacío entre cristales de calcopirita. Cantidades menores de pirita (amarilla pálida a blanca, alta reflectancia) se han alterado a limonita (gris) o forman pequeños agregados framboidales asociados con tetraedrita. La limonita (gris, arriba) es un pseudomorfo según pirita. El cuarzo es negro.

Los cristales grandes de esfalerita (grises) están separados por calcopirita en intercrecimiento (amarilla), galena (blanca) y tetraedrita (verde a azul). La tetraedrita y la galena forman anillos alrededor de la calcopirita.

Las áreas de color gris o rojizo débil en la esfalerita son debidas también a inclusiones submicroscópicas, probablemente de tetraedrita, que se sabe confiere a la esfalerita reflexiones internas rojas. Las áreas negras son ganga. Bloque pulido, luz polarizada plana, x160, aceite.



*Fotomicrografías 4.- Pirita-esfalerita y galena con pirargirita brechada
Fuente. (Análisis Laboratorio Mineralogía Óptica UNSA).*

5.13 Muestreo de Testigos

El método de perforación diamantina utilizado es el sistema “Wire and Line”, utilizándose equipos electro – hidráulicos, como la Diamec 262, LM – 75 y Long Year 38 – 44. Comúnmente se utilizan líneas de perforación HQ, NQ y BQ. Las recuperaciones mínimas de testigos de perforación exigidas son de 85%, utilizándose para maximizar estas recuperaciones, diversos aditivos.

Los testigos de perforación extraídos son almacenados en cajas acanaladas de polipropileno y se transportan al “Core Shack” en superficie.

El “Logueo” o estudio del testigo de perforación lo realiza el geólogo encargado del proyecto, el cual registra la siguiente información en la “Hoja de Logueo” (Log Sheet):

- a) Tramo perforado (corrida)
- b) Línea de perforación utilizada
- c) Recuperaciones
- d) R.Q.D.
- e) Litología (nomenclatura de colores)
- f) Alteraciones
- g) Mineralización
- h) Fracturamiento
- i) Gráfico
- j) Ensayes reportados

Luego se marcan los tramos a muestrear en base a las diferentes concentraciones de mineral y la litología que la contiene.

Para el muestreo, se parte el testigo longitudinalmente con una sierra eléctrica (petrotomo), tomándose el 50%, para la muestra y el otro 50% se almacena como archivo.

Los resultados del muestreo deberán de ser revisados y determinar si los ensayes reportados guardan relación respecto de los resultados esperados y si son correspondientes con lo observado en el testigo de perforación.

Se perforó con máquinas de modelos Diamec y Longyear y con líneas de tipo HQ, NQ, BQ, utilizando como caising en los primeros metros HWT, debido a la presencia de cuaternarios coluviales. Las perforaciones tuvieron buena recuperación de testigos entre el 99%, excepto en zonas de fallas, zonas de cizalla, donde el núcleo recuperado es perceptiblemente fracturado.

En esta campaña se llegaron a perforar 4883.70 m.

5.13.1 Medición de Pozos

Culminados los sondajes se procedió a la toma de medida de azimuts y ángulos respectivos cada 60 metros en promedio; con REFLEX modelo EZ TRAC.

5.13.2 Logueo

Los testigos fueron registrados detalladamente para la información geológica, estructural y geotécnica, incluyendo RQD y recuperación principal.

Para tener mejores datos, el Logueo geológico y geotécnico se realizó siguiendo los estándares de muestreo y Logueo en el coreshack de la minera.

5.14 Control de Calidad en Muestras de Testigos de Perforación

5.14.1 Análisis de Resultados de Laboratorio

Para el análisis de resultado de las muestras después del tratamiento realizado en el laboratorio se utilizó gráficos generados por el software Excel 2013.

Cuadro 10. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-06-11

Tramo 2	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
	1498	106.30	107.60	1.30	7.84	0.53	0.54	0.02	0.73	3.90
	Promedios			1.30	7.84	0.53	0.54	0.02	0.73	3.90
	Error de muestreo - 10%				7.06	0.48	0.49	0.01	0.66	3.51

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 11. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-05-11

Tramo 1	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)
	1443	159.10	159.90	0.80	0.35	0.03	0.31	0.01	0.33
	1444	159.90	160.60	0.70	23.57	4.54	2.39	0.14	3.31
	1445	160.60	161.55	0.95	0.22	0.04	0.12	0.01	0.15
	Promedios			2.45	6.93	1.32	0.83	0.05	1.11
	Error de muestreo - 10%			0.26	6.24	1.19	0.75	0.04	1.00

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 12. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-07-11

Tramo 1	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
	1585	82.00	82.70	0.70	1.07	0.02	0.02	0.00	0.06	4.49
	1587	82.70	84.00	1.30	0.38	0.00	0.01	0.00	0.03	4.56
	1559	84.00	85.20	1.20	6.29		0.14	0.01	0.03	4.85
	1560	85.20	86.10	0.90	16.63		0.29	0.05	0.61	7.05
	1562	86.10	87.10	1.00	19.94		0.59	0.06	0.96	6.99
	1563	87.10	88.00	0.90	2.47		0.19	0.02	0.29	5.17
	1564	88.00	89.10	1.10	4.58		0.07	0.01	0.12	3.10
	1565	89.10	90.20	1.10	2.19		0.41	0.05	0.65	5.30
	Promedios			8.20	6.51	0.00	0.21	0.03	0.33	5.14
	Error de muestreo - 10%			6.21	5.86	0.00	0.19	0.02	0.30	4.62

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 13. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-08-11

Tramo 1	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
	1600	93.00	93.80	0.80	3.30	0.78	0.69	0.01	0.93	4.12
	Promedios			0.80	3.30	0.78	0.69	0.01	0.93	4.12
	Error de muestreo - 10%			0.56	2.97	0.70	0.62	0.01	0.84	3.70

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 14. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-11-11

