

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



“GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL YACIMIENTO MINERO AURÍFERO MINA ORIÓN, CHALA-AREQUIPA”

TESIS

PRESENTADA POR:

JUAN EDWIN CHARA CHAMBI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

Puno-Perú

2017

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

**“GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL YACIMIENTO MINERO
AURÍFERO MINA ORIÓN, CHALA-AREQUIPA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

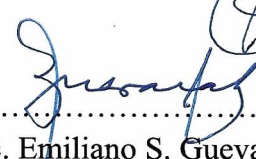
JUAN EDWIN CHARA CHAMBI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADA POR :

PRESIDENTE:


.....
M. Sc. Emiliano S. Guevara Guerra

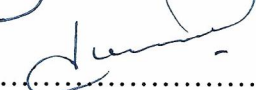
PRIMER MIEMBRO:


.....
M. Sc. Miguel E. Calcina Benique

SEGUNDO MIEMBRO:


.....
Ing. German R. Espinoza Rivas

ASESOR DE TESIS:


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

DIRECTOR DE TESIS:

.....
M. Sc. Valentín E. Fernández Valdivia

AREA: Geología de Minas.

TEMA: Geología Económica del Yacimiento.

Fecha de Sustentación: 31 de agosto del 2017

DEDICATORIA

A mi querida Mamá Lucia, que desde su morada cuidó de mí todos mis pasos, en mi etapa de formación profesional, a mi padre Ricardo, por su ejemplo, por creer en mí, por el sacrificio que hizo para darme un futuro mejor; estoy orgulloso de ellos.

A mi hermana, Emiliana por los años compartidos, por las alegrías vividas; su apoyo fue un estímulo para mí, a mi primo-hermano Hernán por sus recomendaciones, consejos de vida y ejemplo a seguir.

A mi abuelo paterno Pascual por su apoyo incondicional en mi desarrollo personal estoy bien agradecido contigo abuelo.

A mis amigos de EPIG, por haberme impulsado para realizar el presente trabajo de investigación y por los momentos vividos con ellos, gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por guiar mis pasos diariamente, permitiéndome aprender de mis errores con firmeza y tranquilidad; a mi padre Ricardo que con su ejemplo, perseverancia y comprensión me enseñó a que sea consecuente con mis ideales y firme con mis decisiones; a mi madre Lucia que desde el cielo cuidó cada paso y meta lograda en esta etapa de mi formación; a mi hermana Emiliana por su cariño y amistad.

El estudio para optar el título profesional de ingeniero geólogo titulado: Geología Económica del Yacimiento minero aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa no habría sido posible sin el apoyo de la empresa minera Analytica Mineral Services S.A.C. U.E.A. Orión, Chala; por lo tanto, mi mayor muestra de gratitud y agradecimiento al gerente general Ingeniero Bernardo Álvarez Calderón.

Mi agradecimiento a los profesionales del área de geología, Ing. Carlos Villón B, Elvis Rodríguez V, que me apoyaron con sus ideas y comentarios para el desarrollo correcto de este proyecto de investigación.

Agradezco a mi escuela profesional, por abrir el espacio a la exposición que me permitió dar a conocer mis ideas, lo cual me ha permitido la formación profesional para luego desenvolverme en el campo laboral.

A todos mis docentes universitarios, que me han transmitido sus conocimientos y experiencias los cuales contribuyeron en mi aprendizaje de esta maravillosa carrera universitaria, y gracias por la enseñanza ingenieros, también agradecer a todos mis compañeros y amigos que supieron darme aliento de seguir adelante hasta concluir este trabajo de investigación.

Al Ing. Fredy G. Castillo Venegas, y al Ing. Rodrigo E. Chambi A., por haberme dado facilidades en la elaboración final del presente trabajo de investigación.

Finalmente quisiera hacer una mención especial a mi asesor de tesis al Ing. Luis V. Ortiz Gallegos, por el apoyo y desarrollo del presente trabajo y a mi director de tesis al M. Sc. Valentín E. Fernández Valdivia por la orientación y apoyo constante.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.4 HIPÓTESIS.....	4
1.4.1 Hipótesis general.....	4
1.5 OBJETIVOS.	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.	4
1.6 METODOLOGÍA.	5
1.6.1 Fases de la investigación.....	6
1.6.1.1 Compilación y revisión de información.....	6
1.6.1.2 Trabajo de campo.....	6
1.6.1.3 Trabajo de laboratorio.....	6
1.6.1.4 Trabajo de Gabinete.....	6
1.6.2 Métodos a utilizar en la investigación.....	6
1.6.2.1 Muestreo.....	6
1.6.2.2 Análisis petrográfico y mineralógico.....	7
1.6.2.3 Perforación diamantina.	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL.....	8

2.1	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1	Geología Regional.....	8
2.1.1.1	Mesozoico.	8
A.	Formación Chocolate (Ji-cho).....	8
B.	Formación Guaneros (Js-gu)	9
2.1.1.2	Cenozoico.....	10
A.	Formación Moquegua (Nm-mo)	10
B.	Formación Pisco (Nm-pi).....	10
C.	Formación Huaylillas (Nm-hu)	11
D.	Depósitos Recientes (Qh-al, Qh-e)	11
2.1.1.3	Rocas Ígneas.....	11
A.	Complejo Bella Union (Ks-an)	12
B.	Super-Unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi)	12
C.	Super-Unidad Tiabaya (Ks-ti/to-gd, Ks-ti/di)	13
2.1.2	Geomorfología Regional.	13
2.1.2.1	Cadena Costanera (M-Cc).....	13
2.1.2.2	Peneplanicie Subandina (M-Ps).	14
2.1.2.3	Valles Transversales (FA-Qt).	14
2.1.3	Geología Estructural Regional.	14
2.1.3.1	Sistema de fallas.....	14
2.1.4	Metalogenia del Perú.....	15
2.1.4.1	Mapa Metalogenético del oro en el Perú 2010.....	16
2.1.4.2	Franjas Metalogenéticas de Oro.....	16
2.1.4.3	IX Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivo de Cretácico Superior.	17
2.2	MARCO CONCEPTUAL.....	17
2.2.1	Concepto y origen de los yacimientos minerales.	17
2.2.2	Yacimientos Hidrotermales.....	18
2.2.2.1	Principio de los yacimientos hidrotermales.	20
2.2.2.2	Características de las Soluciones.	21
2.2.2.3	Abertura de las Rocas.....	21
A.	Cavidades Primitivas.....	22
B.	Cavidades Provocadas.....	22
2.2.2.4	Factores que afectan a la deposición.....	24

A.	Cambios y reacciones químicas.	24
B.	Temperatura y presión.....	24
C.	Alteración de la roca encajonante.	25
D.	Localización de la mineralización hidrotermal.	26
E.	Intrusión.	27
F.	Características de la roca encajonante.....	27
G.	Rasgos estructurales.	27
2.2.3	Tipos de depósitos hidrotermales.....	28
2.2.3.1	Depósitos Epitermales.....	29
2.2.3.2	Depósitos Mesotermiales.	29
2.2.3.3	Depósitos Filonianos (Vetas).	30
A.	Variedades de filones.	30
B.	Cambios del Emplazamiento de un filón.	31
C.	Comportamiento de la longitud y profundidad de un filón.....	31
2.2.4	Mineral de mena.....	31
2.2.5	Mineral de ganga.....	32
2.2.6	Cubicación y cálculo de reservas.	32
2.2.6.1	Métodos para la cubicación de recursos y reservas.	32
A.	Métodos clásicos o geométricos.....	32
B.	Métodos modernos o geoestadísticos.....	33
2.2.6.2	Elementos de la cubicación de reservas.	34
A.	Contacto geológico.....	34
B.	Contacto mineralógico.	34
C.	Contacto económico.....	34
2.2.7	Inventario de recursos y reservas minerales.....	35
2.2.7.1	Definición.....	35
2.2.7.2	Finalidad.....	35
2.2.7.3	Importancia.	36
2.2.7.4	Criterios.....	36
2.2.7.5	El código JORC.....	36
A.	Principios del Código.....	37
a.1	Transparencia.	37
a.2	Relevancia.	37
a.3	Competencia.....	37

B.	Resultados de exploración.....	37
C.	Lista de verificación.	38
D.	Reporte de reservas minerales.....	38
d.1	Nivel de confianza.....	38
d.1.1	Reserva mineral probable.....	38
d.1.2	Reserva mineral probado.....	38
2.2.7.6	Criterios de cubicación de recursos y reservas.	39
A.	Recursos minerales.....	39
A	Recurso mineral medido.	40
B	Recurso mineral indicado.....	40
C	Recurso mineral inferido.....	41
D	Mineral Potencial	42
B.	Reservas minerales.....	43
b.1	Clases de reservas minerales según certeza.	44
b.1.1	Reserva mineral probado.....	44
b.1.2	Reserva mineral probable.....	44
b.2	Clases de reservas minerales según el valor.	45
b.2.1	Reserva mineral de mena.	45
b.2.2	Reserva mineral marginal.	45
b.2.3	Mineral Submarginal.....	46
b.2.4	Mineral de baja ley.....	46
b.3	Clases de reservas minerales según accesibilidad.....	46
b.3.1	Reserva mineral accesible.	46
b.3.2	Reserva mineral eventualmente accesible.....	46
b.3.3	Mineral Inaccesible.....	47
2.2.8	Alteración Hidrotermal.	47
2.2.8.1	Solución Hidrotermal.	48
2.2.8.2	Ascenso y Acumulación de los Fluidos Hidrotermales.	48
2.2.8.3	Clasificación de Alteración Hidrotermal.	49
2.2.9	Los lazos Cimoides.	49
2.2.10	Sistema de fracturamiento en una zona de cizallamiento- modelo de Riedel..	50
2.2.11	Zonas Transtensión o Transpresión.	51
2.2.12	Prospección Geoquímica.....	51
2.2.13	Perforación Diamantina.	52

CAPÍTULO III	54
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	54
3.1 INTRODUCCIÓN.	54
3.2 UBICACIÓN.....	54
3.3 ACCESIBILIDAD.	55
3.4 CONCESIONES.	55
3.5 CLIMA Y VEGETACIÓN.	56
3.6 GEOLOGÍA LOCAL.....	56
3.6.1 Mesozoico.	56
3.6.1.1 Formación Guaneros (Js-gu).	56
3.6.1.2 Formación Yauca (Ki-ya).	57
3.6.1.3 Formación Hualhuani (Ki-hu).	58
3.6.2 Cenozoico.....	58
3.6.2.1 Depósitos Recientes (Qh-al, Qh-c).	58
3.6.3 Rocas Ígneas.....	59
3.6.3.1 Complejo Bella Unión (Ks-an).	59
3.6.3.2 Super Unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi).....	59
3.6.3.3 Diorita (J-di).	60
3.7 GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	60
3.7.1 Agentes y factores del modelamiento geomorfológico.....	60
3.7.1.1 Substrato geológico.....	61
3.7.1.2 Tectónicos.	61
3.7.1.3 Relieve.....	61
3.7.1.4 Antrópicos	61
3.7.2 Unidades Geomorfológicas.....	62
3.7.2.1 Sistema Montañoso.	62
A. Altas Cumbres y Lomas. (M-Ac).....	62
B. Laderas. (M-La)	62
3.7.2.2 Sistema Fluvial.....	62
A. Valle en V. (F-Vs).....	62
B. Quebradas. (F-Qb).....	62
C. Abanico Aluvial. (F-A,al)	63
3.8 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	63
3.8.1 Fallas de Primer Orden.....	65

3.8.1.1	Falla Norte-Sur.....	65
3.8.1.2	Falla Katty.....	65
3.8.1.3	Falla Norte.....	65
3.8.2	Fallas de Segundo Orden.	66
3.9	GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	66
3.9.1	Muestreo.....	66
3.9.1.1	Métodos de muestreo.	66
A.	Muestreo por canales.....	67
a.1	Dimensiones.....	67
a.2	Ubicación.	68
a.3	Espaciamiento.	69
B.	Muestreo por puntos.....	71
b.1	Dimensiones.....	71
b.2	Ubicación.	72
b.3	Espaciamiento.	72
C.	Muestreo por astillas (Chip Sampling).	73
c.1	Ubicación.	73
c.2	Espaciamiento.	73
D.	Muestreo por perforación (Drill Sampling).	74
d.1	Muestreo de testigos.....	74
d.2	Ubicación.	75
d.3	Dimensiones.....	75
3.9.2	Control de Calidad.	76
3.9.2.1	Normas en control de calidad.....	78
A.	Ancho de minado.	78
B.	Dilución mínima.....	79
C.	Marcado de áreas mineralizadas y control de dilución.	80
3.10	ALTERACIONES HIDROTERMALES.....	81
3.10.1	Alteración Argílica.....	81
3.10.2	Alteración Fílica.....	81
3.10.3	Alteración Propilítica.	81
3.10.4	Silicificación.	82
3.11	CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.	82

CAPÍTULO IV	84
ANÁLISIS Y EXPOSICIÓN DE RESULTADOS	84
4.1 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PETROGRÁFICOS Y MINERAGRÁFICOS... 84	
4.1.1 Andesita Porfirítica.	84
4.1.2 Limolita.	86
4.1.3 Cuarzita.	87
4.1.4 Arenisca.....	89
4.1.5 Diorita.	91
4.1.6 Diorita Porfirítica.	93
4.1.7 Muestra Veta Bonanza.	95
4.1.8 Pirita-Hematita (Veta Bonanza).	96
4.1.9 Muestra (Veta Francia).	97
4.1.10 Muestra (Veta Paola).....	98
4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	99
4.2.1 Análisis Geométrico del Sistema de Vetas-Fallas.	99
4.2.1.1 Geometría-Veta Falla Francia.	100
4.2.1.2 Geometría-Veta Falla Bonanza	100
4.2.2 Análisis Cinemático.	100
4.2.2.1 Indicadores Cinemáticos.	102
4.2.3 Análisis geoquímico.....	103
4.2.3.1 Trabajo de Campo.	103
4.3 GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	104
4.3.1 Mineralogía.	104
4.3.1.1 Minerales de Mena.	104
4.3.1.2 Minerales de Ganga.....	104
4.3.2 Mineralización.....	104
4.3.3 Características de las Estructuras Mineralizadas.	105
4.3.3.1 Veta Francia.	105
4.3.3.2 Veta Bonanza.	106
4.3.3.3 Veta Estephany.....	106
4.3.3.4 Veta Cristina.....	106
4.3.3.5 Veta Paola.	107
4.3.3.6 Veta Chinchilicos.	107
4.3.3.7 Veta Anita.	107

4.3.3.8	Veta Estela.	107
4.3.3.9	Veta Luz.	108
4.3.3.10	Veta Tauro.	108
4.3.3.11	Veta Españolita.	108
4.3.4	Clasificación del Yacimiento.	109
4.3.5	Estimación e Inventario de Reservas y Recursos de la Mina Orión.	109
4.3.5.1	Reservas minerales.	110
A	Clases de reservas minerales según certeza.	110
a.1	Reserva mineral probado.	110
a.2	Reserva mineral probable.	111
B	Clases de reservas minerales según el valor.	111
b.1	Reserva mineral de mena.	111
b.2	Reserva mineral marginal.	111
C	Clases de reservas minerales según accesibilidad.	112
c.1	Reserva mineral accesible.	112
c.2	Reserva mineral eventualmente accesible.	112
4.3.5.2	Recursos minerales.	112
A	Recurso mineral medido.	112
B	Recurso Mineral indicado.	112
C	Recurso mineral inferido.	112
4.3.5.3	Otros minerales.	113
A.	Según la certeza.	113
a.1	Mineral potencial.	113
B.	Según el valor.	113
b.1	Mineral submarginal.	113
b.2	Mineral de baja ley.	114
C.	Según la accesibilidad.	114
c.1	Mineral inaccesible.	114
4.3.6	Simbología del inventario de minerales.	114
4.3.7	Bloqueo de mineral.	115
4.3.7.1	Información para determinación de bloques de mineral.	115
A	Promedio de leyes de cada canal.	115
B	Leyes erráticas.	115
C	Calificación de leyes canal por canal.	115

D	Longitud mínima y máxima de bloque de mineral.	116
E	Calculo del ancho y leyes de muestras de un tramo.....	116
4.3.7.2	Dimensionamiento de Bloques.	116
A	Dimensión de Bloques.	117
B	Cálculo de tonelaje y ley de bloques de mineral.....	118
C	Cálculo de Tonelaje y ley del yacimiento	120
D	Codificación de datos.	120
4.3.8	RESERVAS Y RECURSOS EN U.E.A. MINA ORIÓN CHALA.	124
4.3.8.1	Reservas Veta Francia.....	124
4.3.8.2	Reservas Veta Bonanza.....	124
4.3.8.3	Reservas Veta Estephany.	125
4.3.8.4	Reservas Veta Cristina.	126
4.3.8.5	Reservas Veta Paola.....	126
4.3.8.6	Reservas Veta Chinchilicos.....	126
4.3.8.7	Reservas Veta Anita.....	127
4.3.8.8	Reservas Veta Estela.....	127
4.3.8.9	Reservas Veta Luz.....	127
4.3.8.10	Reservas Veta Tauro.	128
4.3.8.11	Reservas Veta Españolita.....	128
4.3.9	Resumen de Reservas y Recursos U.E.A. Mina Orion-Chala, Arequipa.	128
4.4	PARAGÉNESIS Y EVENTOS DE MINERALIZACIÓN.....	130
4.4.1	PARAGÉNESIS.....	130
4.4.2	ZONACIÓN.....	130
	CONCLUSIONES.....	132
	RECOMENDACIONES.....	133
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	134
	ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 01: FLUJOGRAMA METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	5
CUADRO N° 02: MÉTODO GEOESTADÍSTICO	34
CUADRO N° 03: PRINCIPIO DEL CÓDIGO JORC	39
CUADRO N° 04: COORDENADAS DE UBICACIÓN	55
CUADRO N° 05: VÍAS DE ACCESO	55
CUADRO N° 06: CONCESIONES	55
CUADRO N° 07: CARACTERÍSTICAS DE MINADO	79
CUADRO N° 08: SIMBOLOGÍA DE INVENTARIO DE MINERALES.....	114
CUADRO N° 09: SECUENCIA PARAGENÉTICA DEL YACIMIENTO.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: ALTERACION DE ROCA ENCAJONANTE.....	26
TABLA N° 02: DILUCIÓN MÍNIMA.....	80
TABLA N° 03: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE ANDESITA PORFIRÍTICA	85
TABLA N° 04: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LIMOLITA	87
TABLA N° 05: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE CUARCITA	88
TABLA N° 06: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE ARENISCA.....	90
TABLA N° 07: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE DIORITA	92
TABLA N° 08: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE DIORITA PORFIRÍTICA..	94
TABLA N° 09: MODELO DE TARJETA DE BLOQUEO	121

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: ESQUEMA DE YACIMIENTOS HIDROTERMALES	19
FIGURA N° 02: TIPOS DE YACIMIENTOS HIDROTERMALES.	20
FIGURA N° 03: ESQUEMA DE SOLUCIONES HIDROTERMALES.....	21
FIGURA N° 04: ELEMENTOS DE CUBICACIÓN DE RESERVAS.	35
FIGURA N° 05: MODELO DE FRACTURAMIENTO RIEDEL.	51
FIGURA N° 06: ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS DE LOS YACIMIENTOS MINERALES.....	52
FIGURA N° 07: EQUIPO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA.	53

FIGURA N° 08: VISTA DE LA FORMACIÓN GUANEROS.....	57
FIGURA N° 09: VISTA DE LA FORMACIÓN YAUCA.	57
FIGURA N° 10: VISTA DE LA FORMACIÓN HUALHUANI.	58
FIGURA N° 11: VISTA DEL COMPLEJO BELLA UNIÓN.....	59
FIGURA N° 12: VISTA DE LA FORMACIÓN DIORÍTICA.....	60
FIGURA N° 13: VISTA DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	63
FIGURA N° 14: DIAGRAMA DE ROSETAS.....	64
FIGURA N° 15: MUESTREO POR CANALES.	68
FIGURA N° 16: UBICACIÓN DE CANALES EN GALERIAS Y VENTANAS.	68
FIGURA N° 17: UBICACIÓN DE CANALES EN CHIMENEAS Y TAJOS.	69
FIGURA N° 18: ESPACIAMIENTO DE CANALES DE MUESTRAS.....	70
FIGURA N° 19: MUESTREO POR PUNTOS.....	72
FIGURA N° 20: MUESTREO POR ASTILLAS (CHIP).....	74
FIGURA N° 21: MUESTREO DE TESTIGOS DIAMANTINOS.....	76
FIGURA N° 22: CONTROL DE CALIDAD EN LABORES.	78
FIGURA N° 23: MARCADO DE ESTRUCTURAS.....	81
FIGURA N° 24: ALTERACIONES.....	82
FIGURA N° 25: FOTOMICROGRAFÍA DE ANDESITA PORFIRÍTICA.....	86
FIGURA N° 26: FOTOMICROGRAFÍA DE LIMOLITA.....	87
FIGURA N° 27: FOTOMICROGRAFÍA DE CUARCITA.....	89
FIGURA N° 28: FOTOMICROGRAFÍA DE ARENISCA.	90
FIGURA N° 29: FOTOMICROGRAFÍA DE DIORITA.....	92
FIGURA N° 30: FOTOMICROGRAFÍA DE DIORITA PORFIRÍTICA.	94
FIGURA N° 31: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA BONANZA.....	95
FIGURA N° 32: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA BONANZA.....	96
FIGURA N° 33: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA FRANCIA.....	98
FIGURA N° 34: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA PAOLA.	99
FIGURA N° 35: SISTEMA DE TECTOGLIFOS ESTRUCTURALES.	101
FIGURA N° 36: MUESTREO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE.....	103
FIGURA N° 37: BLOQUES PROBADOS.....	110
FIGURA N° 38: BLOQUES PROBABLES	111
FIGURA N° 39: ESQUEMA DE DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO.	119
FIGURA N° 40: INGRESO DE BASE DE DATOS-ESTIMACION DE RESERVAS	123

LISTA DE LÁMINAS

LÁMINA N° GR-01	MAPA GEOLÓGICO REGIONAL.
LÁMINA N° GM-01	MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL.
LÁMINA N° EST-01	MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL.
LÁMINA N° 01	MAPA DE FRANJAS METALOGÉNICAS DEL PERÚ.
LÁMINA N° GL-01	MAPA GEOLÓGICO LOCAL.
LÁMINA N° GM-02	MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL.
LÁMINA N° EST-L01	MAPA ESTRUCTURAL LOCAL.
LÁMINA N° GEOQ-L01	MAPA GEOQUÍMICO
LÁMINA N° CVF-01	CUBICACIÓN VETA FRANCIA.
LÁMINA N° CVB-01	CUBICACIÓN VETA BONANZA.
LÁMINA N° CVEY-01	CUBICACIÓN VETA ESTEPHANY.
LÁMINA N° CVC-01	CUBICACIÓN VETA CRISTINA.
LÁMINA N° CVP-01	CUBICACIÓN VETA PAOLA.
LÁMINA N° CVCH-01	CUBICACIÓN VETA CHINCHILICOS.
LÁMINA N° CVA-01	CUBICACIÓN VETA ANITA.
LÁMINA N° CVES-01	CUBICACIÓN VETA ESTELA.
LÁMINA N° CVLZ-01	CUBICACIÓN VETA LUZ.
LÁMINA N° CVT-01	CUBICACIÓN VETA TAURO.
LÁMINA N° CVEP-01	CUBICACIÓN VETA ESPAÑOLITA.