Tramo 1	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
	1710	184.60	185.05	0.45	15.31		0.43	0.07	0.46	2.48
	1711	185.05	185.65	0.60	49.91		2.14	1.02	1.60	3.88
	1712	187.90	188.70	0.80	9.25		0.60	1.16	1.14	9.58
	1713	188.70	189.30	0.60	5.60		0.60	0.18	1.33	9.82
	1714	189.30	189.85	0.55	6.01		1.84	0.95	2.54	2.73
	1717	189.85	190.60	0.75	4.12		1.56	0.72	1.98	3.16
	Promedios			3.75	14.40		1.20	0.73	1.54	5.57
	Error de muestreo - 10%			2.04	12.96		1.08	0.66	1.38	5.01

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 15. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-MA-12-11

Tramo 1	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (Gr)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
	2075	148.55	149.65	1.10	1.56		0.48	0.12	0.70	3.98
	2076	149.65	150.70	1.05	3.91		1.96	0.14	2.69	2.12
	Promedios			2.15	2.71		1.21	0.13	1.67	3.07
	Error de muestreo - 10%			1.14	2.44		1.09	0.12	1.51	2.77

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 16. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-VU-02-500-12

Tramo	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Au (Gr)	Ag (Oz)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)
8	7233	169.95	171.10	1.15	0.23	2.25	0.07	0.16	0.43	4.03
	7234	171.10	173.80	2.70	0.21	0.93	0.03	0.60	1.32	2.69
	Promedios				3.85	0.21	1.33	0.04	0.47	1.05
Error de muestreo - 10%				2.20	0.19	1.19	0.04	0.42	0.95	2.78

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 17. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-VU-05-2012

Tramo	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (G)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	Observ.
1	2202	26.05	26.85	0.80	1.76		1.20	0.02	0.85	4.35	Veta
	2203	26.85	27.85	1.00	0.95		0.33	0.16	0.50	0.45	Veta
	2204	27.85	28.50	0.65	2.32		1.26	0.09	0.98	2.58	Veta
	2205	28.50	29.15	0.65	2.76		7.49	0.13	12.21	1.32	Veta
	2206	29.15	29.75	0.60	4.60		7.00	0.27	12.62	2.62	Veta
	2207	29.75	30.30	0.55	1.19		1.35	0.05	2.03	3.47	Caja
Promedios				4.25	2.14	0.00	2.80	0.12	4.34	2.34	

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

Cuadro 18. Análisis Geoquímico del Sondaje DDH-VU-04-2012

Tramo	Nº Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Ancho (m)	Ag (Oz)	Au (G)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	Observ.
3	979	26.15	27.40	1.25	1.16		0.43	0.01	0.62	2.49	Caja
	981	27.40	28.90	1.50	1.04		0.59	0.02	1.05	3.22	Caja
	982	28.90	29.45	0.55	1.13		1.10	0.02	1.46	2.60	Caja
	983	29.45	30.15	0.70	30.21		1.14	1.05	1.12	1.83	Veta
	984	30.15	31.25	1.10	9.66		1.54	0.35	2.52	2.02	Veta
Promedios				5.10	6.94	0.00	0.89	0.23	1.31	2.53	

Fuente. (Cía. Minera Castrovirreyna)

5.15 Modelamiento

Por medio de los estudios realizados de los trabajos de perforación diamantina, el resultado de los análisis de muestras de testigos y los estudios de geología de campo, se confecciono un modelo de cuerpo mineralizado.

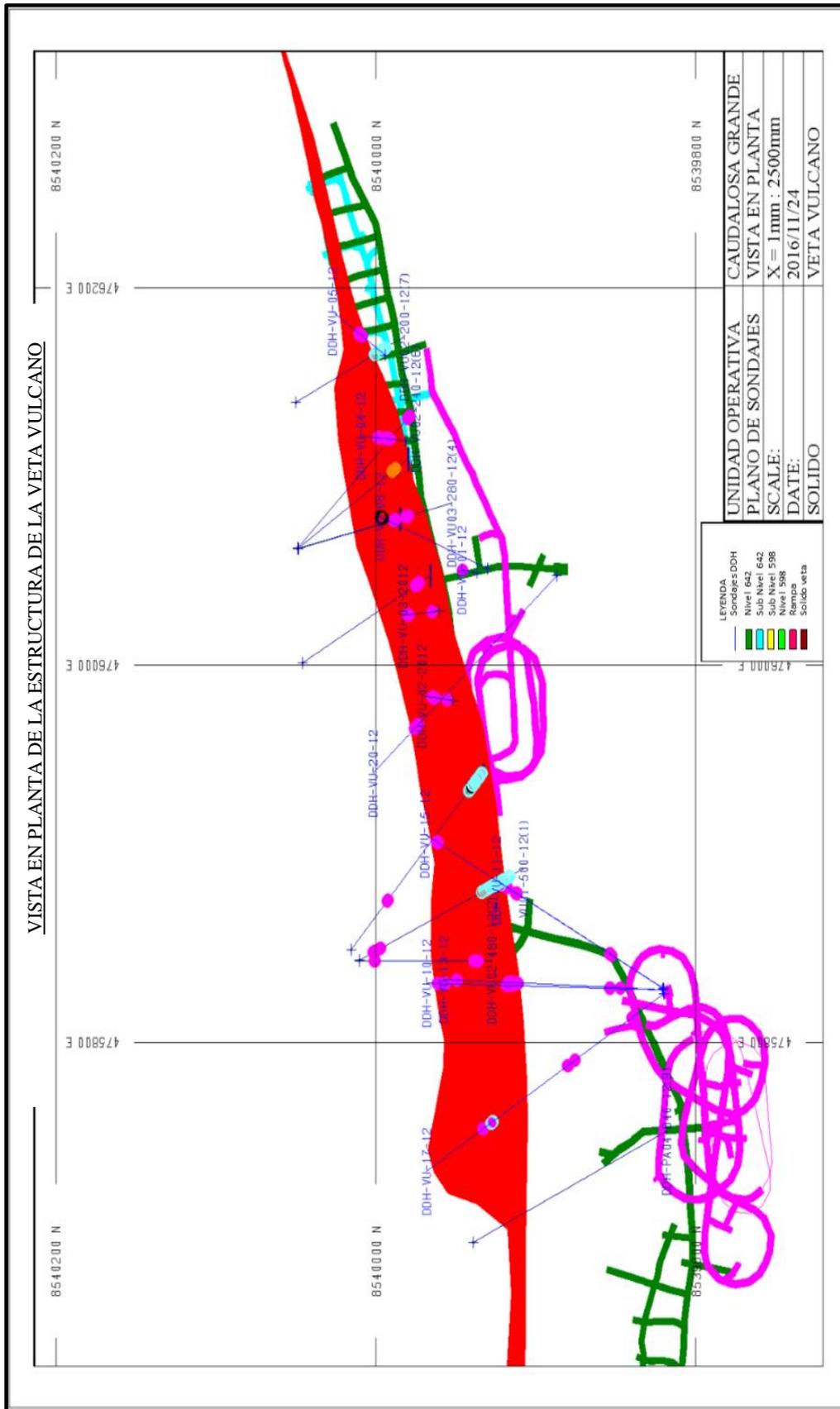


Figura 21.- Plano en Planta de la Estructura Mineralizada veta Vulcano
Fuente. (Elaboración Propia).

5.16 Secciones Transversales Veta Vulcano

A continuación mostramos los más importantes sondajes diseñados con el software Mine Sigh.

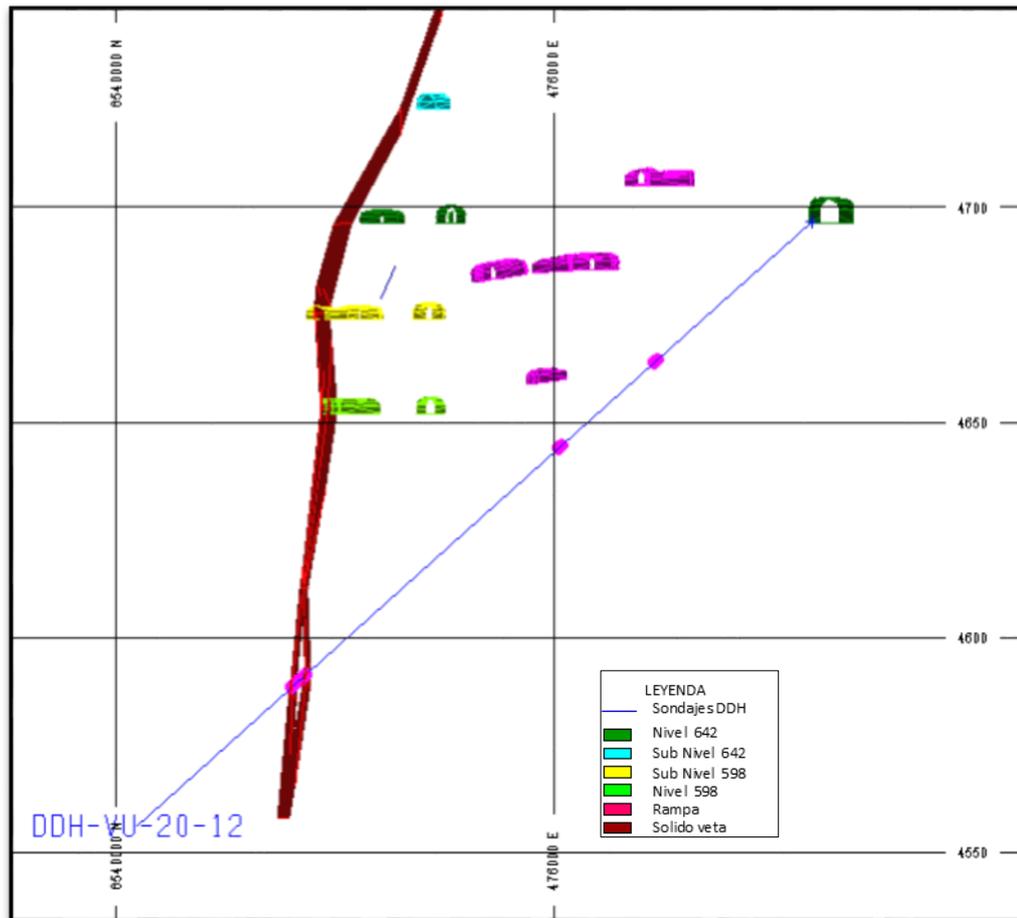


Figura 23.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-20-12
Fuente. (Elaboración Propia).

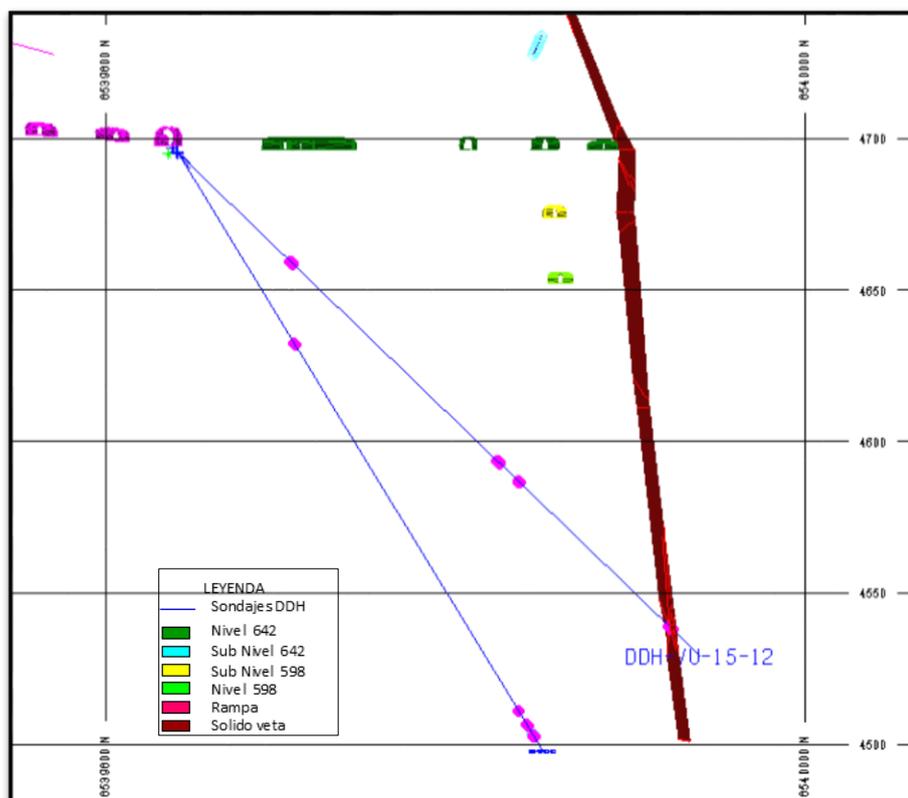


Figura 24.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-15-12
Fuente. (Elaboración Propia).