LISTA DE ABREVIATURAS

Ma.	Millones de años.
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar.
Au.	Oro.
Ag.	Plata.
Cu.	Cobre.
Fe.	Hierro.
Mo.	Molibdeno.
g/t.	Gramos por tonelada.
TM/D	Tonelada métrica por día.
PSAD	Provisional South American.
UTM	Universal Transversal de Mercator
NE.	Nor-Este.
NW.	Nor-Oeste.
SENAMHI.	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
S.M.R.L.	Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada.
S.A.C.	Sociedad Anónima Cerrada.
A.M.S.	Analityca Mineral Services.
U.E.A.	Unidad Económica Administrativa.
Gl.	Galería.
Ch.	Chimenea.
Vt.	Ventana.
Tj.	Tajo.
Nv.	Nivel.
°C	Grado Centígrado.

RESUMEN

El yacimiento minero aurífero Orión, Chala-Arequipa, se encuentra localizado hacia el Nor-Este de la ciudad de Chala, como punto de referencia tiene las coordenadas Este 578500 y Norte 8276000, a una elevación promedio de 2000 m.s.n.m.

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar las características geológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas que presenta el yacimiento aurífero Mina Orión, lo cual permitió determinar la continuidad de las estructuras mineralizadas.

Para cumplir con los objetivos se ha realizado diferentes tipos de investigación tales como: mapeo geológico, muestreo geoquímico, análisis petrográfico y mineragráfico, perforación diamantina, y estimación de reservas y recursos.

La formación geológica se encuentra ubicada en el segmento de Arequipa del Batolito de la Costa, que van desde el Mesozoico hasta el Cenozoico, está dentro de la franja de yacimientos auríferos filonianos Nazca-Ocoña perteneciente a la Provincia Metalogénica Occidental, Sub-provincia Cuprífera de la costa.

Según estudios Petrográficos, la secuencia volcánica sedimentaria está compuesta por una intercalación de lavas andesíticas, areniscas cuarzosas y limolitas, pertenecientes a las formaciones Guaneros y Yauca, intruidas por las súper unidades Linga y Tiabaya caracterizadas por monzonitas y dioritas.

La metalogenia del área de estudio está caracterizada por la ocurrencia de vetas mesotermales de Au-Ag- (Cu), emplazados en el intrusivo y lavas andesíticas. Las vetas predominantes tienen rumbo N40°-60°W con buzamiento de 40°-65° NE, y existen fallas con rumbo S50°-60°W, son fallas de naturaleza dextral-normal. En estas estructuras se forman concentraciones o “clavos” irregulares con mineralización económica.

La estimación de reservas dio como resultado 14,047.00 TM con una ley de 10.26 grAu/T, y en recursos se tiene 24,066.00 TM con una ley de 8.12 grAu/T, la misma que corresponde al 31 de julio del 2015

PALABRAS CLAVE: Yacimiento Mesotermal, Petrografía, Reserva Mineral, Recurso.

ABSTRACT

The Orión gold mine, Chala-Arequipa, is located to the north-east of the city of Chala, as a point of reference it has the coordinates East 578500 and North 8276000, at an average elevation of 2000 m.s.n.m.

The objective of this research work is to determine the geological, mineralogical, structural and geochemical characteristics of the Mina Orión gold deposit, which allowed determining the continuity of the mineralized structures.

To achieve the objectives, different types of research have been carried out, such as: geological mapping, geochemical sampling, petrographic and mineralogical analysis, diamond drilling, and estimation of reserves and resources.

The geological formation is located in the Arequipa segment of the Batolito de la Costa, ranging from the Mesozoic to the Cenozoic, it is within the band of Nazca-Ocoña philonian gold deposits belonging to the Western Metalogenic Province, Sub-province the coast.

According to Petrographic studies, the sedimentary volcanic sequence is composed of an intercalation of andesitic lavas, quartz sandstones and siltstones, belonging to the Guaneros and Yauca formations, intruded by the Linga and Tiabaya super units characterized by monzonites and diorites.

The metallogeny of the study area is characterized by the occurrence of mesothermal veins of Au-Ag- (Cu), located in the intrusive and andesitic lavas. The predominant veins are heading N40 ° -60 ° W with dip of 40 ° -65 ° NE, and there are faults with course S50 ° -60 ° W, are defects of a dextral-normal nature. In these structures irregular concentrations or "nails" are formed with economic mineralization.

The estimation of reserves resulted in 14,047.00 MT with a law of 10.26 grAu / T, and in resources it has 24,066.00 MT with a law of 8.12 grAu / T, the same as July 31, 2015

KEYWORDS: Mesothermal Deposit, Petrography, Mineral Reserve, Resource

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo relaciona las características geológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas del yacimiento minero aurífero Mina Orión-Chala, ubicada entre los distritos de Atiquipa y Chala de la Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa, se considera como un área económicamente importante debido a la presencia de depósitos filoneanos caracterizados por la ocurrencia de vetas mesotermales de Au, Ag y Cu, relacionadas con intrusivos del Cretácico Superior, ubicadas en el segmento de Arequipa del Batolito de la costa, dentro de la franja de yacimientos auríferos Nazca-Ocoña.

El yacimiento se encuentra emplazada en una secuencia volcánica sedimentaria compuesta por una intercalación de lavas andesíticas de la formación Guaneros, areniscas cuarzosas y limolitas de la formación Yauca, intruidas por las súper unidades Linga y Tiabaya caracterizadas por monzonitas y dioritas.

La mineralización está conformada por relleno de cuarzo-sericita, hematita, jarosita, pirita, calcopirita con concentraciones de Au, la alteración hidrotermal se caracteriza por tener una moderada e intensa silicificación-sericitización-caolinización-cloritización seguida por una débil cloritización-epidotización. las estructuras mineralizadas o vetas predominantes tienen un rumbo $N40^{\circ}-60^{\circ}W$ con buzamiento de $40^{\circ}-65^{\circ}$ NE interrumpidas por fallas de movimiento dextral normal.

En las estructuras mineralizadas identificadas y proyectadas, se realizó el muestreo geoquímico en la parte superficial obteniendo un total de 409 muestras para el análisis respectivo, también se obtuvo muestras de las perforaciones diamantinas realizadas en interior mina.

1.2 ANTECEDENTES.

El yacimiento aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa, fue solicitado como concesión desde el año de 1936 para la exploración de vetas filonianas por S.M.R.L. Orión de Ica, representado por Don Alberto N. Álvarez Calderón, realizando labores de exploración y no se tiene información sobre estudios como la cantidad extraída de mineral o reporte de leyes u otra información.

En el año de 1980 la Sociedad Minera Orduz S.A.C. obtiene en cesión y realiza un inventario de reservas, teniendo en cuenta que en los últimos 10 años estuvo a cargo de mineros artesanales y estimaron una producción de 100 Kg de oro por año, habiendo sido la producción total desde el año de 1960, alrededor de 50,000 onzas.

A finales del año 2006 Sociedad Minera Orduz S.A.C. deja a cargo el 100% de las acciones a favor de Analytica Mineral Services S.A.C., donde se inicia un plan de exploraciones y evaluaciones geológicas para determinar sus recursos y reservas para la explotación del yacimiento.

En cuanto a trabajos anteriores, solo se conoce en publicaciones regionales una mención sobre su mineralogía (De Montreuil, 1979, 1987; Banco Minero, 1987), Su potencial (Simons, 1959; Vargas, 1978), detalles de la propiedad minera (Pastor, 1961) y algunas menciones metalogénicas (Vidal, 1985; Núñez et al., 1994; Martínez, 1996); existiendo además trabajos privados, propiedad de la empresa no publicados.

En el año 2008 debido al incremento continuo del precio del oro la empresa minera inicia un plan de exploraciones mediante el desarrollo de labores subterráneas, paralelo a ello inicia la construcción de planta piloto con capacidad de tratamiento de 50 TM/D.

Es así que la empresa Minera Analytica Mineral Services S.A.C. inicia sus operaciones en la U.E.A. Mina Orión-Chala con una producción de 60 TM/D, luego ampliando hasta 100 TM/ D con una ley de hasta 14 grAu/t en vetas angostas desde 0.10 m hasta 0.60 m de ancho y en algunas estructuras de forma lenticular de hasta 1.80 m de ancho.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En los últimos años el valor del oro se ha mantenido al margen de la baja de precios que ha sufrido los metales como cobre, plata, plomo, zinc y otros, el Perú siendo un país minero por tradición con una metalogenia compleja y variada requiere estudios detallados para la interpretación y estimación de más recursos y reservas de este preciado metal. La

Empresa Minera Analytica Mineral Services S.A.C. necesita un estudio sobre la geología económica del yacimiento minero aurífero mina Orión, Chala-Arequipa; mediante un análisis geológico de toda la zona de concesiones que tiene la empresa minera, con la finalidad de tener más targets de exploración en toda la concesión y así poder incrementar los recursos y reservas.

En la franja IX del mapa metalogénico del Perú, se encuentran ubicados yacimientos mineros entre ellos (San Juan de Churunga, Ishihuinca, Orión, Minera Paraíso, Saramarca, Esperanza de Caravelí y nuevos proyectos que se encuentran en la zona como Minera Dinacor, Mina Estrella), cuyas estructuras son muy similares y han dado importantes depósitos de minerales metálicos económicos.

El tipo de yacimiento en Mina Orión, Chala-Arequipa, son vetas relacionados a intrusivos, con lineamiento andino (NW-SE), las estructuras principales las constituyen (Veta Francia y Veta Bonanza), adicionalmente existen vetas tales como Almacén, Vaduz, Futuro, Patty, Jenny, que tenían zonas de buenos valores en oro y por ser vetas con alta erraticidad en leyes han sido dejados de explotar, La veta Chinchilicos actualmente está siendo explotado por mineros artesanales y es importante incluir en este estudio por sus valores altos en sus leyes, existen estructuras que están siendo explotados y explorados mediante desarrollos subterráneos a consecuencia de que en la superficie no afloran o se encuentran cubiertos por el material cuaternario y no han sido identificados la continuidad de las estructuras.

Para el conocimiento de la U.E.A. Mina Orión, es necesario identificar los procesos geológicos que intervinieron en el origen del yacimiento, en este aspecto se analizará la incidencia de alteraciones, fracturas, fisuras o fallas, geoformas, estratigrafía y la génesis de las concentraciones minerales.

En el estudio de la U.E.A. Mina Orión, se necesita definir las características geológicas, geomorfológicas, estructurales, geoquímicas regionales y locales y modelo de la mina, con la finalidad de conocer su potencial económico del yacimiento.

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

- ¿Qué características geológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas presenta el yacimiento aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa en el área de estudio?
- ¿Qué cantidad de recursos y reservas se estiman en las estructuras mineralizadas del área de estudio?

El objeto principal de este proyecto de investigación es contestar las respuestas a las interrogantes formuladas anteriormente.

1.4 HIPÓTESIS.

1.4.1 Hipótesis general.

El conocimiento de las características litológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas, permite determinar la continuidad de las estructuras mineralizadas, para orientar las actividades de exploración mediante perforaciones diamantinas y desarrollos subterráneos para la explotación del yacimiento minero aurífero U.E.A. Mina Orión, Chala-Arequipa.

1.5 OBJETIVOS.

1.5.1 Objetivo general.

Determinar las características litológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas, para establecer la distribución espacial de las áreas mineralizadas en la concesión de la U.E.A. Mina Orión, Chala-Arequipa, para las condiciones de exploración y explotación del yacimiento.

1.5.2 Objetivos específicos.

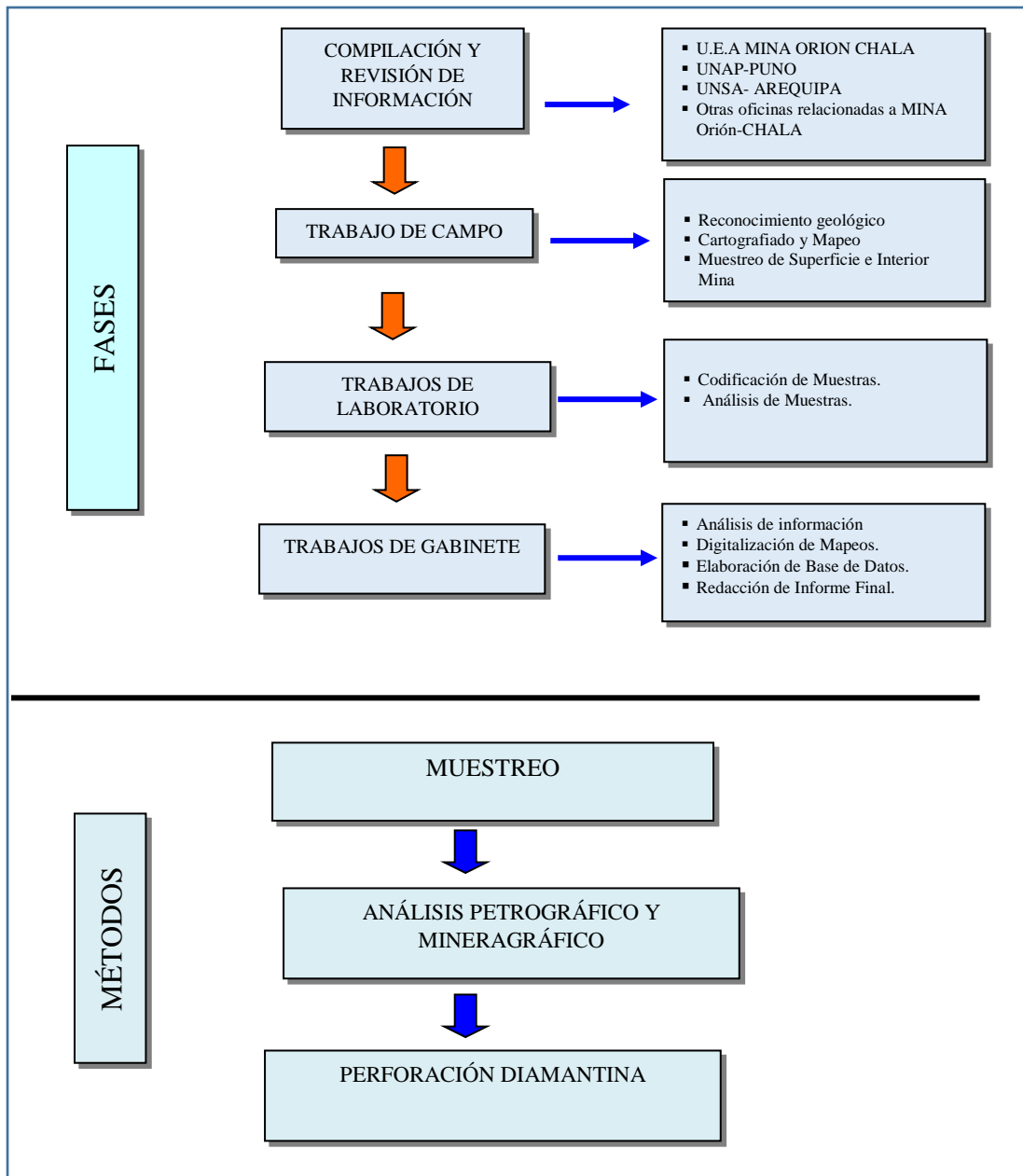
- Identificar y determinar mediante el análisis de estudios petrográficos y minerográficos, las zonas de mineralización económica en relación a sus características litológicas, mineralógicas, en el yacimiento minero aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa.
- Identificar y evaluar mediante el análisis estructural y geoquímico, las nuevas áreas de interés prospectivo para luego realizar la exploración en el yacimiento minero aurífero Mina Orión-Chala.
- Evaluar la geología económica del yacimiento, mediante el estudio de las características de las estructuras mineralizadas y determinar las reservas y recursos del yacimiento minero aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa.
- Determinar la secuencia paragenética y eventos de mineralización del yacimiento aurífero Mina Orión-Chala.

1.6 METODOLOGÍA.

El trabajo de investigación se desarrollará de acuerdo al siguiente procedimiento metodológico:

El cuadro N° 01, presenta el flujograma metodológico para la elaboración de cada uno de los productos.

CUADRO N° 01: FLUJOGRAMA METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



FUENTE: Elaboración Propia.

1.6.1 Fases de la investigación

1.6.1.1 Compilación y revisión de información.

Se inició con el procesamiento y recolección de toda la información bibliográfica que se refiere a la zona de estudio, se utilizó informes internos y externos, adquisición de planos geológicos regionales, consideración de estudios regionales cercanos a la zona de estudio.

1.6.1.2 Trabajo de campo.

El trabajo de campo consistió en el reconocimiento del área de estudio, mapeos geológicos superficiales e interior mina, identificación y registro de estructuras, muestreo superficial de estructuras, muestreo sistemático de labores en producción y desarrollo, muestreo de testigos de la perforación diamantina, etc.

1.6.1.3 Trabajo de laboratorio.

Las muestras extraídas en trabajo de campo, se procedieron con el registro y codificación para el envío hacia el laboratorio de la U.E.A. Mina Orión, empleando todos los procedimientos y estándares que se tiene implementado en el área de geología para su respectivo análisis químico por los contenidos mineralógicos de cada una de las muestras. También se tomó muestras de rocas para su identificación petrográfica.

1.6.1.4 Trabajo de Gabinete.

El trabajo de gabinete es la etapa en la que se procesó la información recibida del campo, tales como la digitalización de mapeos, elaboración de base de datos de los muestreos, actualización y elaboración de secciones geológicas, interpretación y evaluación de muestras con valor económico.

1.6.2 Métodos a utilizar en la investigación

1.6.2.1 Muestreo.

Los métodos de muestreo que se utilizan dependen del tipo de estructura a investigar, entre ellas podemos indicar a las vetas, mantos, cuerpos mineralizados, pórfidos, etc.

Entre los métodos de muestreo que se usaron son:

- Muestreo por canales

- Muestreo por puntos.
- Muestreo por astillas (Chip sampling).
- Muestreo por perforación (Drill sampling).