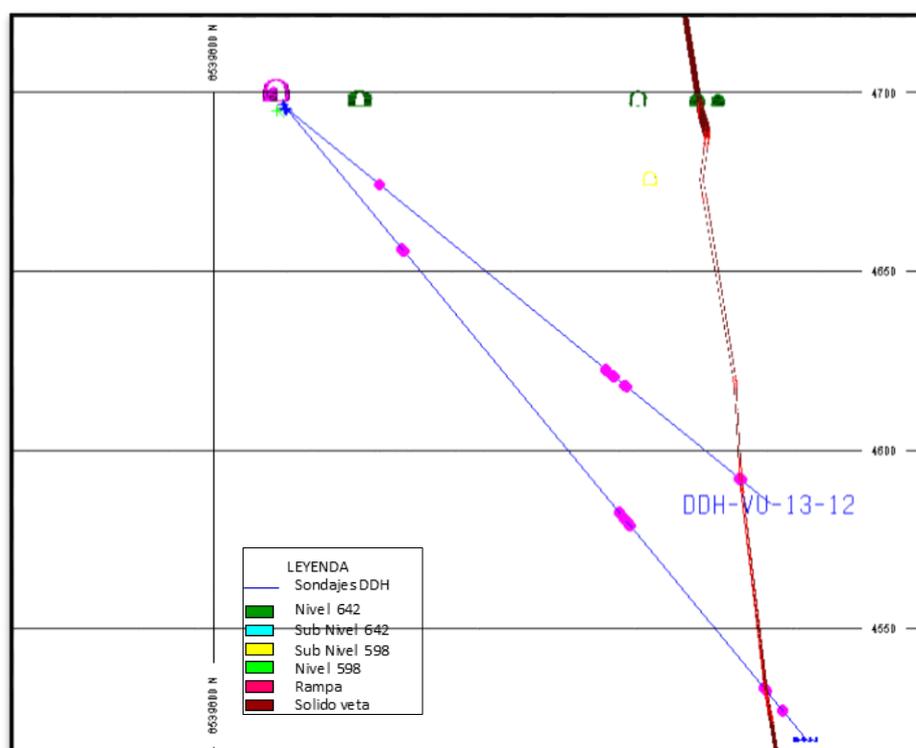


Figura 25.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-13-12
Fuente. (Elaboración Propia).

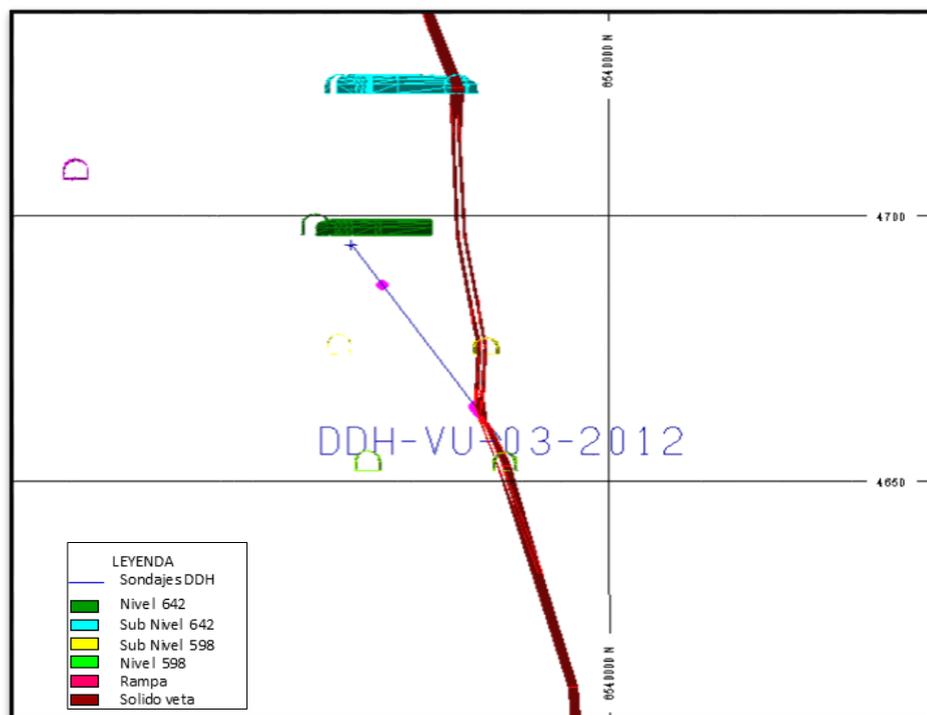


Figura 26.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-03-12
Fuente. (Elaboración Propia).