1.6.2.2 Análisis petrográfico y mineralógico.

Para la confirmación de los resultados petrológicos y mineralógicos de campo, se obtuvieron muestras representativas para ser evaluadas y analizadas por secciones pulidas y láminas delgadas (Análisis petrográfico y mineragráfico) efectuadas en laboratorios particulares.

1.6.2.3 Perforación diamantina.

Para la ubicación de la continuidad de estructuras mineralizadas se realizaron perforaciones diamantinas con las máquinas XRD-30 y L-50 de mediano y corto alcance, de los cuales, los testigos obtenidos fueron evaluados, registrados (Logueo) y muestreados para la interpretación geológica correspondiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Geología Regional.

Se tomaron como base los estudios realizados por el INGEMMET, representado por el cuadrángulo de Chala (hoja 32-ñ) y el boletín N° 34 serie A, 1980. Considerando un radio de influencia de no más de 20 Km de la propiedad minera.

Las unidades litoestratigráficas reconocidas en el área de estudio abarcan desde el periodo Jurásico hasta el Cuaternario. (Ver ANEXOS, *Mapa Geológico Regional Lámina GR-01*)

2.1.1.1 Mesozoico.

A. Formación Chocolate (Ji-cho)

Con la denominación del Volcánico Chocolate, JENKS (1948) describió una secuencia de rocas volcánicas intercaladas con sedimentos, que afloran en la cantera de Chocolate, situada 20 Km al NW de la ciudad de Arequipa.

En el cuadrángulo de Chala (32-ñ), afloran similares depósitos que descansan discordantemente sobre las rocas del Grupo Tarma e infrayacen concordantemente a las rocas del Jurásico medio y superior; por intemperismo adopta un matiz marrón-rojizo.

Se han considerado dos miembros característicos dentro de esta formación, uno inferior compuesto especialmente por sedimentos y que se le denomina Chala y otro superior, formado en su mayor parte por volcánicos llamados Lucmilla.

El miembro Lucmilla está compuesto principalmente de andesita porfirítica de color marrón, descansa concordantemente sobre el miembro Chala y subyace con discordancia paralela a las formaciones Socosani y Guaneros.

Este miembro tiene mayor propagación que el anterior y aflora en los cerros Lucmilla, Chala. Su grosor llega hasta 2000 m. y su rumbo varía de E-W a N 60° E y el buzamiento 15° N, la superficie de los afloramientos tiene un color verde, mientras que las porciones cubiertas tienen color rojo.

Edad y Correlación: Dentro de las areniscas del miembro inferior Chala, se presenta un horizonte fosilífero que contiene moldes de lamelibranquios, braquiópodos y crinoideos que han sido clasificados por C. RANGEL.

Los braquiópodos mencionados son comunes del Liásico (Jurásico inferior).

B. Formación Guaneros (Js-gu)

BELLIDO (1963) dió el nombre de Formación Guaneros para designar a unas rocas volcánicas que afloran en la quebrada Guaneros, tributaria por la margen derecha del río Moquegua. La localidad típica de esta formación se encuentra en el valle de Moquegua, 15 km. antes de su desembocadura.

En las quebradas Seca y Flor del Desierto infrayace el Grupo Yura y suprayace al Volcánico Chocolate. Está formado por areniscas blancas, verdes y rojas de grano medio a grueso, intercaladas con lutitas abigarradas, limolitas y margas fosilíferas. Su grosor es inferior a los 300 m. y está afectada por numerosas fallas.

En la quebrada María se ha estimado un espesor de 200 m. a partir de una falla EO que buza hacia el norte. Su litología es muy variable, encontrándose intercalaciones de andesita porfirítica verde y gris oscuro con limolitas verdes, caliza en estratos de 10 a 50 cm. De espesor, arenisca, chert, y meta-andesita intruídos por pequeños diques y sills de andesita.

En el cerro Casposo, la formación está fragmentada por fallas y su grosor es también de unos 200 m. La litología está conformada por brecha volcánica de color verde o marrón, con fragmentos de composición andesítica, que varían en tamaño desde menor de 1 cm. hasta 3 cm., andesitas porfiríticas gris-marrones o verdes, intercalada con areniscas verdes de grano fino a medio y también areniscas conglomeráticas.

Edad y Correlación: Entre las quebradas Seca (cerca de la quebrada Flor del Desierto), dentro de unas margas gris verdosas se han obtenido fósiles que han sido determinados por C. RANGEL como: *Trigonia* sp.cf.T., *eximia* PHILIPPI, *Pecten* cf. *P.tinguiriricanus* PHILIPPI y *Lucina* aff.L.magma – ALENCASTER. Que son comunes en el Jurásico medio a superior.

2.1.1.2 Cenozoico.

A. Formación Moquegua (Nm-mo)

ADAMS (1980), describió como formación Moquegua a la serie de capas continentales, compuestas por acillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufáceas y tufos de color rojizo a blanco amarillento, los afloramientos se extienden por kilómetros desde valle de Moquegua hacia el norte como al sur en la cadena costanera y el pie de la Cordillera Occidental.

Se sigue usando este nombre, desde Steinmann en 1930 y corresponde a una formación de litología muy variable que cubre con una débil discordancia a las rocas eocénicas y oligocénicas del Cuadrángulo.

Los afloramientos se extienden desde Cerro Tuntunya al norte hasta el Cerro Blanco, está compuesta por una arenisca y conglomerado de color amarillo que alcanza un espesor máximo de 80 metros, cuyos elementos se encuentran en una matriz arenosa y arenotufácea.

Edad y Correlación: Como el origen de esta formación es Continental y carente de material fosilífero, sobre la edad de estos depósitos sólo es posible decir desde el punto de vista de su posición estratigráfica, así como por su litología, cuya edad varía posiblemente desde el Mioceno al Plioceno, criterio al que se ha llegado teniendo en cuenta la actividad volcánica del Sur del Perú.

B. Formación Pisco (Nm-pi)

ADAMS (1960) dió el nombre de Formación Pisco a un conjunto de rocas que afloran en el cerro Tiza al norte de Pisco.

En la faja costanera se han reconocido pequeños afloramientos en el sector de Chala, los cuales descansan en discordancia angular sobre las rocas mesozoicas, superficialmente la secuencia es de color blanco amarillento y está formada principalmente de estratos delgados de areniscas finas, arcillitas y capas de yeso. Su grosor es de unos 100 m. y contiene abundantes microfósiles.

En la quebrada del Atajo se tiene los afloramientos de mayor cota, llegando hasta los 700 m.s.n.m., tratándose de areniscas finas y capas de arcillas de color crema, las mismas que yacen discordantemente encima del intrusivo sub-volcánico Calpa.

Edad y Correlación: Los fósiles recolectados en la formación Pisco del área de Chala han sido estudiados por C. RANGEL, encontrándose una vasta fauna de microfósiles que indican el Mio-Plioceno, en la quebrada del Atajo se tiene moluscos como *Ostrea sp.cf. megodon cerrosensis* GABB y Artrópodos como *Balanus sp.*

C. Formación Huaylillas (Nm-hu)

Fue descrita inicialmente por WILSON y GARCIA (1962) en el estudio geológico del cuadrángulo de Huaylillas, con una litología constituida principalmente por tobas y en menor porcentaje por derrames lávicos.

En el cuadrángulo de Chala el afloramiento se observa en el Cerro Carina, su litología consiste en ignimbritas de color rosado, el grosor de la formación Huaylillas varía de 100 a 400 metros.

Edad y Correlación: En el cuadrángulo de Chala, no se dispone de evidencias geológicas que determinen su edad, tampoco se tiene datos de edades radiométricas, por lo que inferimos la misma, en base a sus relaciones estratigráficas.

Fuera del área de estudio se han hecho varias mediciones radiométricas en rocas semejantes habiendo arrojado 14 M.A. en el departamento de Arequipa, 12.5 M.A. en Moquegua de donde se concluye que la edad de la formación Huaylillas es del Mioceno superior.

D. Depósitos Recientes (Qh-al, Qh-e)

Bajo este término se han agrupado a los depósitos, tales como son aluviales y eólicos.

Los depósitos aluviales están constituidos principalmente por arena suelta y semiconsolidada rodada y gravas, descompuesto in situ por alteración de las rocas intrusivas.

Los depósitos eólicos están conformados por arena que ha sido transportada por el viento y controlado por la topografía. Un estudio detallado de estos depósitos ha sido llevado a cabo por PARKER GAY Jr. (1962).

2.1.1.3 Rocas Ígneas.

Las rocas ígneas del área estudiada corresponden aproximadamente al 50% de afloramiento y han sido diferenciadas teniendo en cuenta en primer término la cronología y en segundo el nivel de emplazamiento. Según el primer criterio, se reconocen intrusivos

andinos (Mesozoico-Cenozoicos); según el segundo criterio, los últimos comprenden rocas hipabisales y rocas plutónicas.

A. Complejo Bella Union (Ks-an)

La denominación corresponde a J. CALDAS (1978), al describir un enorme volumen de rocas sub-volcánicas, que en la localidad de Bella Unión (Cuadrángulo de Acarí), manifiestamente intruyen a formaciones del Cretáceo inferior.

En el área de estudio, el Complejo Bella Unión tiene un rumbo que varía de EW a NW-SE donde se prolonga en solución de continuidad, pero limitado marginalmente por grandes lineamientos estructurales, que probablemente controlaron su emplazamiento; intruye a formaciones del Jurásico y Cretáceo inferior.

Litológicamente, el Complejo Bella Unión es muy variado, pero la roca predominante es una brecha de intrusión de naturaleza andesítica o dacítica, en grandes bloques angulosos y sub-angulosos, desarrollados mecánicamente durante su emplazamiento y que por erosión diferencial exhiben una morfología cavernosa. Este tipo de rocas están intruidas a su vez por innumerables diques de andesitas porfiríticas con grandes fenoblastos de feldespatos en matrices afaníticas intensamente piritizadas.

Edad de Emplazamiento: El Complejo Bella Unión, regionalmente intruye a rocas mesozoicas volcánico-sedimentarias desde jurásicas hasta albianas, con un rango de emplazamiento entre 102 MA., hasta 80 MA. (COBBING, 1979); por esta razón se asume una edad de intrusión entre fines del Albiano y comienzos del Cenomaniano.

B. Super-Unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi)

La Super-unidad Linga, después de los gabros y gabrodioritas primarias, corresponde a los emplazamientos más antiguos del Segmento Arequipa, en el área de estudio están bien expuestos desde el cuadrángulo de Chala hasta el cuadrángulo de Jaquí.

La litología predominante de la Super-unidad es la monzonita, pero tiene variaciones internas, aun con contactos definidos y discordantes entre el monzogabro, monzodiorita, tonalita, granodiorita; presenta las siguientes características texturales (AGAR, 1978); tamaño granular variable, plagioclasas tabulares verde pálidas, hornblenda anhedral, poca biotita, y feldespato potásico rojo.

Edad de Emplazamiento: La Super-unidad Linga corresponde a las intrusiones más antiguas del segmento Arequipa. Las dataciones radiométricas indican una edad de

emplazamiento de 97 MA. (COBBING, 1979), por tanto, la edad de intrusión fue desde Cretáceo inferior hasta superior.

C. Super-Unidad Tiabaya (Ks-ti/to-gd, Ks-ti/di)

En el área de estudio, la Super-Unidad Tiabaya corresponde a la secuencia final de intrusión del batolito de la Costa y tiene la particularidad, en forma general, de haberse emplazado a lo largo de una faja central y longitudinal, limitada en el SW por la Super-unidad Linga y en el NE por la Super-unidad Incahuasi; corresponde a la secuencia de mayor volumen en esta porción del segmento Arequipa, encontrándosele expuesto en el cuadrángulo de Chala.

Litológicamente, la Super-unidad Tiabaya se halla compuesta por tonalita, gabrodiorita, diorita, todas estas rocas se caracterizan por un grano fanerítico y textura granítica a hipidiomórfica con cuarzo intersticial, contiene plagioclasas zonadas, grandes cristales prismáticos de hornblenda, como productos secundarios se encuentra la actinolita, sericita, etc.

Edad de Emplazamiento: La Super-unidad Tiabaya está conformada por los plutones más jóvenes del segmento Arequipa y las dataciones radiométricas indican una edad de intrusión de 80 MA. (COBBING, 1979) que permite la evidencia de edad Cretáceo superior.

2.1.2 Geomorfología Regional.

De acuerdo a las características del relieve topográfico, en el que juegan papel importante la diferencia de altura, la estructura geológica, la litología y el clima, se han distinguido las siguientes unidades geomorfológicas: (*Ver ANEXOS, Mapa Geomorfológico Regional Lámina GM-01*)

2.1.2.1 Cadena Costanera (M-Cc).

A partir de los 500 m.s.n.m., el perfil de los cerros se va haciendo cada vez más empinado y por lo tanto la topografía es más accidentada. La altitud que alcanzan los cerros es variada, adquiriendo elevaciones que llegan hasta los 2500 m.s.n.m.

Esta unidad esta disectada por valles transversales y por numerosas quebradas que han modificado totalmente la antigua superficie de erosión.

2.1.2.2 Peneplanicie Subandina (M-Ps).

Constituye una superficie de erosión que se encuentra cortada por numerosas quebradas y ríos que drenan hacia el Pacífico. La diferencia de nivel aumenta progresivamente de SW a NE, desde los 2500 m.s.n.m. hasta los 3200 m.s.n.m.

Esta superficie, posiblemente comenzó a formarse por acción marina y a una altura muy inferior a la actual, alcanzando las rocas del Batolito, que han quedado al descubierto por la intensa erosión modeladora del que sólo una parte está cubierta en pequeñas áreas por depósitos tobaceos más jóvenes.

2.1.2.3 Valles Transversales (FA-Qt).

Los ríos Yauca, Chala, que drenan en dirección SSW, han formado valles, los cuales, por alcanzar su perfil de equilibrio, han profundizado y ensanchado sus cauces. Este proceso desarrollado en un tiempo relativamente corto, se ha debido a la erosión sobre una superficie en proceso de levantamiento.

Los valles de los cursos inferiores tienen un ancho máximo de 2 a 3 km, tal como puede observarse en la parte baja de los valles de Chala y Yauca, pero generalmente son angostos.

2.1.3 Geología Estructural Regional.

Las estructuras del área están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino, en primer lugar, por el metamorfismo regional que afecta a las rocas del Complejo Basal de la Costa y por las discordancias angulares que ponen de manifiesto el ciclo hercínico, reconociéndose las fases eo y tardi-hercínianas.

Las principales zonas estructurales de la región se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido en parte a su diferente naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, materializados ellos por pliegues, fallas y diaclasas que se observan en el área. (*Ver ANEXOS, Mapa Estructural Regional-Lámina EST-01*)

2.1.3.1 Sistema de fallas.

El área de estudio se encuentra localizada dentro de la zona de Fallamiento en bloques, donde se manifiestan estructuras que se extienden de 30 a 40 km., de rumbo E-W con

variaciones NW-SE, a continuación, se describirán algunas estructuras de importancia regional.

Falla el Faro: Tiene un rumbo promedio E-W ubicándose al norte del cuadrángulo de Chala, es una falla normal vertical donde el bloque sur desciende con respecto al bloque norte, esto evidencia la presencia de un graben entre la Falla Cateador, además tendría que mostrar una componente dextral que favorece la formación de las estructuras simétricas.

Falla Cateador: Forma parte del conjunto de fallas normales verticales de este sector, que ha sufrido reactivaciones debido a movimientos orogénicos y epirogénicos, donde el bloque norte ha descendido con respecto al bloque sur.

Esta falla limita al sur el área de estudio, mostrando un posible movimiento normal-dextral, que va a contribuir a la formación de las estructuras dextrales de menor envergadura, pero de importancia local.

Falla Lagunillas: Es una falla normal vertical de rumbo NW-SE, que ha sufrido reactivación por movimientos gravitacionales, donde el bloque norte ha descendido con respecto al bloque sur, la falla lagunillas debe haberse originado en el Cretáceo medio a superior, pues controla el emplazamiento de un cuerpo de monzonita. Posteriormente, en el Paleógeno se reactivó, lo mismo que la mayor parte de las fallas que tienen esta dirección.

2.1.4 Metalogenia del Perú.

El Perú es un país que posee yacimientos de plata, plomo, zinc, cobre, oro, molibdeno, estaño, tungsteno, hierro. Esta diversidad de minerales metálicos se formaron por procesos geológicos muy peculiares, conformados por eventos tectónicos, magmáticas, y de mineralización ocurridos en la Fase Precámbrica, Fase Hercínica temprana (Devónico Superior), Fase Hercínica tardía (Permiano Medio), Convergencia de las placas tectónicas de Sudamérica y de Nazca en el Mesozoico y Cenozoico, con eventos similares que se repitieron en el ciclo andino desde el Triásico Inferior hasta el Terciario Superior, tal como la Fase Mochica del Cretaceo, la Fase Peruana del Cretaceo Superior al Terciario Inferior (Paleoceno, Eoceno), La Fase Inca del Terciario Medio (Oligoceno); Las Fases Quechua 1, Quechua 2 del Terciario Superior (Mioceno) y Quechua 3 del Terciario Superior (Plioceno). (*Ver ANEXOS, Lámina N° 01 FRANJAS METALOGÉNICAS DEL PERÚ*)

2.1.4.1 Mapa Metalogénico del oro en el Perú 2010.

El mapa metalogénico del oro es una representación segmentada a partir del mapa metalogénico del Perú presentado por Quispe et al 2007, 2008a y 2008b. Este mapa presenta sólo las 12 franjas que contienen tipos de operaciones y proyectos mineros de oro. Además, la nueva versión 2010 presenta el mapa con nuevos datos de proyectos mineros e información de producción, reservas y recursos por franjas metalogénicas y tipo de yacimiento. La recopilación de producción de oro se ha tomado de series históricas de Anuarios mineros del Ministerio de Fomento, El Perú Minero de Mario Samamé Boggio y Ministerio de Energía y Minas, e informes inéditos hasta diciembre del 2008.

2.1.4.2 Franjas Metalogénicas de Oro.

Las franjas metalogénicas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales.

La mayoría de los sistemas de fallas que controlan las franjas metalogénicas en el centro y sur del Perú, tienen orientaciones principalmente NO-SE. Su origen se les asocia con la disgregación cortical del rift Permo-Triásico (Mégard, 1973, 1978; Laubacher, 1978; Noble et al., 1978; Dalmayrac et al., 1980; Kontak et al., 1985; Rosas y Fonboté, 1995; Rosas et al., 1997; Jacay et al., 1999; Carlotto et al., 2000; Carlotto et al., 2004), caracterizado por actividad magmática alcalina del Grupo Mitu y presencia de granitoides de la misma edad en su eje axial (Carlotto et al., 2004). Entre los sistemas de fallas reconocidas como permo-triásicas se puede mencionar a Cerro de Pasco-Ayacucho, Satipo-Pangoa-San Francisco, Abancay-Andahuaylas-Totos-Licapa, Puyentimari, Tamburco-Patacancha y Urcos-Sicuani-Ayaviri.

Otros sistemas de fallas de igual categoría son los que se extienden a lo largo del Batolito de Pataz, relacionados con la tectónica eoherciniana, así como, los sistemas de fallas Punre-Canchis-Magistral y Cordillera Blanca, en el Norte del Perú. En el sector central occidental destacan los sistemas de fallas Chonta, Churín-San Mateo, Tapacocha y Conchao-Cocachacra. Mientras que en el sur del Perú se tienen a los sistemas de fallas Ica-Islay-Ilo, Chincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco Lagunillas-Mañazo.

De esta manera, a partir de los datos tomados de Quispe et al. 2008a, se han modificado y actualizado la información de las franjas metalogénicas del oro:

2.1.4.3 IX Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivo de Cretácico Superior.

Se extiende discontinuamente en tres áreas: Trujillo (Cerro Ballena; 9°30'-10°), Canta (Lomada-Caracol-Lajas; 11°-11°30') y Saramarca-Nazca-Ocoña (14°30'-17°). Las estructuras mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa. En las áreas de Trujillo y Canta los controles estructurales son las fallas secundarias NO-SE, N-S y NE-SO de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. En Saramarca-Nazca-Ocoña, las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que constituyen el corredor Nazca-Ocoña. Entre los principales depósitos de esta franja se puede mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga (Acosta, J., 2006a, b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

2.2 MARCO CONCEPTUAL.

2.2.1 Concepto y origen de los yacimientos minerales.

Los elementos químicos de nuestro planeta se distribuyen por lo general de manera uniforme, sin embargo, en las zonas donde las concentraciones son mayores constituyen los denominados yacimientos minerales y por su interés económico son rentables para su explotación, pero esto lo clasificamos según su abundancia y distribución en el planeta. Los procesos que llevan a la diferenciación de un magma, o a la formación de una roca sedimentaria o metamórfica implican en ocasiones transformaciones profundas químico-mineralógicas. Es durante el curso de esos procesos que algunos elementos o minerales pueden concentrarse selectivamente, muy por encima de sus valores "normales" para un tipo determinado de roca, dando origen a concentraciones "anómalas" que de aquí en adelante denominaremos "yacimientos minerales".

El otro factor importante a considerar es el económico: esas concentraciones podrán ser o no de interés económico, lo que delimita el concepto de Yacimiento explotable o no explotable, en función de factores muy variados, entre los que a primera vista destacan algunos como el valor económico del mineral o minerales extraídos, su concentración o ley, el volumen de las reservas, la mayor o menos proximidad de puntos de consumo, la evolución previsible del mercado, etc. (https://previa.uclm.es/_users/higueras/.html)

2.2.2 Yacimientos Hidrotermales.

A medida que un magma se solidifica se van formando los minerales propios de las rocas ígneas (silicatos y óxidos) mientras la fase líquida y gaseosa de la mezcla se van enriqueciendo en agua con ciertos elementos y sustancias en solución (F, Cl, B, CO₂, S, Fe, Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Sb, Ba, Ca, etc.).

Estas fases son expulsadas del magma, principalmente durante su solidificación, a temperaturas de 400° a 800°C y a considerable presión, produciendo efectos de metasomatismo y relleno en las rocas de caja.

El agua es expulsada de su fuente magmática se desplaza, lateralmente o verticalmente, para llegar finalmente a la superficie donde aflora como fuente o manantial de agua termal.

Desde la profundidad magmática hasta la superficie el agua pierde temperatura y presión, perdiendo en consecuencia la mayor parte de su poder disolvente. Por ello, casi todas las sustancias disueltas en el agua se precipitan "en el camino" originando concentraciones o depósitos minerales.

Los conductos por los cuales el agua se moviliza son, fundamentalmente, fallas y diaclasas, aunque localmente pueden tener importancia otros espacios abiertos como vesículas de lava, intersticios de sedimentos cuevas de disolución y brechas de colapso y de explosión.

Las fallas y diaclasas no solamente sirven como conductos, sino que, a medida que transcurre el proceso, se van relleno con las sustancias que precipitan. Podrían compararse este relleno con la forma como se deposita el sarro en una cañería, desde las paredes hacia el centro, hasta obstrucción total.

Los depósitos minerales que se producen por este mecanismo de relleno tienen la forma de conducto y, como la mayoría de los conductos son fallas y diaclasas, las formas más comunes son las vetas.

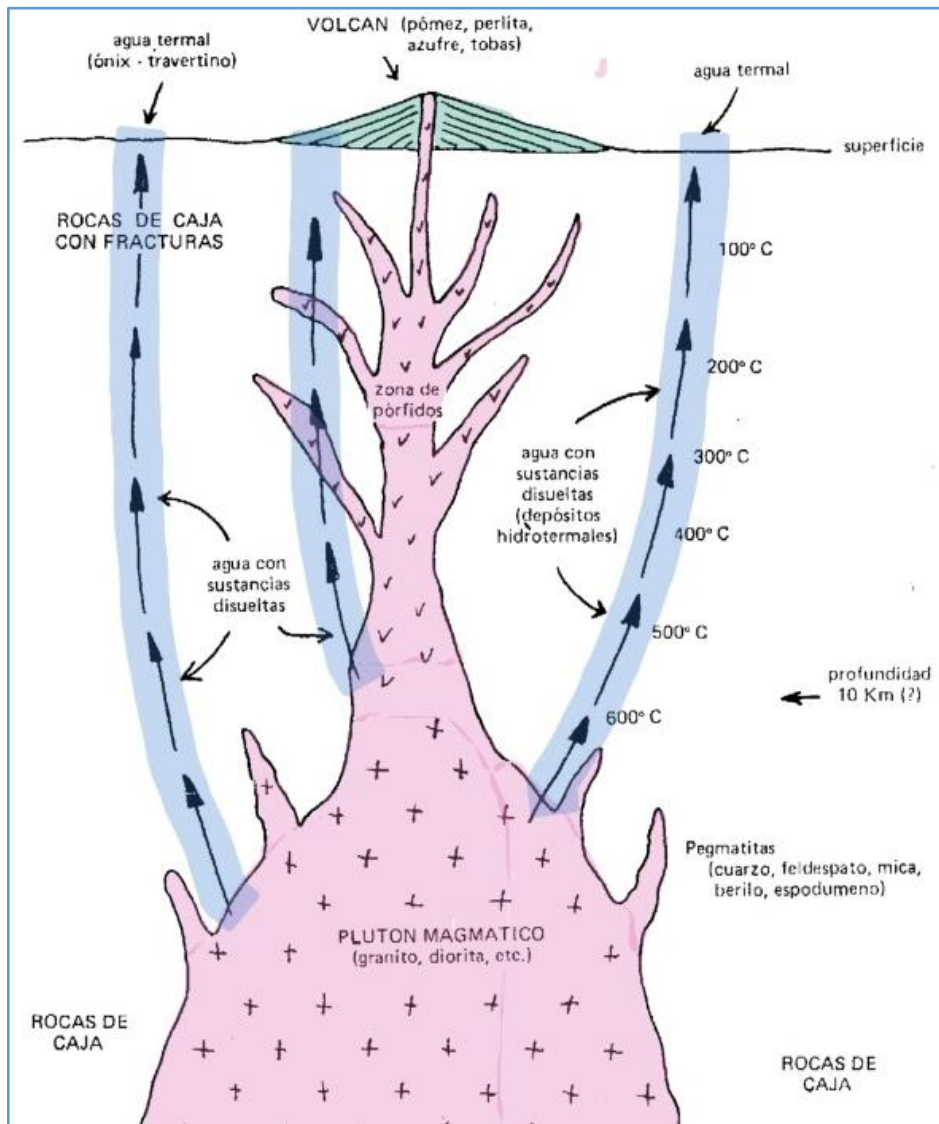
En ciertas condiciones, y en especial cerca de la fuente magmática, las aguas calientes también pueden atacar a las rocas de caja, produciendo alteración, disolución y precipitación de nuevas sustancias en lugar de las disueltas (metasomatismo).

Cuando la mineralización ocurre en el inmediato contacto con la masa magmática. La concentración resultante se llama yacimiento "metasomático de contacto" o "piro-metasomático".

Si la mineralización se produce fuera de la zona de contacto, a medida que aumenta la distancia y disminuye la temperatura, los yacimientos resultantes se llaman "hipotermales", cuando se forman a más de 300°C, mesotermales, cuando lo hacen entre 150 y 300°C, y epitermales a menor temperatura.

Dejando de lado, por el momento, la influencia de presión, puede decirse, de manera general, que cada mineral tiene un determinado rango de temperaturas de formación dentro del cual se produce su precipitación. Por eso, el hidrotermalismo tiene a particularidad de presentar una "Zonación", es decir una distribución en zonas con distintas mineralizaciones de acuerdo a la temperatura. (<https://prezi.com/yacimientos-hidrotermales/>)

FIGURA N° 01: ESQUEMA DE YACIMIENTOS HIDROTERMALES



FUENTE: Internet (www.alteracioneshidrotermales.pdf).

2.2.2.1 Principio de los yacimientos hidrotermales.

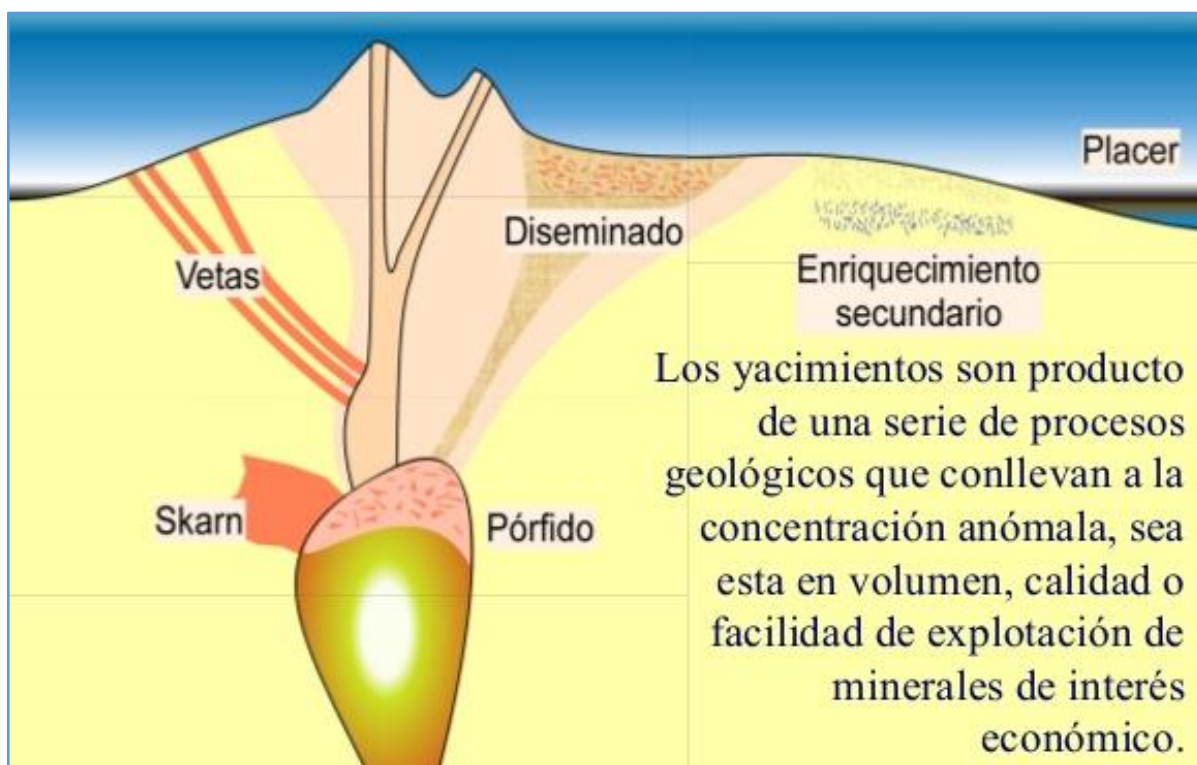
Los geólogos atribuyen a los procesos hidrotermales la gran variedad de depósitos minerales metálicos que proporcionan la mayoría de nuestros útiles de uso común que son los metales y minerales.

De estos depósitos se obtienen la mayor parte el oro, plata, cobre, plomo, zinc, mercurio, antimonio y molibdeno. Por consiguiente, estos depósitos han sido explotados, investigados y estudiados mucho más que los de ningún otro grupo. Ellos han dado origen a muchos de los grandes depósitos mineros del mundo.

Factores esenciales para la formación de depósitos hidrotermales son:

- Disponibilidad de soluciones mineralizadoras susceptibles de disolver y transportar materia mineral.
- Presencia de aberturas en las rocas las cuales puedan canalizarse las soluciones.
- Presencia de lugares emplazamiento para la deposición del contenido mineral.
- Reacción química cuyo resultado sea la deposición.
- Suficiente concentración de materia mineral depositada para llegar a constituir depósitos explotables.

FIGURA N° 02: TIPOS DE YACIMIENTOS HIDROTERMALES.



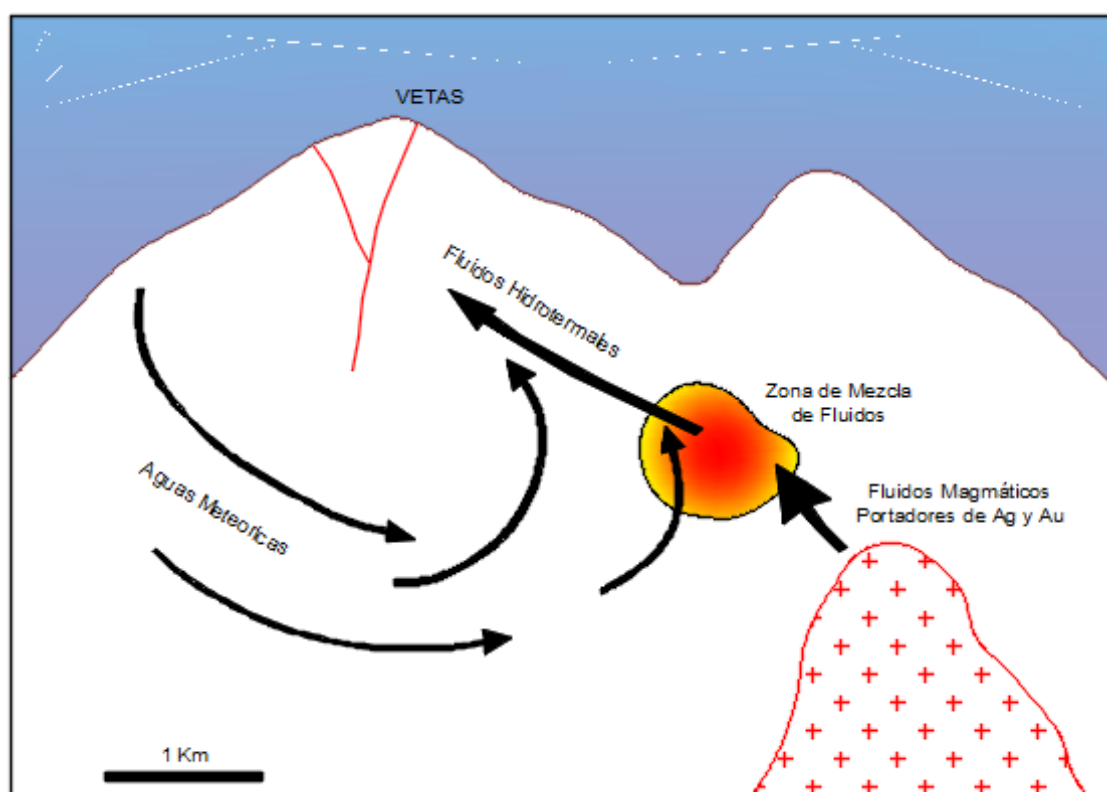
FUENTE: INGEMMET (Exposición Valencia Michel).

2.2.2.2 Características de las Soluciones.

La naturaleza de las soluciones hidrotermales debe interpretarse por deducción y por analogía con ciertos tipos de manantiales termales. Su acción es visible sólo en la forma de depósitos minerales o como una alteración de la pared rocosa. Como implica la palabra hidrotermal, son aguas calientes cuya temperatura oscila probablemente entre los 500°C y 50°C. Las de temperatura elevada están también a presión elevada.

(<https://geologist.com/yacimientos-hidrotermales.html>)

FIGURA N° 03: ESQUEMA DE SOLUCIONES HIDROTERMALES.



FUENTE: Echevarría L; (Colorado, USA)

2.2.2.3 Abertura de las Rocas.

El desplazamiento de las soluciones hidrotermales desde su origen hasta el lugar de deposición depende en gran manera de las aberturas que se hallen disponibles en las rocas. La deposición de grandes masas de minerales extraños implica la necesidad de una continua provisión de materia nueva, y esto significa que deben existir conductos de tránsito. Las aberturas tienen que estar interconectadas. Además, es evidente que los

depósitos de relleno de cavidades no pueden formarse a menos que existan cavidades susceptibles a ser rellenadas. (<https://geologist.com/yacimientos-hidrotermales.html>)

Los diferentes tipos de aberturas en las rocas que pueden servir de receptores para los minerales o permitir el desplazamiento de soluciones o de sus constituyentes a través de las rocas, pueden clasificarse del modo siguiente:

A. Cavidades Primitivas.

- Retículos cristalinos: Los espacios existentes entre los átomos de cristal pueden permitir la difusión de iones de radios iónicos más pequeños. Esta difusión puede permitir que se produzcan sustituciones o adiciones dentro de los cristales.

- Vesículas o burbujas de aire: Son aberturas producidas por vapores en dilatación, típicas de la parte superior de muchas corrientes de lava basáltica. Son de forma tubular, casi circulares en sección transversal y pueden estar separadas por espacios de 1,25 a 5 cm entre sí. Si las vesículas están llenas, la roca se denomina amigdaloides. Si están apiñadas, forman una roca celular como una esponja, llamada escoria.

- Conductos de expulsión de lavas: Se forman en las corrientes de las lavas cuando solidificado la parte exterior de ésta, y la lava líquida que queda en el centro se escurre hacia afuera dejando un tubo o túnel.

- Grietas de enfriamiento: Se forman como resultado de la contracción al enfriarse las rocas ígneas. Pueden ser juntas espaciadas regularmente que dividen a la roca en bloques, o bien fracturas lisas paralelas, o resquebrajaduras irregulares.

- Cavidades de brechas ígneas: Las brechas ígneas son de dos tipos:

* Brechas volcánicas que forman conglomerados

* Brechas de intrusión.

Ambas están formadas por fragmentos angulares y gruesos de rocas ígneas, con materiales más finos en los intersticios. Pueden ser totalmente permeables.

- Planos de estratificación: Son rasgos bien conocidos de todas las formaciones sedimentarias. Permiten la entrada de soluciones hidrotermales y la sustitución de las paredes adyacentes por menas minerales. (<https://geologist.com/yacimientos-hidrotermales.html>)

B. Cavidades Provocadas.

- Fisuras con fallas o sin ellas: Las fisuras son aberturas tabulares continuas en las rocas, generalmente de considerable longitud y profundidad. Las originan fuerzas de

compresión, de tensión o torsión que actúan sobre las rocas y pueden ir o no ir acompañadas de fallas. Así, las fallas son fisuras, pero no todas las fisuras son necesariamente fallas. Pueden constituir conductos largos y continuos para las soluciones. Cuando están ocupadas por metal o minerales forman filones de fisura.

- Cavidades de zonas de cizallamiento: Las zonas de cizallamiento se producen cuando las fracturas, en lugar de estar concentradas en una o dos roturas individuales, se descomponen en innumerables superficies de roturas y trituración, muy poco espaciadas entre sí a pesar de ser discontinuas, más o menos paralelas. Generalmente las fallas están presentes. Las aberturas delgadas y hojosas, en su mayoría de tamaño infinitesimal, son excelentes conductos para las soluciones, como lo demuestran las copiosas corrientes de agua que fluyen por ellas en los lugares donde forman túneles y minas. Por razón de las diminutas aberturas, sólo puede producirse en ellas una deposición menor en espacio descubierto, pero la gran superficie específica disponible hace que las zonas de cizallamiento sean favorables para la localización de depósitos de sustitución.

- Chimeneas volcánicas: Cuando una actividad volcánica explosiva practica aberturas tubulares, las materias expulsadas pueden volver a caer o ser arrastradas de nuevo a la abertura, formando una brecha angular con espacios entre los fragmentos. Estas aberturas constituyen excelentes conductos para el transporte de soluciones mineralizantes a partir de las cuales pueden formarse depósitos de relleno de cavidades o depósitos de sustitución.

- Brechas: Pueden formarse por la fragmentación de cualquier roca quebradiza reducida por plegamiento, fallas, intrusión u otras fuerzas tectónicas, en cuyo caso se forman las brechas tectónicas o bien por hundimiento de las rocas situadas encima de una abertura, en cuyo caso se forman las brechas de hundimiento. Como en otras brechas, los espacios existentes entre los fragmentos angulares proporcionan espacio para circulación de soluciones, relleno de cavidades o sustitución.

- Aberturas de alteración de rocas: Las paredes rocosas que han sido alteradas por soluciones resultan ser (después de practicar en ellas pruebas adecuadas) generalmente más porosas que las rocas no alteradas y permiten la entrada de soluciones mineralizantes.

(<https://geologist.com/yacimientos-hidrotermales.html>).

2.2.2.4 Factores que afectan a la deposición.

Los que se refieren a la deposición a partir de soluciones hidrotermales son cambios predominantemente químicos en las soluciones, reacciones entre las soluciones y las paredes rocosas o los materiales de los filones, y cambios de temperatura presión.

A. Cambios y reacciones químicas.

En su largo camino ascendente, las soluciones mineralizadoras tienen que experimentar inevitablemente algún cambio químico por su reacción con las rocas que atraviesan. Las rocas silicificadas las hacen alcalinas o más alcalinas. La concentración de iones hidrógeno (pH) puede determinar cuándo ha de ocurrir la reacción con las rocas o la deposición.

En la sustitución, puede producirse naturalmente la sustitución de los minerales antiguos por otros nuevos, sólo por reacción entre la solución y un sólido. Paredes rocosas muy reactivas, como calizas, en desequilibrio con las soluciones producen un rápido cambio químico acompañado de deposición.

B. Temperatura y presión.

Los factores más importantes que provocan deposición hidrotermal a partir de soluciones son los cambios de temperatura y presión. En general, un descenso de temperatura hace disminuir solubilidad y produce la precipitación.