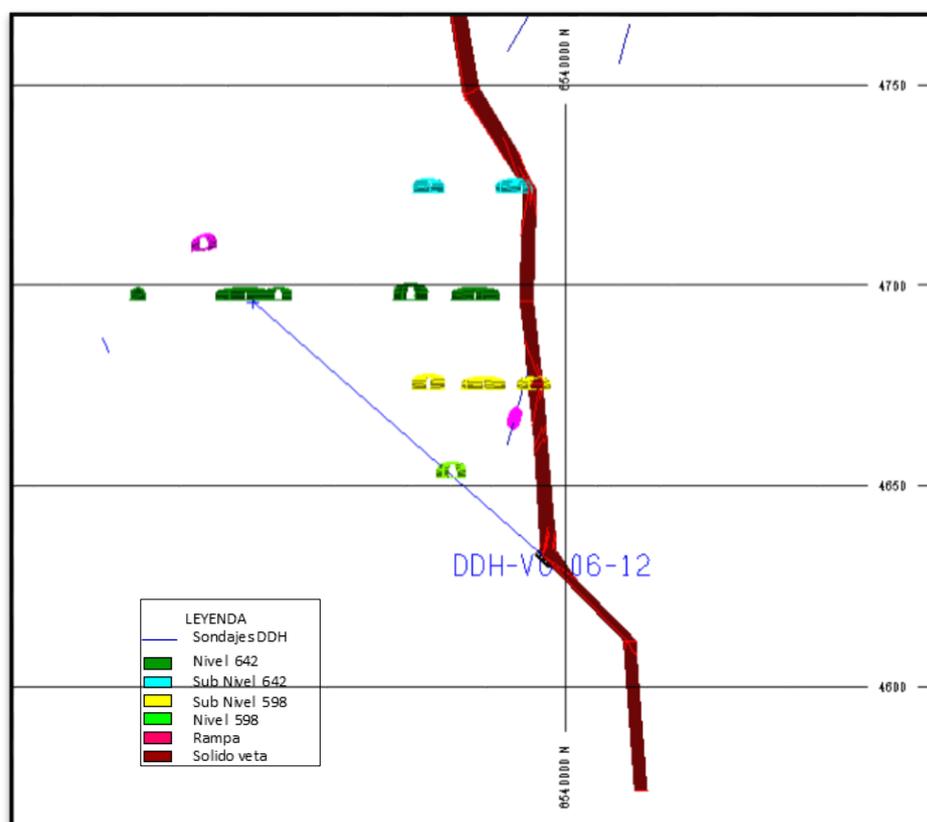


Figura 27.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-06-12
Fuente. (Elaboración Propia).

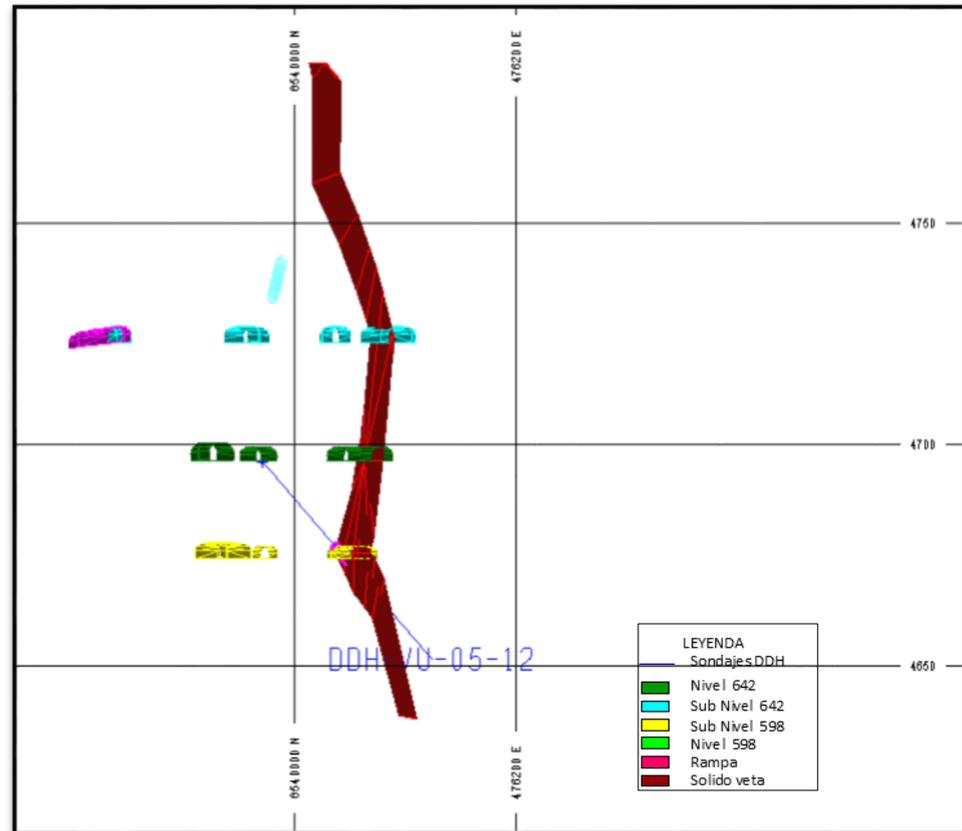


Figura 28.- Sección Transversal del Sondaje DDH-VU-05-12
Fuente. (Elaboración Propia).

5.17 Sondajes Ejecutados sobre la Veta Vulcano

Cuadro 19. DDH ejecutados Veta Vulcano

Sondaje	COLLAR						Long. Perf. (m)
	EJECUTADO		EJECUTADO		EJECUTADO		
	Este	Norte	Norte	Cota (msnm)	Dirección	Inclinación (°)	
DDH-MA-02-12	475,847.81	8,540,014.37	8,539,936.06	4,861.15	S 37 E	-39°	125.00
DDH-VUL-01-2012	476,049.06	8,539,936.06	8,539,955.93	4,696.00	N 09° E	-37°	11.90
DDH-VU-02-2013	475,981.52	8,540,010.18	8,539,955.93	4,694.00	N 08° E	-55	50.00
DDH-VU02-480-12(2)	475,843.18	8,540,010.18	8,539,955.93	4,862.88	N 19 E	-48	110.00
DDH-VU03-280-12(4)	476,061.87	8,540,048.56	8,539,955.93	4,849.11	N 24 W	-42	150.00
DDH-VU02-260-12(5)	476,061.76	8,540,048.57	8,539,955.93	4,848.82	N 36 E	-51	149.00
DDH-VU02-240-12(6)	476,062.12	8,540,048.68	8,539,955.93	4,848.55	N 26 W	-54	174.75
DDH-VU02-200-12(7)	476,139.37	8,540,049.74	8,539,955.93	4,848.40	S 28° E	-62°	152.10
DDH-VU01-2012	476,049.06	8,539,936.82	8,539,955.93	4,696.00	N 9° E	-37°	75.00
DDH-VU02-2012	475,981.52	8,539,955.93	8,539,955.93	4,694.00	N 8° E	-55°	50.00
DDH-VU03-2012	475,981.52	8,539,955.93	8,539,955.93	4,694.00	N 6° W	-58°	50.00
DDH-VU04-2012	476,119.21	8,539,981.07	8,539,955.93	4,696.00	N 5° E	-56°	50.00
DDH-VU05-2012	476,164.40	8,539,994.18	8,539,955.93	4,696.00	N 36° E	-48°	60.00
DDH-VU06-2012	477,583.09	85400126,63	85400126,63	4,696.00	N 16 E	-52°	165.00
DDH-VU04-280-12(8)	476,061.88	8,540,048.45	8,539,955.93	4,848.81	N 14 W	-50°	186.00
DDH-DCC-06-09	479,572.49	8,539,502.63	8,539,955.93	4,849.00	N10° W	-40	135.30
DDH-MA-05-11	475,951.12	8,540,004.47	8,540,004.47	4,853.68	S 29° E	-72°	200.00
DDH-MA-06-11	475,949.32	8,540,003.07	8,540,003.07	4,853.96	S 04° W	-50°	151.40
DDH-MA-07-11	476,027.97	8,540,015.78	8,540,015.78	4,850.04	S 02° W	-51°	194.60
DDH-MA-08-11	476,029.01	8,540,015.97	8,540,015.97	4,849.98	S 42° E	-45°	121.00
DDH-MA-11-11	475,847.06	8,540,015.69	8,540,015.69	4,862.52	S 22° E	-58°	200.60
DDH-MA-12-11	475,845.84	8,540,016.01	8,540,016.01	4,862.30	S 10° W	-58°	146.75

Fuente. (Elaboración Propia)

5.18 Cuadros Tonelaje y Leyes de Reservas y Recursos

Cuadro 20. Reservas Probadas + Probables

RESERVA	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
PROBADO	33,170	1.35	1.41	5.37	0.435	1.22	0.90	1.76	7.88
PROBABLE	22,060	1.31	1.37	5.44	0.421	1.28	0.95	2.57	8.31
TOTAL	55,230	1.33	1.39	5.40	0.429	1.24	0.92	2.08	8.05

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 21. Recurso Medido + Indicado

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
MEDIDO	5,550	1.18	1.18	2.16	0.447	0.69	0.00	1.27	4.11
INDICADO	27,610	1.11	1.11	8.56	0.291	1.68	0.00	1.80	11.30
TOTAL	33,160	1.12	1.12	7.49	0.317	1.51	0.00	1.71	10.10

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 22. Recurso Inferido

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
INFERIDO	27,610	1.34	1.34	4.68	0.415	1.20	0.99	2.17	7.39
TOTAL	27,610	1.34	1.34	4.68	0.415	1.20	0.99	2.17	7.39

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 23. Recurso Mineral Roto (Relleno Mineralizado)

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
R. MINERAL ROTO	87,090	1.70	1.80	4.68	0.322	0.54	0.11	0.76	6.06
TOTAL	87,090	1.70	1.80	4.68	0.322	0.54	0.11	0.76	6.06

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 24. Recurso Potencial

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
POTENCIAL	336,240	1.37	1.44	3.72	0.410	1.39	0.08	2.79	6.83
TOTAL	336,240	1.37	1.44	3.72	0.410	1.39	0.08	2.79	6.83

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 25. Reserva Probada por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
642	965	2,830	0.93	1.00	9.70	0.428	1.51		1.58	12.45
560	966	7,010	1.75	1.80	8.48	0.447	0.10		0.18	9.46
560	969	1,790	1.39	1.45	3.25	0.441	1.38			5.25
560	970	1,440	1.40	1.45	6.64	0.460	1.33			8.63
560	973	6,490	1.66	1.68	3.61	0.454	0.98		1.52	5.92
560	974	700	2.33	2.40	3.68	0.446	2.17		2.41	7.37
560	977	1,040	1.02	1.05	4.49	0.447	1.39		1.31	7.06
520	980	3,480	0.46	0.60	4.45	0.354	1.02		1.92	6.78
520	986	3,270	1.20	1.25	4.28	0.441	3.09	0.90	4.24	9.52
520	989	3,890	1.23	1.30	3.26	0.434	1.55		2.66	6.50
520	1001	1,230	1.25	1.30	2.48	0.442	1.62		2.51	5.74
TOTAL		33,170	1.35	1.41	5.37	0.43	1.22	0.90	1.59	7.88

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 26. Reserva Probable por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
560	967	7,010	1.75	1.80	8.48	0.447	0.10		2.09	10.26
560	971	1,440	1.40	1.45	6.64	0.460	1.33			8.63
560	975	700	2.33	2.40	3.68	0.446	2.17		2.41	7.37
560	978	1,040	1.02	1.05	4.49	0.447	1.39		1.31	7.06
520	981	3,480	0.46	0.60	4.45	0.354	1.02		1.92	6.78
520	987	3,270	1.20	1.25	4.06	0.419	3.24	0.95	4.45	9.48
520	990	3,890	1.23	1.30	3.09	0.412	1.63		2.79	6.42
520	1002	1,230	1.25	1.30	2.36	0.420	1.70		2.64	5.70
TOTAL		22,060	1.31	1.37	5.44	0.421	1.28	0.95	2.40	8.31

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 27. Recurso Medido por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
520	983	2,480	1.15	1.15	2.11	0.460	0.70		1.51	4.19
520	992	860	1.15	1.15	2.17	0.439	0.68		0.97	3.97
520	995	600	0.65	0.65	2.02	0.427	0.84		1.21	4.03
520	998	1,610	1.45	1.45	2.30	0.440	0.63		1.09	4.11
TOTAL		5,550	1.18	1.18	2.16	0.447	0.69	0.00	1.27	4.11