Las soluciones hidrotermales inician su camino con el calor proporcionado por el magma, calor que se pierde lentamente al ir atravesando las rocas. El descenso de temperatura depende del ritmo de pérdida de calor en las paredes rocosas, lo cual depende a su vez de la cantidad de solución que las atraviese, de las reacciones exotérmicas y principalmente de la capacidad de la pared rocosa para absorber el calor. Cuanto mayor es la difusibilidad térmica de una roca más rápidamente absorberá el calor y mayor será el descenso de la temperatura en las soluciones. En las fases iniciales de circulación con paredes rocosas frías, el descenso de temperatura será relativamente rápido, pero la continua fluencia de soluciones calentará las rocas de las paredes hasta llegar a la temperatura de las soluciones, en cuyo momento disminuirá la pérdida de calor. La naturaleza de las aberturas rocosas afecta también a la pérdida del calor. La fluencia rápida a través de una fisura abierta de paredes rectas provocará menor pérdida de calor que la fluencia por las complicadas aberturas de una brecha que tenga gran superficie específica, donde el

descenso inicial de temperatura será rápido. Sin embargo, una vez calentada, la brecha no absorberá mucho calor de la solución. Cuanto mayor sea el volumen de solución nueva que pase por un punto dado tanto mayor será la aportación de nuevo calor, y más lento el descenso de temperatura de las soluciones. Así, en una fisura con constricciones y espacios abiertos característicos, la temperatura de las soluciones descenderá menos en las porciones angostas que en otras más amplias. Dichos rasgos tienen también importancia en la determinación y localización de la deposición del mineral.

Las soluciones se inician a las altas presiones existentes en las grandes profundidades donde se originan. Su camino ascensional, a través de zonas de baja presión, ya acompañado normalmente por un descenso de presión que provoca asimismo la precipitación. Pero también existen otros factores que pueden determinar cambios en la presión. Las angosturas de los conductos, el relleno parcial por deposición mineral, o los obstáculos, pueden provocar excesos de presión. El escape de las soluciones a espacios más abiertos por encima de las angosturas hace descender la presión y provoca la deposición. De este modo, los cambios de carácter físico de las aberturas por las cuales pasan las soluciones desempeñan un papel importante determinar y localizar la deposición de minerales a partir de la solución hidrotermal. (Garcés, H. 1984. Geología Económica de los Yacimientos Minerales, Editorial Clave, Medellín – Colombia).

C. Alteración de la roca encajonante.

Los depósitos minerales hidrotermales van generalmente acompañados de una faja de alteración de las paredes rocosas, visible a simple vista. Por ejemplo, en un filón de fisura, la zona de alteración es paralela a las paredes de fisura, de anchura relativamente uniforme y varía en amplitud según el volumen del filón. La intensidad de la alteración depende también de la pared rocosa y del carácter químico, temperatura y presión de las soluciones mineralizantes. Si los filones están poco separados entre sí, el halo de alteración de una veta puede confundirse con el de otro, y el espacio comprendido entre ambos está enteramente alterado. Ello es particularmente sorprendente en el caso de los "cobres porfídicos" donde la roca huésped comprendida entre las numerosas vetas pequeñas que se cortan entre sí ha sido alterada intensamente hasta distancias que alcanzan centenares de metros.

En un filón epitermal, la zona alterada visible es generalmente estrecha, y la alteración se descubre difícilmente, pero en uno mesotermal la zona será probablemente ancha e intensa, y se confundirá gradualmente con la roca nueva partiendo de la veta. En

condiciones hipotermas, pueden formarse en las paredes rocosas minerales de alta temperatura tales como la turmalina, topacio, piroxenos y anfíboles.

La naturaleza de la alteración varia algo, también con la clase de la roca, pero es sorprendente que en el caso de un depósito de cobre mesotermal, el producto de la alteración de una monzonita cuarcífera se parece al derivado de una diorita o de un esquisto cristalino. Con la mayoría de las rocas salvo la caliza y la cuarcita, el producto final de la alteración es una roca formada en su mayor, parte por sericita y cuarzo. Los feldespatos, minerales ferromagnesianos y micas primarias se transforman en sericita y generalmente se les añade sílice. A esto se le llama "sericitización".

Trabajos recientes han permitido descubrir que en muchos de los "cobres porfídicos" la zona exterior de alteración se caracteriza por la alteración arcillosa es decir: la formación de minerales arcillosos como dickita y montmorillonita.

En muchos lugares pueden superponerse dos fases de alteración de la roca donde la mineralización de cobre hipogénico estuvo acompañada de una amplia e intensa sericitización de las rocas huéspedes. (Garcés, H. 1984. Geología Económica de los Yacimientos Minerales, Editorial Clave, Medellín – Colombia. (CAPITULO 9 Pág. 64-72).

TABLA N° 01: ALTERACION DE ROCA ENCAJONANTE

YACIMIENTO	ROCA ENCAJONANTE	PRODUCTOS DE ALTERACIÓN
Epitermal	Caliza	Silicificación
	Lavas	Alunita, Clorita, Pirita, Sericita, Arcillas
	Ígneas, Intrusivas	Clorita, Epidota, Calcita, Cuarzo, Sericita, Arcillas
Mesotermal	Caliza	Silicificación, Jasperoide, Dolomitas
	Pizarras, Lavas	Silicificación, Arcillas
	Ígneas sílicas	Sericita, Cuarzo, Arcillas
	Ígneas básicas	Serpentina, Epidota, Clorita
Hipotermal	Rocas graníticas, esquistos	Greisen, Topacio, Turmalina, Piroxenos, Anfíboles

FUENTE: Tomado de www.alteracionesderocas.pdf.

D. Localización de la mineralización hidrotermal.

La causa de la localización de los yacimientos hidrotermales tiene, a la vez, interés científico e importancia práctica. Naturalmente, varía en cada distrito, y puede ser debida a uno o más factores que hayan actuado conjuntamente. Las más de las veces depende del carácter químico y físico de la roca huésped, de los rasgos estructurales, de la intrusión, de la profundidad de la formación, de los cambios que experimenten las aberturas de las rocas o de una combinación de todos estos factores. En algunos casos se ve claramente

definida la causa de la localización; en otros, es enigma.

(http://deco.alc.upv.es/cuevasalicante/depositos_hidrotermales.pdf)

E. Intrusión.

Como la mayoría de soluciones hidrotermales son de procedencia magmática, la situación de la intrusión madre puede determinar la localización del mineral. Las cúpulas o las apófisis en las intrusiones pueden localizar el mineral en sus proximidades; los volcanes pueden hacer lo mismo.

F. Características de la roca encajonante.

Los depósitos hidrotermales pueden formarse en cualquier clase de roca huésped, pero algunas de ellas influyen en la deposición más que otras. En el caso de depósitos de relleno de cavidades, la localización de la abertura, más que el carácter de la roca contenedora, es lo que localiza el mineral, si bien la naturaleza física y química de la roca huésped puede determinar el emplazamiento y forma de la cavidad. Por ejemplo, las rocas quebradizas se desmenuzan más fácilmente que las no quebradizas, y por consiguiente localizan las fracturas y brechas; las rocas carbonatadas permiten la formación de aberturas para la solución. Prescindiendo de que una roca pueda ser químicamente favorable, la deposición de mineral no puede producirse a menos que existan aberturas en la roca que ofrezcan emplazamientos para el relleno de cavidades o que permitan la entrada de soluciones para la sustitución. Es necesaria la permeabilidad, y ésta le puede proporcionar el espacio poroso originario, la fisibilidad, los planos de exfoliación de los minerales, las brechas, las juntas, las pequeñas fracturas y otros factores. La influencia de la roca huésped en la localización del mineral puede ser, por lo tanto, química o física, o ambas cosas a la vez. También la superficie específica es un factor importante.

G. Rasgos estructurales.

Los rasgos estructurales son importantes localizadores de depósitos hidrotermales. Las fisuras sirven por, sí solas como emplazamientos, así como de conductos para el desplazamiento de los fluidos minerales hasta las rocas susceptibles de sustitución. La intersección de fisuras con rocas favorables se utiliza en la búsqueda de depósitos de sustitución. Ambas son necesarias. Puede existir una caliza favorable a la sustitución, pero no podrá producirse sustitución alguna en ella si las soluciones no pueden llegar a la misma, y al revés: puede existir un excelente conducto de fisura, pero si sus paredes

son desfavorables, no se producirá ninguna sustitución. Es necesaria la coincidencia de ambas cosas. Así, en muchos distritos mineros, hasta las más pequeñas fisuras son seguidas con taladros hasta llegar a capas favorables ya conocidas, con la esperanza de descubrir depósitos explotables en tales emplazamientos.

Las fisuras múltiples y las zonas de cizallamiento localizan los depósitos minerales de un modo parecido a las fisuras.

Las intersecciones fisuradas son emplazamientos particularmente favorables a la deposición de mineral. Los plegamientos juntos e inclinados y los plegamientos de arrastre fueron importantes localizadores para depósitos de sustitución. Las brechas son emplazamientos muy favorables, tanto para los depósitos de relleno de cavidades como para los de sustitución. Los rasgos debidos a sedimentación, como planos de estratificación, laminación o capas permeables continuas, irregularidades del terreno o capas impermeables superyacentes, pueden influir en la localización de depósitos, proporcionando conductos para las soluciones mineralizadoras. (Charles F. Park Jr. – Roy A. Macdiamid, yacimientos minerales, edición omega s.a., Casanova – Barcelona)

2.2.3 Tipos de depósitos hidrotermales.

De acuerdo con la temperatura de formación los yacimientos hidrotermales fueron divididos por W. Lindgren, 1931, en: hipotermiales (400-300°C), mesotermiales (300-200°C), epitermiales (200-100°C) y teletermiales (100-0°C). Evidentemente, se trata de una clasificación excesivamente rígida, ya que en la naturaleza es difícil que los yacimientos minerales respondan a intervalos de temperatura tan definidos. En una revisión de los mayores yacimientos hidrotermales según (Broken Hill, Sullivan, Noranda, Timmins, etc.), realizada en el año 2001, la clasificación de los yacimientos hidrotermales quedó de la siguiente manera.

- ❖ Hipotermiales.....Desaparecen.
- ❖ **Mesotermiales.**
 - Pórfidos de cobre, molibdeno, oro, estaño.
 - Filones de cordillera.
 - Ígneos metamórficos.
 - Cobre, oro, hierro.
 - **Intrusión relacionada con Au.**

- ❖ Epitermales.
 - Alta sulfuración.
 - Baja sulfuración.
- ❖ Removilización de soluciones.
 - Tipo Mississippi valley.
 - Cobre, oro, fierro, uranio.
- ❖ Volcanogénicos.

2.2.3.1 Depósitos Epitermales.

Los depósitos epitermales se forman a profundidades menores a 1 km, temperaturas entre 50 a 200°C, y estos son característicos de las regiones de actividad ígnea donde la erosión no los ha removido. Los depósitos son en general en forma de vetas, fisuras irregulares o pipas de brechas. Los depósitos epitermales incluyen sulfosales de plata, teluros de plata y oro, estibina, cinabrio y cobre nativo. La alteración de las rocas cajas es a menudo extensiva e incluyen muscovita, clorita, alunita, ceolitas, adularia, sílice y piritita.

Ambiente: Hipógeno - Supergeno.

Los minerales primarios o Hipógenos son aquellos que se forman por procesos al interior de la tierra. Estos minerales sufren alteración cerca de la superficie por efecto de aguas meteóricas o aguas superficiales oxigenadas dando lugar a minerales secundarias o supérgenos.

La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de "baja sulfuración", son reducidos y tienen un pH cercano al neutro y los fluidos de "alta sulfuración" los cuales son más oxidados y ácidos. Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1996) y Hedenquist et al. (2000) y se refieren al estado de oxidación del azufre, en los de alta sulfuración el azufre se presenta como S_4^+ en forma de H_2S y los de baja sulfuración como S_2 en forma de H_2S (reducido).

2.2.3.2 Depósitos Mesotermiales.

Los depósitos mesotermiales comprenden yacimientos formados, como su nombre lo indica, a moderadas presiones y temperaturas. Se les asigna unas temperaturas de formación de 175 a 300° C según Lindgren.

Generalmente estos depósitos están asociados a rocas ígneas intrusivas que varían entre ácidas (silíceas), básicas (máficos) e intermedias.

Los minerales más predominantes en condiciones mesotermales son: **oro**, plata, cobre, plomo, zinc, molibdeno, con gangas de cuarzo, pirita y minerales de carbonatos.

2.2.3.3 Depósitos Filonianos (Vetas).

La formación de los filones tiene características muy relevantes y complejas, por lo que su génesis es un poco complicada, ya que está íntimamente relacionada a la geología estructural, la que condiciona a estos yacimientos en su formación.

La formación de un filón implica dos constantes que son: la formación de la fisura misma y los procesos de formación del mineral, ambos factores pueden estar separados por un largo intervalo de tiempo, ninguno de los dos puede determinar la formación de una veta de fisura por sí mismo, por lo que se necesita la coincidencia de ambos.

Las fisuras pueden formarse por virtud de tensiones (formación de fallas normales debido al tectonismo pre-mineral), así mismo pueden formarse o ampliarse en el momento de la mineralización por fuerza intrusiva de las soluciones mineralizantes que actúan desde abajo, separando las rocas por las zonas de debilidad.

Se sabe también que la fuerza de los cristales al aumentar de tamaño puede separar como cuña las paredes de las grietas.

Los filones tienen la particularidad de tener como agente principal al tectonismo, porque gracias a él se forman la falla pre-mineral, que posteriormente serán rellenadas por fluidos mineralizantes, que pueden tener varias pulsaciones de acuerdo al relleno del filón

(<https://es.scribd.com/doc/Filones-y-Minerales-Filonianos-Depositos-Hipotermales>).

A. Variedades de filones.

Son por lo general por la competencia y los tipos de rocas donde llegan a emplazarse, los filones llegan a tener muchas formas variadas; por lo tanto, las variedades de filones pueden ser: simples, compuestos, eslabonado, ojoso, dilatado y de cámara, cada una de ellas puede ser compacta o modificada.

El filón simple ocupa una sola fisura, cuyas cajas son rectas y paralelas; cuando las cajas son irregulares o forman brechas debido a la formación de carga ligera y cerca de la superficie se denomina con frecuencia filón de cámara.

Generalmente se encuentran varias a la vez a modo de sarta de salchichas, pero pueden estar sueltos, formando lentejones escalonados, esto debido al hinchamiento o dilatación, por la presión transmitida por las soluciones mineralizantes, algunas son debido a la fragmentación de un filón pre-existentes durante el metamorfismo posterior a las rocas encajonantes.

Un grupo de fracturas cercanas, que están delimitadas y paralelas es un filón laminado, cada fractura es rellenada por mineral y separado por cajas de roca estéril y el conjunto se explota como un solo filón. (<https://es.scribd.com/doc/Filonos-y-Minerales-Filonianos-Depositos-Hipotermiales>)

B. Cambios del Emplazamiento de un filón.

Los filones cuando pasan de un tipo de roca a otro, cambian de manera brusca en la dirección de sus diaclasamientos como en su relleno, esto es debido al diferente comportamiento físico de la roca con respecto a otra roca, debido principalmente a los movimientos tensionales de estas.

C. Comportamiento de la longitud y profundidad de un filón.

Las longitudes de los filones son variadas de acuerdo a las dimensiones de las rocas que las albergan, es decir un filón puede tener desde decenas hasta centenares de metros, pero son pocos los que llegan a tener dimensiones superiores al kilómetro, esto quizá debido a la competencia de la roca que recibe la mineralización, por lo tanto muchos filones pueden estar en forma paralela y desaparecer uno antes del otro o pueden ser limitados por fallas locales que rompen su secuencia de emplazamiento (<https://es.scribd.com/doc/Filonos-y-Minerales-Filonianos-Depositos-Hipotermiales>).

2.2.4 Mineral de mena.

Es el mineral, cuya explotación presenta interés, en general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento químico de interés (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, Sn de la casiterita entre otros muchos más). Un mineral es mena de un metal cuando mediante la minería es posible extraer ese mineral de un yacimiento y luego mediante procesos metalúrgicos se obtiene el metal o el elemento químico de interés económico.

2.2.5 Mineral de ganga.

Ganga es el material que se descarta al extraer la mena de un yacimiento de mineral, por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento. Es posible que un mineral que se considere ganga en un yacimiento sea de interés en otro, o que la mejora en las técnicas extractivas o los usos industriales haga rentable el procesamiento de materiales anteriormente considerados ganga.

2.2.6 Cubicación y cálculo de reservas.

Una vez extraído y analizado las muestras tomadas con sus respectivas leyes medias correspondientes, se procede a la delicada fase de estimación de las reservas del yacimiento (cubicación). Esta consiste en calcular, con el mínimo error posible, la cantidad de mineral existente en el yacimiento.

Las reservas que se estiman en esta fase inicial son las *geológicas o in situ*, posteriormente se tienen en cuenta las condiciones como son los factores de diseño de explotación, método de explotación, recuperación, dilución, elementos traza, etc.

El grado de dificultad implícito se incrementa con la extensión del yacimiento a explorar, si se sobreestiman se pueden empezar trabajos mineros que no resulten rentables, si se subestiman se puede decidir el abandono de un prospecto que era rentable.

2.2.6.1 Métodos para la cubicación de recursos y reservas.

Existen dos tipos de métodos usados para la estimación de recursos y reservas, cuya aplicación depende de las características del yacimiento, estos métodos son los siguientes.

A. Métodos clásicos o geométricos.

Son los que se usan tradicionalmente, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación de las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo que determina la construcción de los bloques geométricos a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos (Roberto Oyarzun 2011).

Las características principales de este método son sencillos, se basan en criterios comúnmente geométricos, están siendo superados por los métodos modernos, la variabilidad es extrema.

Los principios de interpretación de este método son los siguientes:

- El principio de los cambios graduales presupone que los valores de una variable (ancho, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une dos puntos de muestreo contiguos.
- El principio de muestras vecinas más cercanas admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo.
- El último de los principios permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por analogía con yacimientos similares.

Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individualmente y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento.

Los tipos de métodos clásicos o geométricos que se utilizan para la estimación de recursos y reservas son:

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

B. Métodos modernos o geoestadísticos.

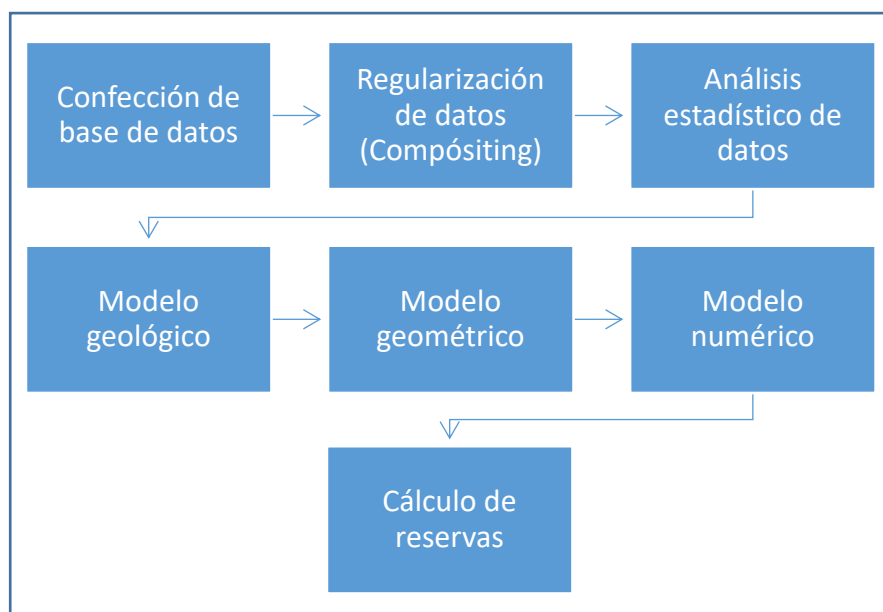
Los métodos modernos o geoestadísticos son más exactos y ofrecen una información más completa que los métodos clásicos. Sin embargo, se requiere una formación académica especializada, software adecuado lo cual permiten realizar estimaciones en bloques más pequeños, se basan en procedimientos matemáticos de interpolación local y emplean datos de los sondeos y calicatas.

Las características de los métodos modernos son las siguientes:

- Se han desarrollado ampliamente en los últimos años.
- Están dirigidos a informatizar los métodos clásicos.
- Con el uso de la geoestadística, los métodos son más potentes.
- Realizar estimaciones en bloques más pequeños.
- Procedimientos matemáticos de interpolación local.

La secuencia del uso de este método se debe adecuarse a los siguientes pasos:

CUADRO N° 02: MÉTODO GEOESTADÍSTICO



FUENTE: Elaboración Propia.

2.2.6.2 Elementos de la cubicación de reservas.

Es el conjunto de consideraciones que permiten aproximar la cantidad de mineral susceptible de explotación económica. (EVANS 1993).

A. Contacto geológico.

Define los límites litológicos y/o estructurales de una determinada zona de mineralización.

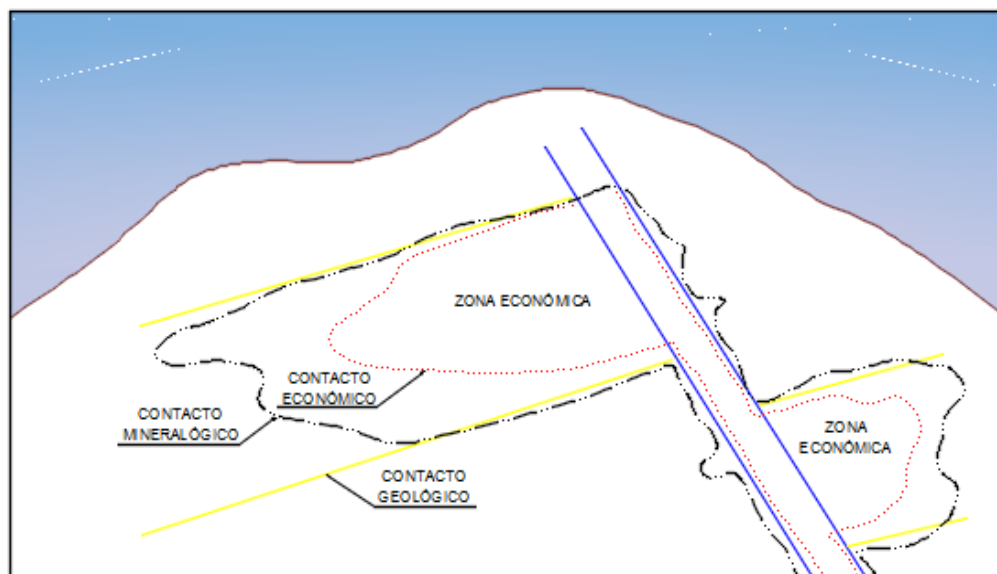
B. Contacto mineralógico.

Se define por la extensión de la masa mineral, entendida como recurso “geológico” que en algunos casos no coincide con contactos geológicos o económico al incluir puntos donde las leyes pueden ser subeconómicas.

C. Contacto económico.

Define los límites del material a partir del cual se pueden obtener ganancias (cut off grade).

FIGURA N° 04: ELEMENTOS DE CUBICACIÓN DE RESERVAS.



FUENTE: Estimación de Reservas (R. OYARZUN)

2.2.7 Inventario de recursos y reservas minerales.

2.2.7.1 Definición.

El inventario de minerales es la estimación cuantitativa de los tonelajes y leyes de un yacimiento de acuerdo a su valor, certeza y accesibilidad que incluye a los minerales de interés económico, como las reservas de minerales y recursos minerales, así como a otros que no lo tienen en el momento de la estimación.

2.2.7.2 Finalidad.

Tiene por objeto definir las reservas, recursos y otros minerales de un yacimiento, así como su distribución, a fin de planear su explotación o ampliar la escala de producción para un tiempo determinado cuando se trata de reservas minerales. La estimación de recursos minerales es importante porque con un estudio de factibilidad pueden convertirse en reservas y por lo tanto proceder a su explotación. La estimación de otros minerales, pues no tienen valor económico, es necesaria, porque una subida de los precios y el uso de nuevas tecnologías puede convertirlos en reservas, por lo tanto, estarán sujetos a explotarse o permitir una ampliación.

2.2.7.3 Importancia.

La importancia radica en que las reservas minerales y recursos minerales pueden garantizar, además de la vida operativa, un mayor financiamiento para una posible ampliación u optimización de la operación con la inversión en compra de equipos de mina o planta.

2.2.7.4 Criterios.

Para desarrollar y evaluar activos mineros es necesario una plataforma común de conceptos claros y una nomenclatura estándar sobre criterios y prácticas que respalden los procesos de exploración y explotación de yacimientos.

Los términos, recursos y reservas minerales son a menudo confundidos, pero desde un punto de vista geológico se entiende por recursos a un material que se sabe que existe en la corteza terrestre o que de inferencia geológica bien documentada se considera probable que exista.

Las reservas se definen como un material minero que se considera explotable bajo las condiciones existentes incluyendo costo, precio, tecnología y circunstancias locales.

Tradicionalmente se han clasificado las reservas siguiendo unas veces criterios geométricos y otras, criterios que tienen en cuenta las relaciones espaciales; aspectos geológicos tales como hábito, tipo y mineralogía del yacimiento; fuente de los datos, grado de conocimiento geológico y finalmente el tipo de razonamiento inductivo o deductivo que ha sido utilizado en el análisis de los datos.

Para evitar la propagación de reportes geológicos sin sustento técnico, la comunidad especializada ha creado reglas de juego precisas para hacer la estimación de recursos y reservas mineras de manera aceptable para el mercado internacional principalmente bursátil con la aplicación denominada, El Código, el cual viene a ser el código JORC como también el uso de servicios de profesionales calificados para la elaboración de dichos reportes.

2.2.7.5 El código JORC.

El código Australiano JORC establece los estándares mínimos, recomendaciones y normas para la información pública de resultados de exploraciones en Australia. Ha sido redactado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena, constituido en 1971 y ha publicado varios informes haciendo recomendaciones sobre la clasificación e

información pública de Reservas de Mena antes de la primera publicación del Código JORC en 1989.

El código ha sido adoptado por la Bolsa de Valores de Lima en mérito a la delegación de facultades conferidas por la Comisión Nacional Supervisora de Empresas y Valores (CONASEV) e incorporado en su lista de normas.

A. Principios del Código.

Los principios del código JORC son las siguientes:

a.1 Transparencia.

Exige que se le proporcione al lector un informe de dominio público con suficiente información, cuya presentación sea clara y no ambigua, para que el interesado pueda comprender el informe y no sea inducido a error

a.2 Relevancia.

Exige que un informe de dominio público contenga toda la información relevante, tal que los inversionistas y sus asesores profesionales pudieran requerir, y que esperarían encontrar en el informe un juicio razonado y balanceado acerca de la mineralización.

a.3 Competencia.

Exige que un informe de dominio público se base en un trabajo que es responsabilidad de una persona debidamente calificada y experimentada sujeta a un código de ética profesional.

El código debe aplicarse a todos los minerales de uso comercial, incluyendo piedras preciosas y carbón, para lo cual la Bolsa de Valores de Lima requiere la presentación de informes de dominio público con los resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales.

B. Resultados de exploración.

Contiene información sobre tonelaje/ley, información relevante como intervalos de muestreo y métodos, ubicación de muestras, datos de ensayos, análisis de laboratorio, etc.

C. Lista de verificación.

Se considera la situación de la pertenencia minera y propiedad del terreno, exploración realizada por otras partes, geología, relación entre los anchos y longitudes de minerales, informe equilibrado, datos sustentados de exploración.

D. Reporte de reservas minerales.

d.1 Nivel de confianza.

Incluyen los materiales de dilución y tolerancias que puedan producirse por pérdidas en la explotación del material.

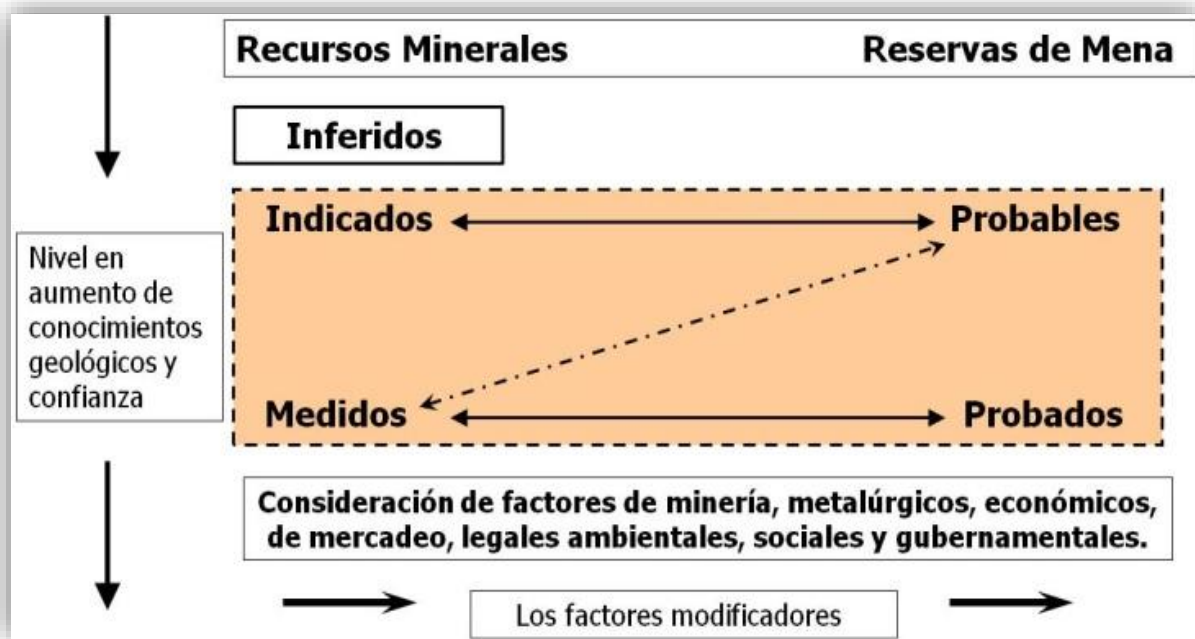
d.1.1 Reserva mineral probable.

Parte económica explotable de un recurso mineral indicado y en algunas circunstancias recurso mineral medido.

d.1.2 Reserva mineral probado.

Parte económica explotable de un recurso mineral medido. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen consideración y modificación por factores de minería, metalurgia, económicos, mercados, ambientales, sociales y gubernamentales.

CUADRO N° 03: PRINCIPIO DEL CÓDIGO JORC



FUENTE: Código de JORC: “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia (JORC)

2.2.7.6 Criterios de cubicación de recursos y reservas.

A. Recursos minerales.

Un recurso mineral es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco dentro o fuera de la corteza terrestre en tal forma que por la calidad y cantidad haya una perspectiva razonable de una eventual explotación económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y de continuidad de un recurso mineral son conocidas, estimadas o interpretadas en base a evidencias y conocimientos geológicos específicos.

Los recursos minerales se subdividen en orden de confianza geológica decreciente en categorías de medido, indicado e inferido. Estas categorías sólo indican la certeza.

No deben incluirse en un recurso mineral las porciones de un yacimiento que no tienen perspectivas razonables de una eventual explotación económica.

El término recurso mineral abarca la mineralización identificada y estimada mediante exploración y muestreo.

El término “perspectiva razonable de una eventual explotación económica” implica un criterio de valor económico, aunque sea preliminar a nivel de perfil, por parte de la persona competente con respecto a los factores técnicos y económicos que podrían influir

en la perspectiva de explotación económica, incluyendo los parámetros mineros aproximados.

En otras palabras, un recurso mineral no es un inventario de toda la mineralización perforada o muestreada, cualquiera que sea la ley de corte (Cut-Off), las probables escalas de producción, ubicación y continuidad. En un inventario realista del yacimiento mineral que, bajo condiciones técnicas y económicas asumidas y justificables, podría, total o parcialmente, llegar a ser económicamente explotable, en cuyo caso se le asume valores de mena o marginal. (<https://www.monografias.com/trabajos/estimacion-recursos-reservas/estimacion-recursos-reservas.html>)

Los recursos minerales se les clasifican de la siguiente manera:

A Recurso mineral medido.

Es aquella parte de un recurso mineral cuyo tonelaje, ley, densidad, forma, tamaño y otras características físicas pueden ser estimados con un alto nivel de confianza. Se basa en una detallada y confiable información de exploración, muestreo y exámenes obtenidos por medio de técnicas apropiadas en lugares como afloramientos, trincheras, tajos, labores y sondajes. Los lugares de la toma de información (muestreo mediciones y otros), están suficientemente cercanos como para confirmar una continuidad geológica y de ley.

Parte de un yacimiento explorado y desarrollado puede ser clasificado como recurso mineral medido cuando la naturaleza, calidad, cantidad y distribución de los datos son tales que como para no dejar ninguna duda razonable, en opinión de la persona competente que determina el recurso mineral, que el tonelaje y ley de la mineralización puede ser estimado dentro de estrechos límites y cualquier variación de lo estimado no afectaría significativamente la posible viabilidad económica.

Esta categoría requiere de un alto nivel de confianza en, y el entendimiento de, la geología y los controles de yacimiento.

La confianza en la estimación es suficiente como para permitir la aplicación de parámetros técnicos y económicos, y hacer posible una evaluación de la viabilidad económica, la cual tiene un mayor grado de certeza que una evaluación basada en un recurso mineral indicado.

B Recurso mineral indicado.

Es aquella parte de un recurso mineral cuyo tonelaje, ley, densidad, forma, tamaño y otras características geológicas pueden ser estimadas con un razonable nivel de confianza. Su

estimación se basa en información de exploración, muestreo y examen obtenidos mediante técnicas apropiadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, tajos, labores y sondajes. Los lugares de la toma de información (muestreo, mediciones y otros) están tan espaciados o inapropiadamente espaciadas como para confirmar una continuidad geológica y de ley, pero este espaciamiento es suficiente como para asumir dicha continuidad. El grado de confianza es suficientemente alto como para asumir la continuidad.

Parte de un recurso mineral puede ser clasificado como un recurso mineral indicado cuando la naturaleza, calidad, cantidad y distribución de los datos son tales como para permitir una interpretación confiable del aspecto geológico y asumir la continuidad de la mineralización.

La confianza en la estimación es suficiente para permitir la aplicación de parámetros técnicos y económicos, y una evaluación de viabilidad económica.

C Recurso mineral inferido.

Es aquella parte de un recurso mineral cuyo tonelaje y ley puede ser estimado con un bajo nivel de confianza. Es estimado e inferido a partir de evidencias geológicas, la continuidad geológica y la ley es asumida pero no verificada. Está basado en la información obtenida, por medio de apropiadas técnicas, de afloramientos, trincheras, tajos, labores y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confianza inciertas.

La categoría de inferido tiene la intención de informar situaciones donde una concentración y ocurrencia de mineral ha sido identificado, y se ha completado limitadas mediciones y muestreos, pero donde los datos son insuficientes para permitir la continuidad geológica y de ley, sea interpretado confiablemente. Comúnmente sería razonable esperar que la mayoría de los recursos minerales inferidos pudieran pasar a ser recursos minerales indicados con una exploración continua. Sin embargo, debido a la incertidumbre del recurso mineral inferido, no se asumirá que tal cambio siempre ocurrirá.

La confianza en la estimación de recursos minerales inferidos usualmente no es suficiente como para permitir que los resultados de la aplicación de los parámetros técnicos y económicos sean usados en un planeamiento detallado. Por esta razón no hay relación directa entre un recurso inferido y alguna categoría de reservas minerales.

La estimación de este recurso se basa también en la continuidad asumida o de repetición de evidencias geológicas favorables que a continuación se dan:

- a) Diagramas de curvas de isovalores
- b) Aislados sondajes.
- c) Áreas de influencia de recursos indicados o de reservas probables.
- d) Indicios de buena valorización en afloramientos con muestreos muy espaciados en trincheras, labores, tajos, etc.

D Mineral Potencial

Es aquella parte de un yacimiento mineral cuyo tonelaje y ley puede ser estimado con bastante bajo nivel de confianza menor que el del recurso mineral inferido. Su estimación se basa mayormente en el conocimiento geológico del yacimiento, es decir muchas veces no depende de la exposición directa de la mineralización económica, sino de indicaciones indirectas tales como:

- a) Presencia de recurso mineral inferido en cuya extensión puede dimensionarse
- b) Curvas de isovalores y rangos verticales de mineralización que se extiendan fuera del recurso inferido
- c) Controles lito estructurales
- d) Anomalías geofísicas y geoquímicas que se correlacionan bien con la geología superficial
- e) Relación con minas vecinas o estructuras cercanas mineralizadas desarrolladas, etc.

Muchas veces su estimación depende de la información geológica y del muestreo de los afloramientos, que sin tener valores de mena o marginal, tienen: óxidos de fierro, ensambles y alteraciones favorables, valores anómalos interesantes y estructuralmente sean de interés y correlacionables con anomalías geofísicas y geoquímicas. En este caso se puede asumir la presencia de mineral potencial en profundidad con mineralización económica y marginal.

A veces se les dimensionan a partir de los afloramientos de estructuras, cuyos muestreos arrojan bajos valores, pero anómalos, pero estructural y mineralógicamente interesantes, y a la vez sean paralelas a otras estructuras de similares características mineralógicas y estructurales en superficie, las cuales fueron ya reconocidas suficientemente y cuentan con reservas y recursos. Entonces el bloque de mineral potencial se ubicará debajo de los afloramientos con anomalías y tendrá el mismo rango vertical de las reservas + recursos de las estructuras paralelas ya desarrolladas, y estará a una profundidad similar que el de

las reservas y recursos de esas estructuras y no se estimará la ley. En este caso se tiene que asumir la profundidad de óxidos de hierro.

En los casos que se delimiten en la extensión del recurso mineral inferido la altura de los bloques puede ser igual a la altura de dicho recurso, siempre y cuando no se tenga un criterio geológico que de otra altura (curvas de isovalores, interpretación geoestadística, profundización de estructuras, etc.). En este caso la ley será de los recursos minerales inferidos correspondientes.

Cuando se estima a partir de afloramientos cuyos muestreos muy espaciados dan valores de interés económico, la altura media desde superficie del bloque correspondiente, puede ser igual a la longitud de la mineralización de interés o igual a la altura de la mineralización de estructuras vecinas que contienen reservas y recursos, salvo otros criterios geológicos de otra altura. La ley será el promedio de los afloramientos correspondientes.

Ocasionalmente puede dimensionarse a partir de un sondaje muy aislado. En este caso si la estructura es angosta y en forma de rosario en los que los clavos mineralizados son verticales o subverticales, se dimensionan bloques potenciales a partir del sondaje, con anchos igual al promedio de anchos de los clavos mineralizados conocidos, y altura igual a la mitad del promedio de las alturas de los clavos respectivos.

No hay mineral potencial con valores de submarginal ni de baja ley.

B. Reservas minerales.

Es la parte de un yacimiento mineral, cuya explotación es posible o razonablemente justificable desde el punto de vista económico y legal al momento de su determinación. Para su estimación se considera haberse llevado a cabo evaluaciones apropiadas que podrían incluir estudios de factibilidad en los cuales se tiene en cuenta factores mineros, metalúrgicos, económicos, ambientales, de mercado, sociales y gubernamentales. En la estimación se incluye solamente mineral recuperable y diluido, expresado en tonelaje y leyes.

El término “económicamente minable” implica que la extracción de las reservas minerales ha sido demostrada ser viable bajo razonables asunciones de inversión.

Por lo general se expresa en términos de mineral cuando se trata de mineral metálico. Normalmente, para la estimación de reservas minerales es necesario determinar una ley mínima explotable (Cut Off), cuyo cálculo está directamente relacionado al costo total, resultados metalúrgicos, condiciones de comercialización y precio de los metales. Una

vez determinado el Cut-Off, el yacimiento ya explorado y desarrollado se separa en bloques de mineral de acuerdo a su valor, certeza y accesibilidad, con lo que se definirán que bloques de una o varias estructuras mineralizadas constituyen las reservas minerales.

Las reservas minerales se clasifican de la siguiente forma:

b.1 Clases de reservas minerales según certeza.

De acuerdo a la certeza las reservas se clasifican como sigue:

b.1.1 Reserva mineral probado.

Es aquella reserva cuyo tonelaje, ley, densidad, forma, tamaño y otras características físicas pueden ser estimados con un alto nivel de confianza. Su estimación se basa en una detallada y confiable información de exploración, muestreo y exámenes obtenida mediante técnicas apropiadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, tajos, labores subterráneas y sondajes. Los tonelajes y leyes son estimados en base a los resultados de un detallado muestreo en los cuales las muestras y mediciones están estrecha y sistemáticamente espaciadas, y en donde los caracteres geológicos están tan bien definidos de modo que el tamaño, forma y contenido de las reservas están bien determinados.

En estas reservas no existe virtualmente riesgo de discontinuidad de la mineralización.

La categoría de reserva mineral probado implica el más alto grado de confianza y certeza en la estimación, con las expectativas consiguientes que se puedan formar los lectores del informe.

En caso de estructuras tabulares y cuerpos mineralizados elongados, cuando el yacimiento ha sido desarrollado mediante labores subterráneas, para la estimación de reservas, se separa en bloques de mineral. Puede haber bloques de uno (incluye afloramiento) o más caras muestreadas, el cual depende de la cantidad de labores con que se dimensiona cada bloque.

b.1.2 Reserva mineral probable.