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 28. Recurso Indicado por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
710	964	12,220	1.45	1.45	15.36	0.460	0.26		0.39	16.59
520	984	2,480	1.15	1.15	2.00	0.460	0.74		1.58	4.14
520	993	860	1.15	1.15	2.06	0.417	0.72		1.02	3.87
520	996	600	0.65	0.65	1.92	0.406	0.88		1.27	3.95
520	999	1,610	1.45	1.45	2.19	0.418	0.66		1.15	4.01
520	1004	8,820	0.67	0.67	4.01		3.77		3.86	8.87
520	1005	1,020	0.36	0.36	1.92		5.78		3.50	8.37
TOTAL		27,610	1.11	1.11	8.56	0.291	1.68	0.00	1.80	11.30

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 29. Recurso Inferido por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
560	968	7,010	1.80	1.80	8.48	0.447	0.10		1.77	10.12
560	972	1,440	1.45	1.45	6.64	0.460	1.33			8.63
560	976	700	2.40	2.40	3.68	0.446	2.17		2.41	7.37
560	979	1,040	1.05	1.05	4.49	0.447	1.39		1.31	7.06
520	982	3,480	0.60	0.60	4.45	0.354	1.02		1.92	6.78
520	985	2,480	1.15	1.15	1.89	0.460	0.77		1.65	4.09
520	988	3,270	1.25	1.25	3.85	0.397	3.40	0.99	4.66	9.46
520	991	3,890	1.30	1.30	2.93	0.390	1.70		2.93	6.33
520	994	860	1.15	1.15	1.95	0.395	0.75		1.07	3.77
520	997	600	0.65	0.65	1.82	0.384	0.92		1.33	3.87
520	1000	1,610	1.45	1.45	2.07	0.396	0.69		1.20	3.89
520	1003	1,230	1.30	1.30	2.23	0.398	1.78		2.76	5.65
TOTAL		27,610	1.34	1.34	4.68	0.415	1.20	0.99	2.17	7.39

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 30. Recurso Mineral Roto (Relleno Mineralizado) por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
710	1006	53,070	1.70	1.80	5.08	0.359	0.52	0.11	0.76	6.51
560	1007	34,020	1.70	1.80	4.06	0.264	0.57	0.11	0.76	5.35
TOTAL		87,090	1.70	1.80	4.68	0.322	0.54	0.11	0.76	6.06

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 31. Recurso Potencial por Bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
390	V	336,240	1.37	1.44	3.72	0.410	1.39	0.08	2.79	6.83
TOTAL		336,240	1.37	1.44	3.72	0.410	1.39	0.08	2.79	6.83

Fuente. (Elaboración Propia)

Cuadro 32. Cuadro Resumen

RECURSO	tms	ancho veta (m)	ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
PROBADO	33,170.00	1.35	1.41	5.37	0.435	1.22	0.09	1.59	7.88
PROBABLE	22,060.00	1.31	1.37	5.44	0.421	1.28	0.14	2.4	8.31
MEDIDO	5,550.00	1.18	1.28	2.16	0.447	0.69	0.11	1.27	4.11
INDICADO	27,610.00	1.11	1.2	8.56	0.291	1.68	0.1	1.8	11.3
INFERIDO	27,610.00	1.34	1.4	4.68	0.415	1.2	0.12	2.17	7.39
MMINERAL ROTO	87,090.00	1.7	1.8	4.68	0.322	0.54	0.11	0.76	6.06
TOTAL	203,090.00	1.33	1.41	5.33	0.36	0.98	0.11	1.42	7.44

Fuente. (Elaboración Propia)

CONCLUSIONES

1. El estudio de Microscopia de opacos. Determinó una característica singular en esta veta Vulcano, la cual dio como resultado la siguiente secuencia paragenética: Cuarzo-Pirita-Barita-Tetraedrita-Calcopirita-Galena-Carbonatos-Argentita-Esfalerita – Pirargirita-Proustita.
2. El estudio nos indica que existe, un zoneamiento vertical hacia el SE con el incremento de un 25% en los valores de Ag, Au y una disminución del 5% del valor de Pb, Zn, lo cual favorece en el incremento de reservas en la cubicación.
3. Por debajo de la cota 4600 los valores de Pb y Zn se incrementan en un 35% típico de los yacimientos Epitermales de baja sulfuración.
4. Una cubicación integral considerando reservas probadas y probables, es de 55,230.00 de TM. 5.40 Ag. Oz/TM., 0.43 Au. Gr/TM., 1.24 %Pb., 1.91 % Zn. 8.05 Ag Eq.
5. Considerando además la cubicación reservas medidas, indicadas, inferidas y relleno (recurso mineral roto) es de **203,090.00** de TM. 5.33, Ag. Oz/TM., 0.36 Au. Gr/TM., 0.98 %Pb., 1.42 % Zn. 7.44 Ag Eq.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar los estudios petrográficos con muestras de superficie y de perforación diamantina, con el fin de determinar con mayor certeza los estilos de mineralización existentes y aumentar la confiabilidad de tipos de rocas encontrados en el yacimiento.
2. Efectuar estudios geofísicos para poder determinar zonas anómalas de mineral al W de la veta Vulcano para ver la continuación de la mineralización.
3. Realizar estudios de dataciones radiométricas en los diferentes tipos de cuarzo, para datar la edad de la mineralización.
4. Se recomienda hacer una correlación de los isovalores con inclusiones fluidas para establecer el grado de desmantelamiento.
5. También se recomienda realizar el estudio de Zoneamiento en las principales vetas.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Albinson, F.T.T., 1988, Geologic reconstruction of paleosurfaces in the Sombrerete, Colorada, and Fresnillo districts, Zacatecas state, Mexico: *Economic Geology*, v. 83, p. 1647–1667.
- 2) Arenas M., Noble D.C. 1975, Cronología del Volcánico Terciario y Mineralización del Distrito de Huachocolpa – Julcani, *Economic Geology* N° 70, pp.388-390.
- 3) Assumpçao, M., 1992, The regional intraplate stress field in South America: *Journal of Geophysical Research*, v. 97, p. 11,889–11,903.
- 4) Bateman, Alan M. (1982): *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico*. Editorial Omega. Barcelona. España. 5ta Edición. 987 pág.
- 5) Benavides-Cáceres, V., 1999, Orogenic evolution of the Peruvian Andes: The Andean cycle: *Society of Economic Geologists Special Publication no. 7*, p. 61–107
- 6) Benavides, J. 1983., *Alteración y Mineralización en un Sector del Distrito Minero de Julcani.*, *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.*, N° 72,pp. 99-110
- 7) Davison, I., 1994, Linked fault systems; extension, strike-slip, and contractional, in Hancock, P.L., ed., *Continental deformation*: New York, Pergamon, p. 121–142.
- 8) Govett G.J.S , 1983 , *Rock Geochemistry in Mineral Exploration*, Volume 3 , Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York
- 9) Hanks H.E. y Webb J.S., 1962 , *Geochemistry in Mineral Exploration.*, Harper&Row Publishers New York and Evanston
- 10) Holdridge, L. R. 1947. «Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data». *Science* Vol 105 No. 2727: 367-368
- 11) Injoque, J., Valdivia, J., Garcia, L., Caballero, A., Osorio, J., Romel, M., Oscar, M., And Gamarra, L., 1994, *Geología del distrito minero de Huachocolpa: Publicación Especial VIII, Congreso de Geología, Tomo I, Lima, Peru, July 20–22, 1994, Extended Abstracts*, p. 10–15