Es aquella reserva cuyo tonelaje, ley, densidad, forma, tamaño y otras características físicas pueden ser estimados con un razonable nivel de confianza. Su estimación se basa en informaciones de exploración, muestreos y exámenes obtenidos mediante técnicas apropiadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, tajos, labores subterráneas y

sondajes. Los tonelajes y leyes son estimados en base a los resultados de las muestras que están más espaciadas que en el caso de reservas probadas o inapropiadamente espaciadas como para confirmar la continuidad geológica y/o de ley, pero este espaciamiento es suficiente como para asumir dicha continuidad.

El grado de confianza y de certeza es lo suficientemente alto para asumir la continuidad, pero el riesgo de discontinuidad es mayor que el del mineral probado.

El coeficiente de certeza aplicable al tonelaje de la reserva mineral probable es más bajo que el de los minerales probados pero lo suficientemente alto para asumir su continuidad. Para los efectos de nuestras estimaciones se consideran entre 90% y 100%, siempre y cuando la altura del bloque sea igual que el del probado correspondiente; esto depende de la regularidad de la mineralización.

b.2 Clases de reservas minerales según el valor.

De acuerdo al valor las reservas minerales se clasifican como sigue:

b.2.1 Reserva mineral de mena.

Es una reserva mineral que siempre genera utilidades, cuyo valor excede todos los siguientes gastos:

- a) Costo de producción (incluye depreciación y amortización).
- b) Gastos de venta.
- c) Gastos administrativos.
- d) Gastos financieros.
- e) Regalías.

Se tiene que definir el Cut-Off para determinar los bloques de mena.

b.2.2 Reserva mineral marginal.

Es el mineral que forma parte de la reserva, que en el momento de su determinación bordea ser económicamente explotable. Este mineral, por sí solo no genera utilidades, pero si ayuda a generarla, al explotarse junto al mineral de mena, pues además los gastos de desarrollo, de infraestructura, de servicios, etc., ya son cubiertos por el mineral de mena.

Este mineral puede fácilmente convertirse en mineral de mena con mejoras en los parámetros económicos. Cubre el 90% de los costos de producción, el 100% de los gastos

de venta y el 20% de los gastos administrativos y financieros, y también cubre las regalías correspondientes.

b.2.3 Mineral Submarginal.

Es aquel mineral no económico cuyo valor sólo cubre los costos de producción y las regalías correspondientes, por lo que no debe explotarse aún bajo mejores condiciones previsibles en el mediano plazo, porque su valor no alcanzaría a cubrir los otros gastos. Se requerirá variaciones favorables más allá de lo previsible en los parámetros económicos para transformarse en mineral económicamente explotable. Aunque puedan tener un grado de confianza, continuidad y de certeza, en su estimación, similares a los correspondientes a reservas probadas y probables, esto no es suficiente para considerarlas como reservas minerales, No hay mineral inferido ni mineral potencial para mineral submarginal.

b.2.4 Mineral de baja ley.

Es aquel mineral no económico cuyo valor es inferior al del mineral submarginal y cuyo límite mínimo es menor que el costo de producción.

No hay mineral inferido ni mineral potencial para este mineral

b.3 Clases de reservas minerales según accesibilidad.

De acuerdo a la accesibilidad las reservas se clasifican como sigue:

b.3.1 Reserva mineral accesible.

Es aquella reserva constituida por bloques minerales que han sido reconocidos y desarrollados por labores subterráneas (galerías, chimeneas, sub-niveles) y complementados por sondajes, que generalmente están listos para entrar a la etapa de preparación y su consiguiente explotación económicamente.

b.3.2 Reserva mineral eventualmente accesible.

Es aquella reserva que no se encuentra expedita para su inmediata explotación, y está constituida por bloques minerales que comúnmente se hallan en la parte inferior del nivel más bajo, alejados de labores de desarrollo, o con acceso truncado por derrumbes,

bóvedas vacías, etc., por lo que, requieren la apertura de nuevas labores o de rehabilitación de las existentes antes de iniciar su preparación.

Estos minerales constituyen reservas pues las inversiones adicionales en desarrollo y rehabilitación (costos de desarrollo) para hacerlos accesibles, están cubiertos por el saldo entre el valor de dichos bloques y los costos totales.

b.3.3 Mineral Inaccesible.

Es aquel mineral cuya ubicación en el espacio es similar a lo indicado para el mineral eventualmente accesible, pero que la ejecución de las labores o rehabilitaciones para hacerlos accesibles es evidentemente muy costosa, tal es el caso de bloques aislados, bloques que en conjunto son de poco tonelaje o los situados en zonas cuya explotación afectará a instalaciones cercanas, etc.

Este mineral no constituye reserva mineral, aunque su valor sea de mena o marginal; pero puede ser considerado un recurso mineral si el tonelaje es considerable (con bloques no aislados), porque una subida de precios o bajada de costos podría hacer económico su explotación, en cuyo caso se convertiría en reserva mineral. Además, puede haber bloques submarginales y de baja ley inaccesibles, los cuales no constituyen ni reservas ni recursos minerales.

2.2.8 Alteración Hidrotermal.

La alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en 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. Aunque la composición litológica inicial tiene una influencia en la mineralogía secundaria (hidrotermal), su efecto es menor que el debido a la permeabilidad, temperatura y composición del fluido. En efecto, la temperatura del fluido y el pH del mismo son los factores más relevantes en la asociación mineralógica resultante de los procesos de alteración hidrotermal, más que la litología.

La característica esencial de la alteración hidrotermal es la conversión de un conjunto mineral inicial en una nueva asociación de minerales más estable bajo las condiciones

hidrotermales de temperatura, presión y sobre todo de composición de fluidos. La textura original de la roca puede ser modificada ligeramente o completamente obliterada por la alteración hidrotermal.

2.2.8.1 Solución Hidrotermal.

Se considera un fluido hidrotermal cuando el agua ya tiene unos 50°C. La alteración hidrotermal ocurre entre los 50°C a 500°C, a una temperatura crítica del agua (374°C) se habla de fase acuosa.

Existen muchas situaciones dinámicas geológicas por las cuales las aguas frías se calientan.

El agua atrapada en los poros de acumulación de sedimentos y en capas de minerales hidratados o hidroxilos comienzan a calentarse en la etapa de enterramiento.

Las soluciones hidrotermales también pueden generarse por la deshidratación de minerales hidratados durante el metamorfismo.

Para precipitar sulfuros desde la solución hidrotermal debe estar el azufre presente en la solución, el azufre proviene de los magmas y una prueba de que los magmas contienen azufre son las fumarolas asociadas a los volcanes con contenido de azufre nativo en los alrededores de los orificios.

Para que se forme un yacimiento mineral debe existir;

- La fuente de los metales.
- Transporte o migración.
- Entrampamiento.
- Preservación.

2.2.8.2 Ascenso y Acumulación de los Fluidos Hidrotermales.

Separada la fase hidrotermal esta ascendería por medio del mismo sistema magmático, desde profundidades del orden de 2 a 2.5 Km., el ascenso la acumulación, dispersión de los fluidos hidrotermales, estará controlado por condiciones de permeabilidad primaria y secundaria.

Cabe destacar que en etapas tempranas de intrusión sub volcánica el contraste de temperaturas entre intrusión roca hospedante es muy elevado.

En la medida que la roca hospedante es afectada por sucesivas intrusiones la temperatura asciende, provocando una anomalía isotérmica y desplazándose de esta forma las isotermas hacia la superficie.

2.2.8.3 Clasificación de Alteración Hidrotermal.

La alteración hidrotermal produce un amplio rango de mineralogía, abundancia mineral y texturas en distintas rocas. Esto hace que sea complicado tener un criterio uniforme para la clasificación de tipos de alteración. Los autores de mapeos y de estudios de alteración generalmente han simplificado sus observaciones clasificando las rocas alteradas en grupos.

El método más simple es mediante la utilización del mineral más abundante y más obvio en la roca alterada. De ahí derivan denominaciones como:

<u>Denominación</u>	<u>Presencia dominante de</u>
Silicificación	sílice o cuarzo
Sericitización	sericita
Argilización	minerales de arcilla
Cloritización	clorita
Epidotización	epidota
Actinolitización	actinolita, etc.

Aunque esta nomenclatura simple se emplea comúnmente, en realidad los minerales de alteración no se presentan individualmente, sino que forman ciertos grupos o asociaciones de minerales de alteración.

Es más práctico clasificar las alteraciones hidrotermales por la asociación de minerales de alteración presentes en las rocas. Una asociación de minerales de alteración refleja las condiciones de temperatura, presión, composición química del fluido hidrotermal, mineralogía de la roca original y el tiempo que tomó para lograr un equilibrio termodinámico entre la roca y el fluido.

2.2.9 Los lazos Cimoides.

Conocidos también como vetas o filones lenticulares. Ocurren cuando una falla de desplazamiento se divide en dos ramales, desviándose una lateralmente formando una curva cimoides, mientras que la otra continua en línea recta durante una corta distancia para luego describir una curva similar y reunirse con el primer ramal, de esta forma los

ramales cierran un lente de roca entera y parcialmente brechada y comúnmente rellena o reemplazada por mena. Estas estructuras cimoidales terminan en una estructura denominada cola de caballo, donde una serie de ramales se curvan lateralmente con la veta principal.

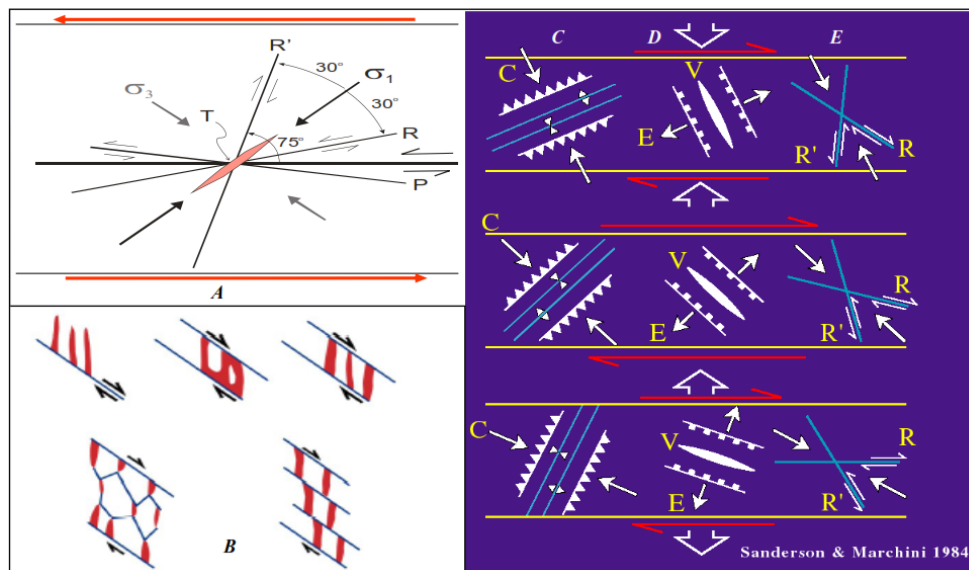
2.2.10 Sistema de fracturamiento en una zona de cizallamiento- modelo de Riedel.

H. Cloos y W. Riedel (1928 - 1929), fueron los pioneros en realizar experimentos de cizallamiento y determinaron dos tipos de fallas a las que denominaron R1 y R2. Posteriormente, numerosos autores complementaron el modelo inicial, proponiendo otros tipos de deformación asociadas a zonas de cizallamiento:

- Fallas conjugadas R1 y R2, hacen ángulos aproximados de $\Phi/2$ con las direcciones teóricas de máximo cizallamiento.
- Fracturas tensionales T desarrolladas por tracción indirecta, aproximadamente forman un ángulo de 45° con la dirección de cizallamiento principal. Determinadas por Cloos (1955) y Wilcox (1973).
- Fracturas tipo P, simétricas a las fallas o R1; definidas por Skempton (1966) en zonas de cizallamiento natural.
- Pliegues en echelón, formando un ángulo de 45° con el cizallamiento principal y perpendiculares a las fracturas de tracción T. Determinadas por Wilson (1970).
- Desarrollo de esquistosidad perpendicular a los planos de fracturas de tracción T. Evaluadas por Vialon (1976).

Por lo expuesto en el modelo descrito las fracturas tensionales asociadas a cizallamiento son muy importantes, debido a que son las más favorables para albergar mineralización, ocurren a diferentes escalas y pueden adoptar geometrías complejas.

FIGURA N° 05: MODELO DE FRACTURAMIENTO RIEDEL.



FUENTE: Modelo de fracturación (modificado Quispe 2006). A) Modelo de fracturación de Riedel, R1 y R2, P: Fallas de Skempton, T: fracturadas por tracción B) Modelo de fracturación tensional en zonas de cizalla (Dubé & Guha 1992). C) Zona de Transensión. D) Zona de Transpresión. E) Ejes de compresión sistema de fallas conjugadas.

2.2.11 Zonas Transtensión o Transpresión.

Las zonas de transtensión o transpresión, están estrechamente relacionadas a fallas transcurrentes y el origen de una o la otra; va a depender fundamentalmente del sentido de movimiento de las fallas transcurrentes. Por ejemplo, cuando una falla principal NW - SE, movimiento sinistral y con una inflexión E - W en su parte central; por el movimiento que tiene, produce desplazamientos normales que generan cuencas tipo “pull apart” o fracturas abiertas, denominadas zonas de transtensión. Mientras que, si el movimiento fuese dextral se producirían ejes de pliegues y fallas inversas, llamadas zonas de transpresión.

2.2.12 Prospección Geoquímica.

En base a los principios de la distribución y del ciclo de los elementos químicos en la corteza terrestre, la prospección geoquímica es parte de la geoquímica aplicada que tiene como objeto la localización y estudio, en el espacio y en el tiempo, de las anomalías geoquímicas que indican la presencia de minerales, agua, combustibles fósiles, gestión y análisis de los efectos antrópicos.

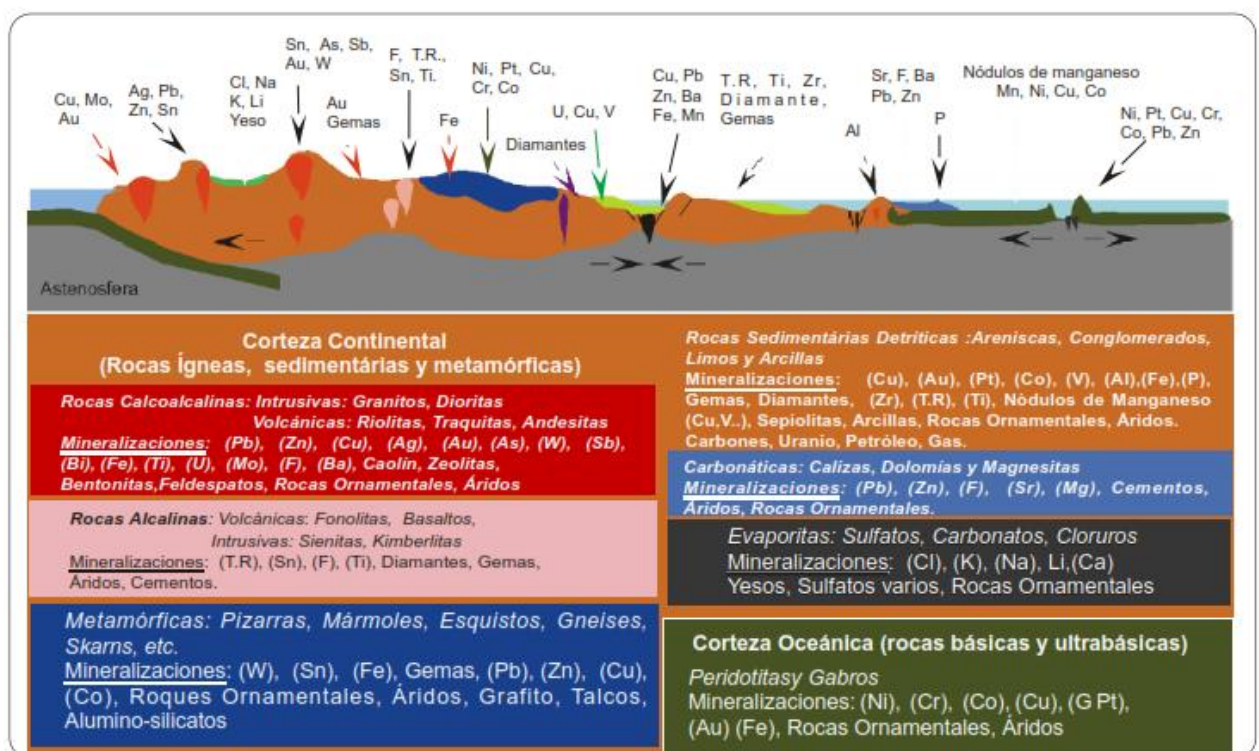
Teniendo en cuenta los conceptos anteriormente citados, se pueden desarrollar métodos prospectivos para la localización en el espacio de objetos geoquímicos que hayan

evolucionado a partir de la interacción de diversos procesos geológicos hacia un yacimiento.

La prospección geoquímica deriva de los principios de la distribución y del ciclo de los elementos químicos en la tierra, lo que CLARKE (1924) denominaba “evolución y desintegración de la materia”.

La prospección geoquímica, es una de las principales herramientas de la prospección minera y en el reconocimiento, tanto de las provincias geoquímicas como de las provincias metalogénicas de las que derivan.

FIGURA N° 06: ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS DE LOS YACIMIENTOS MINERALES.



FUENTE: Asociaciones geoquímicas de los distintos tipos de yacimientos minerales (VILADEVALL M, 2008).

En consecuencia, la prospección geoquímica se aplica en todas las fases de la prospección minera desde la prospección a nivel estratégico hasta en la valoración de un yacimiento, el gran desarrollo de sus métodos, tiene lugar a partir de la década de los 70 hasta la actualidad.

2.2.13 Perforación Diamantina.

La perforación diamantina es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de la misma, el cual es extraído,

registrado y colocado en cajas porta - testigos para la debida protección y almacenamiento de las muestras o testigos de un yacimiento mineralizado.

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana (proyecto Green Field) para delinear cuerpos mineralizados, determinar si la mineralización profundiza, verificar las leyes y determinar recursos mineralizados dentro de un yacimiento o proyecto minero. De igual forma puede usarse también en una etapa posterior (Brown Field) para ampliar las reservas existentes o puede tratarse de perforaciones en mina que sirven como perforaciones de control (para producción) o perforaciones confirmatorias en profundización de interior mina para ubicar nuevas reservas minerales.

El método tradicional de exploración era por medio de galerías de desarrollo con avances de 30/40 m. por mes, actualmente con la perforación diamantina algunas compañías promedian hasta 50 m. por día.

Con la introducción de la perforación diamantina se acelera el descubrimiento de los depósitos minerales, todos los depósitos grandes han sido explorados por medio de perforación diamantina.

FIGURA N° 07: EQUIPO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. (Fotografías en interior Mina).

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de investigación, relaciona las características litológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas del yacimiento con la mineralización económica, considerando la actividad de extracción de Au, que viene realizando la empresa A.M.S. S.A.C.; para lo cual se realizó trabajos de campo y gabinete aplicando las metodologías idóneas en el campo de geología económica que actualmente son utilizadas para tener una mayor certeza respecto a la vida útil de un yacimiento minero.

3.2 UBICACIÓN.

La U.E.A Mina Orión-Chala que pertenece a la empresa minera Analytica Mineral Services S.A.C. está localizado al sur del Perú en el departamento de Arequipa, provincia de Caravelí, distritos de Atiquipa y Yauca, el área de estudio se encuentra a una altitud comprendida entre de 1600 a 2500 m.s.n.m. en la Carta Nacional 32-ñ (Chala).

Políticamente se encuentra en:

- Departamento : Arequipa.
- Provincia : Caravelí.
- Distritos : Atiquipa-Yauca.
- Lugar : Cerro Francia.

Los terrenos superficiales no corresponden a ninguna comunidad campesina registrada en el lugar.

Las coordenadas centrales del área de estudio son:

CUADRO N° 04: COORDENADAS DE UBICACIÓN

COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.	DATUM	ZONA
Este	578500	2000	UTM PSAD 56	18 S
Norte	8276000			

3.3 ACCESIBILIDAD.

La U.E.A. Mina Orión-Chala tiene como acceso principal la carretera Panamericana sur, siendo la ruta Lima-Arequipa hasta la ciudad de Chala con una distancia de 616 Kilómetros, la otra ruta es Arequipa-Lima hasta la ciudad de Chala con una distancia de 396 Kilómetros, y desde la ciudad de Chala hasta la U.E.A. Mina Orión-Chala se accede por una vía afirmada con una distancia de 40 Kilómetros. (Ver Cuadro N° 05).