- 12) Jamez M., Departamento of geological Sciences, University of Nevada – Reno, 89557
- 13) Lewis, R.W., 1956, Geology and mineralogy of the Castrovirreyna mining district, Huancavelica: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 30, p. 217–224
- 14) Lewis, R.W., JR., 1964, The geology, mineralogy, and paragenesis of the Castrovirreyna lead-zinc-silver deposits, Perú: U.S. Geological Survey Open-File Report 64–726, 265 p.
- 15) Macedo-Sánchez, O., Surmont, J., Kissel, C., Mitouard, P., And Laj, C., 1992, Late Cainozoic rotation of the Peruvian Western cordillera and uplift of the central Andes: Tectonophysics, v. 205, p. 65–71.
- 16) Masías, A., 1929, Geología de la región minera de Castrovirreyna: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 3, p. 64–81.
- 17) Mayta O, Herrera J., 1987., Otros Lineamientos Estructurales Mineralizados en Julcani-Huancavelica- Peru, VI Congreso de Geología.
- 18) Mckinstry, H.E., 1948, Mining geology: New York, Prentice-Hall, 680 p
- 19) Mégard, F., Noble, D.C., Mckee, E.H., And Bellon, H., 1984, Multiple pulses of Neogene compressive deformation in the Ayacucho intermontane basin, Andes of central Peru: Geological Society of America Bulletin, v. 95, p. 1108–1117
- 20) Morche W. Y Larico Washington, Setiembre de 1996, Geología del Cuadrángulo de Huancavelica, Boletín N° 73 hoja 26-n, pp. 21-102.
- 21) Noble D., 2001, Comments on the Mineral Potencial at Depth in the Central Part of the Julcani District., Memorandum ., Informe CMBSAA.
- 22) Noble D., Silberman M., 1984., Evolución Volcánica e Hidrotermal y Cronología de K – Ar del Distrito Minero de Julcani, Perú., Boletín Sociedad Geológica del Perú – Volumen Jubilar LX Aniversario. Homenaje Dr. George Petersen, Fasc. 5, pp 1-35.

- 23) Noble Donald, Vidal Cesar, 1990 , Association of Silver with Mercury, Arsenic, Antimony and carbonaceous material at the Huancavelica District , Peru , , Economic Geology Vol 85, 1990 , pp. 1645-1650.
- 24) Sawkins, F.J., and Rye, R.O., 1974, Fluid-inclusion and stable isotope studies indicating mixing of magmatic and meteoric waters, Caudalosa silver deposit,
- 25) Noble, D.C., and Silberman, M.L., 1984, Evolución volcánica e hidrotermal y cronología de K-Ar del distrito minero de Julcani: Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar, LX Aniversario, Homenaje al Dr. George Petersen, Fasc. 5, 35 p.
- 26) L; Navarro, P. (2002). Mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Castrovirreyna.
- 27) Paredes, P.,J., And Benavides, Q.,A., 1977, Tectonica de fractura y mineralizacion del distrito de Huachocolpa (Andes centrales del Perú): Congress on Latin American Geology, 2nd, Venezuela Bulletin of Geology Special Publication no. 7, v. 4, p. 2521–2531
- 28) Reyes, 1991 En Campubrí, (2006). Criterios para la exploración minera mediante microtermometría de inclusiones fluidas.
- 29) Salazar, H., And Landa, C., 1993, Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantará, y Castrovirreyna: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú, Boletín no. 73, 172 p.
- 30) Sillitoe, 1977 En Campubrí Y Otros, 2006 Depositos Epitermales de baja sulfuración
- 31) Smirnov (1976). Regional stratigraphic scheme of Neogene formations of the Central of Peru
- 32) Villanueva R., abril de 2001, Estadísticas Aplicadas y análisis Factorial, Folleto Recursos Naturales Medio Ambiente SRL, N° 01, pp.4-79
- 33) Wise, J.M., and Noble, D.C., 2001, La Falla Chonta del Peru central: Una falla inversa con reactivación de rumbo sinistral respondiendo a un cambio de la

oblicuidad relativa de convergencia de las placas tectónicas: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 92, p. 29–41.

.PAGINAS WEB CONSULTADAS

- ✓ <http://www.buenaventura.com.pe> (Compañía de Minas Buenaventura S.A.A)
- ✓ <http://www.peru.com> (Información por Departamentos –Huancavelica)
- ✓ <http://biblioteca.unmsm.edu.pe> (Biblioteca de la Univ. Mayor de San Marcos Perú)
- ✓ <http://www.ingemmet.com.pe> (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú)
- ✓ <http://peru.travelguia.net/la-ruta-de-huancavelica.html>
- ✓ (<http://paramitarea.blogspot.pe/2013/10/mapa-de-huancavelica-perfil-hidrografico.html>)

ANEXOS