CUADRO N° 05: VÍAS DE ACCESO

RUTA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Horas)	TIPO DE VIA
Lima - Chala	616	08	Asfaltada
Arequipa - Chala	396	06	Asfaltada
Chala - Mina Orión	40	02	Afirmada

FUENTE: Elaboración Propia.

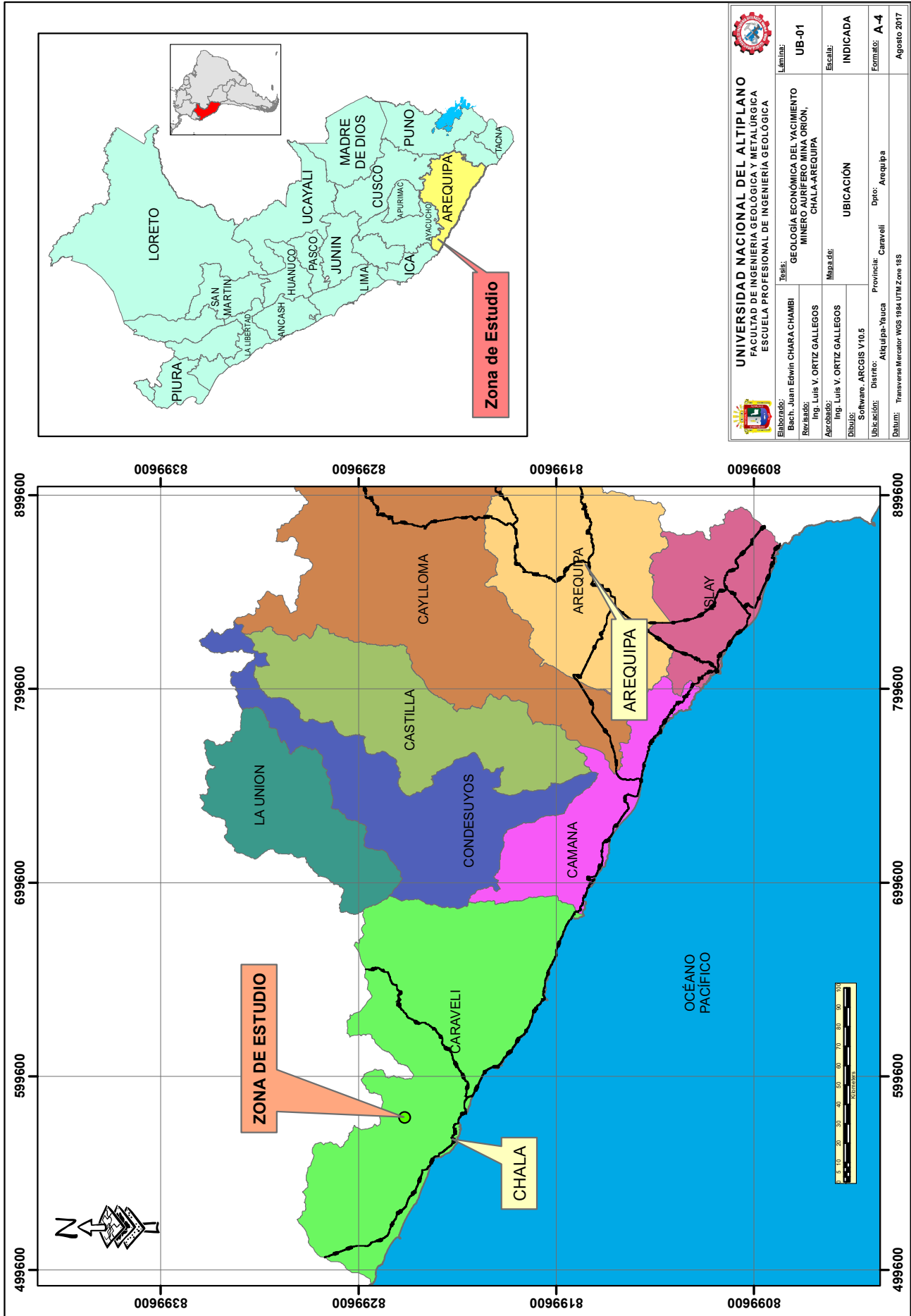
3.4 CONCESIONES.

La empresa minera Analytica Mineral Services S.A.C. tiene las concesiones mineras tal como muestra el siguiente cuadro, dentro de las cuales se ubica la zona de interés minero en su totalidad. (Ver Cuadro N° 06)

CUADRO N° 06: CONCESIONES

	NOMBRE	CONDICIÓN	SITUACIÓN	AREA (Has)
Concesiones	Orión	Titulado	Vigente	700
	Tauro 1	Titulado	Vigente	250
	Tauro 2	Titulado	Vigente	100
	Tauro 3	Titulado	Vigente	300
	Tauro 4	Titulado	Vigente	100
Total				1450 Has

FUENTE: Elaboración Propia.



		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
Elaborado: Bach. Juan Edwin CHARA CHAMBI Revisado: Ing. Luis V. ORTIZ GALLEGOS Aprobado: Ing. Luis V. ORTIZ GALLEGOS Dibujo: Software: ARCGIS V10.5	Tesis:	UB-01	Agosto 2017
Geología Económica del Yacimiento MINERO AURIFERO MINA ORIÓN, CHALA-AREQUIPA		Escala: INDICADA	Formato: A-4
Ubicación: Atiquipa-Yauca		Ubicación: UBICACIÓN	Dpto: Arequipa
Distrito: Caraveli		Datum: Transverse Mercator WGS 1984 UTM Zone 18S	

3.5 CLIMA Y VEGETACIÓN.

El clima de la región estudiada es muy variado, típico de la región costera, esto se debe en especial, a la diferencia de cota, la cual se relaciona con la distancia al Océano Pacífico. En la faja litoral y en la Cadena Costanera, el clima es templado y húmedo, la mayor parte del año está nublado y ocasionalmente se producen finas precipitaciones dando lugar a crecimiento de pastos naturales que cubren toda la superficie, formando lo que se denomina “lomas”; entre las cotas 1200 y 1800 m.s.n.m., se presentan nubes del tipo estratocúmulos que cubren toda el área dificultando la visibilidad.

En las cotas 1800 y 3000 m.s.n.m., el clima es seco, constituyendo una zona árida, donde las lluvias se restringen en los meses de enero a marzo teniendo una temperatura de 24° C a 27° C (SENAMHI).

Encima de los 3000 m.s.n.m., el clima es frío, con un invierno seco y un verano lluvioso, en invierno las temperaturas varían desde los 13° C a 15°C (SENAMHI).

3.6 GEOLOGÍA LOCAL.

La Geología del yacimiento aurífero Mina Orión, está conformado por las siguientes formaciones litológicas. (*Ver ANEXOS, Mapa Geológico Local-Lámina GL-01*)

3.6.1 Mesozoico.

3.6.1.1 Formación Guaneros (Js-gu).

Se ha observado una secuencia de lavas andesíticas, color gris – verdoso, textura porfirítica, matriz afanítica, intercalado con niveles delgados de areniscas cuarzosas blancas compactas; seguido de bancos de areniscas cuarzosas de color blanco, grano medio a grueso (Cerro Francia y Orión), finalmente se nota una secuencia de areniscas rojizas de grano medio a fino, cemento de arcillas, intercalado con limo areniscas con cemento calcáreo y limolitas de color beige a naranja; cortados por diques pórfido dioríticos (horbléndico) y pequeños stocks de diorita.

En contacto con el intrusivo se desarrollaron niveles de metamorfismo moderado, se observan esquistos de sericita, micas y andalucita, esquistos sericita + micas, corneanas de cuarzo, micas y andalucita determinados en estudio de secciones delgadas.

FIGURA N° 08: VISTA DE LA FORMACIÓN GUANEROS.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. Fotografía, Mirando al SurEste, Se observa la Formación Guaneros (Js-Gu), compuesto por Andesitas color gris verdoso, al Oeste de las instalaciones de la Mina Orión.

3.6.1.2 Formación Yauca (Ki-ya).

Al suroeste del cerro Francia se observa unas intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, color blanco a rojizo, con diseminación de sulfuros (pirita), limo areniscas con cemento calcáreo, color rojizo a pardo, limolitas y lutitas de color gris-rojizo. En contacto con los intrusivos se notan hornfels compactos y venillas de epidota. La litología y restos de plantas fosilizadas encontradas prueban que esta formación se depositó en un ambiente continental a marino de poca profundidad.

FIGURA N° 09: VISTA DE LA FORMACIÓN YAUCA.



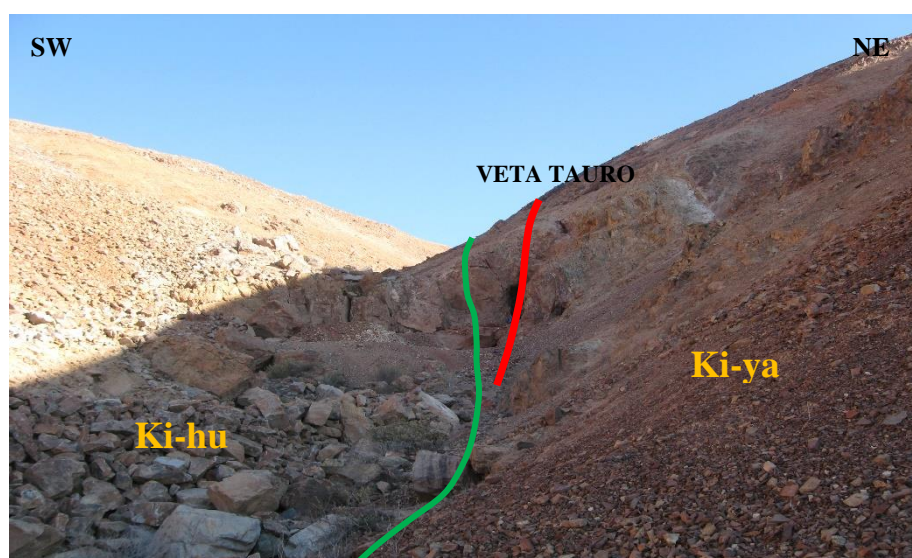
FUENTE: A.M.S. S.A.C. Fotografía. Mirando al SurOeste: Se observa la Formación Yauca (Ki-ya), compuesto por Areniscas Cuarzosas color blanco rojizo, al Oeste de las instalaciones de la Mina Orión

3.6.1.3 Formación Hualhuani (Ki-hu).

Al extremo oeste del área de estudio afloran una secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio, color blanco, con venillas de óxidos de hierro (jarosita, hematita), pirita diseminada débil, seguido de una secuencia de areniscas arcósicas de grano medio color gris-rojizas e intersticios de óxidos de hierro.

El ambiente de formación se interpreta como una deposición de ambiente litoral por la ausencia de fósiles, esta formación sobryace a la formación Yauca.

FIGURA N° 10: VISTA DE LA FORMACIÓN HUALHUANI.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. Fotografía. Mirando al NorOeste: Se observa la Formación Hualhuani (Ki-hu), compuesto por Areniscas Cuarzosas color blanco con venillas de óxido de hierro, al Oeste de las instalaciones de la Mina Orión (Veta Tauro)

3.6.2 Cenozoico.

3.6.2.1 Depósitos Recientes (Qh-al, Qh-c).

En el área de estudio se observan depósitos aluviales en las quebradas, coluviales y eluviales en las laderas y/o pendientes de los cerros conformados por bloques angulosos y subangulosos que varían en el tamaño desde centímetros hasta metros, estos depósitos en algunas áreas cubren los afloramientos de las estructuras mineralizadas.

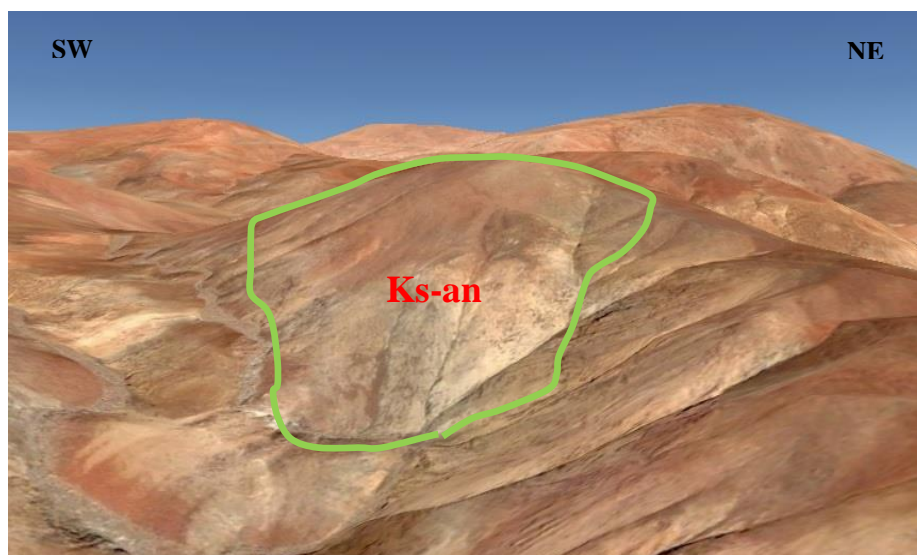
3.6.3 Rocas Ígneas.

3.6.3.1 Complejo Bella Unión (Ks-an).

En el área de estudio se manifiesta intruyendo a las formaciones del Cretáceo como las Formaciones Yauca y Hualhuani a manera de diques y sills, estas rocas han sido estudiadas mediante secciones delgadas y han sido determinadas como andesitas porfíricas (actinolita) de color gris verdoso, a la vez en algunos casos son intruidas por monzodioritas de la Súper Unidad Linga.

Las principales estructuras mineralizadas en el área de estudio están emplazadas en esta formación, como diques andesíticos.

FIGURA N° 11: VISTA DEL COMPLEJO BELLA UNIÓN.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. Fotografía. Mirando al NorOeste, Se observa el Intrusivo Complejo Bella Union (Ks-an), compuesto por Andesitas Porfíricas, al Nor-Este de las instalaciones de la Mina Orión

3.6.3.2 Super Unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi).

Al noroeste del área de estudio aflora pequeños stocks conformada por monzonitas y monzodioritas (plagioclasa-ortosa, hornblenda, cuarzo), textura fanerítica de grano medio a grueso, color rosado a blanco, con venillas de cuarzo hialino-lechoso, venillas de epidota y algunas estructuras de óxidos de hierro.

3.6.3.3 Diorita (J-di).

Son rocas ígneas plutónicas que afloran hacia el este del cerro Francia, es la de mayor difusión en el área de estudio, está conformada por stock de diorita (plagioclasa-hornblenda-biotita) de textura fanerítica de grano medio a grueso, color verdoso, muestra cloritización moderada en los máficos y una argilización débil producto del intemperismo.

Algunas estructuras están emplazadas en estas rocas por la relación con la mineralización por ser rocas con un alto grado de reacción química ante presencia de fluidos hidrotermales.

FIGURA N° 12: VISTA DE LA FORMACIÓN DIORÍTICA.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. Fotografía, Mirando al NorOeste, Se observa el intrusivo Diorítico (J-di), compuesto por Dioritas de textura fanerítica, al Nor-Este de las instalaciones de la Mina Orión

3.7 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

3.7.1 Agentes y factores del modelamiento geomorfológico.

Tomando en cuenta la finalidad del presente trabajo de investigación, los factores que han sido considerados con particular atención en la diferenciación de las unidades geomorfológicas son las siguientes:

3.7.1.1 Substrato geológico.

El substrato geológico considerado especialmente como litología y posición estructural es ampliamente el factor más importante, debido a que influyen directamente en los demás factores. En efecto el tipo litológico (Intrusivo, Volcánico, Sedimentarias, y Metamórficas), determina la predisposición del relieve con respecto al modelado y la erosión; mientras que la posición vinculada a las deformaciones estructurales o a los procesos de postura de los cuerpos rocosos, determina la entidad y la forma del relieve. El papel que juega el substrato rocoso en la caracterización de las unidades geomorfológicas es complejo, pero puede decirse que, esencialmente, su actuación se realiza de tres maneras:

- Las rocas Intrusivas, algunas metamórficas principalmente silíceas, son las más resistentes a la erosión hidroclimática.
- Las rocas sedimentarias asociadas al sistema de fracturamiento y diaclasamiento presentan una menor resistencia a los procesos erosivos.

3.7.1.2 Tectónicos.

La fosa tectónica de las placas Nazca y Sudamericana genera movimientos epirogenéticos; desarrollados antes del vulcanismo y la última glaciación, han modelado la cuenca de los ríos Chala y Yauca.

Actualmente la actividad sísmica de la zona de subducción, las estructuras son controladores pasivos en los procesos morfodinámicos actuales.

3.7.1.3 Relieve

La superficie que se observa en el área del estudio, son de diferente naturaleza lítica con pendientes empinadas y abruptas en la parte superior la que favorece los procesos de denudación que realiza el escurrimiento superficial.

3.7.1.4 Antrópicos

La construcción de la infraestructura tales como campamentos, carreteras a bocaminas, echaderos de desmontes, contribuyen a las modificaciones del modelado natural y acelerando o retardando los procesos de desgaste. En la zona de operación minera, estos factores actualmente son los más transformantes.

3.7.2 Unidades Geomorfológicas.

(Ver ANEXOS, Mapa Geomorfológico Local-Lámina GM-02)

3.7.2.1 Sistema Montañoso.

Está constituido por geoformas originadas por modelación tectónica y volcánica; así como, originadas por denudación muy relacionada con la composición litológica.

A. Altas Cumbres y Lomas. (M-Ac)

Es la unidad que conforma una topografía accidentada de mayores elevaciones y pendientes abruptas, en el área de estudio se observan los cerros llamados Francia y Galleras, también se puede apreciar hacia el Este donde se ubica el yacimiento.

B. Laderas. (M-La)

Son declives laterales de las altas cumbres, cuya pendiente son muy regulares formando un ángulo no mayor de 65° , se observa con mayor frecuencia en las partes bajas de las altas cumbres de los cerros Francia Bonanza y Galleras.

3.7.2.2 Sistema Fluvial

Los procesos de desgaste en la superficie del área de estudio, han generado geoformas en las que ocurren los procesos morfodinámicos más activos actuales.

A. Valle en V. (F-Vs)

La unidad como es el Valle en forma de V atraviesa en área de estudio con una dirección N-S, típico en los cursos de los ríos con pendiente moderado hacia la vertiente del Pacífico, este valle carece de agua en la actualidad, pero existe la probabilidad de que en las épocas de lluvias tenga un caudal considerable.

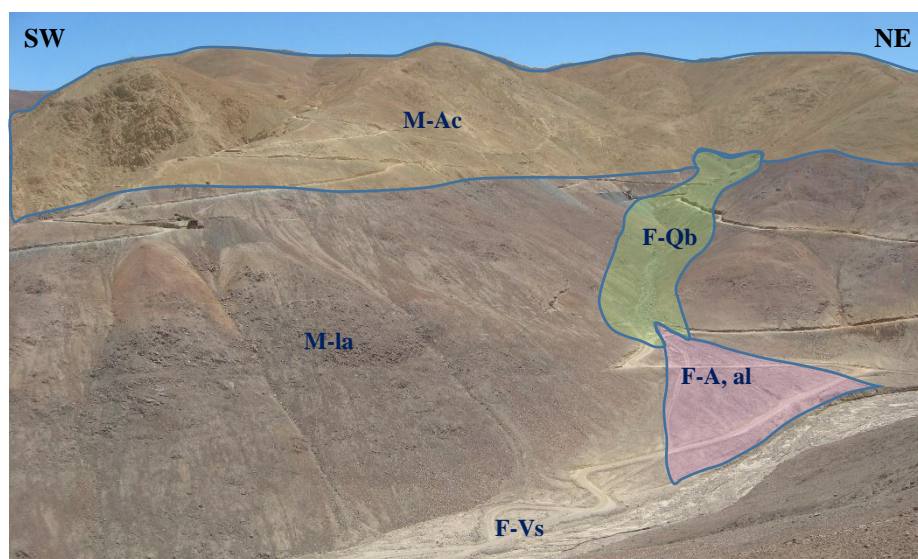
B. Quebradas. (F-Qb)

Son valles estrechos ocasionados por la erosión y encajonados por elevaciones de montañas cuyas laderas caen abruptamente hacia el fondo del valle, estos se observan en las partes altas de la zona de estudio.

C. Abanico Aluvial. (F-A,al)

Esta unidad se observa al NE de la zona de estudio, en una escala reducida, su vista en planta presenta el aspecto de un abanico y se originó a partir de la sedimentación de la carga sólida transportada por una corriente fluvial allí donde ésta pierde súbitamente fuerza debido a la brusca disminución del gradiente topográfico.

FIGURA N° 13: VISTA DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.

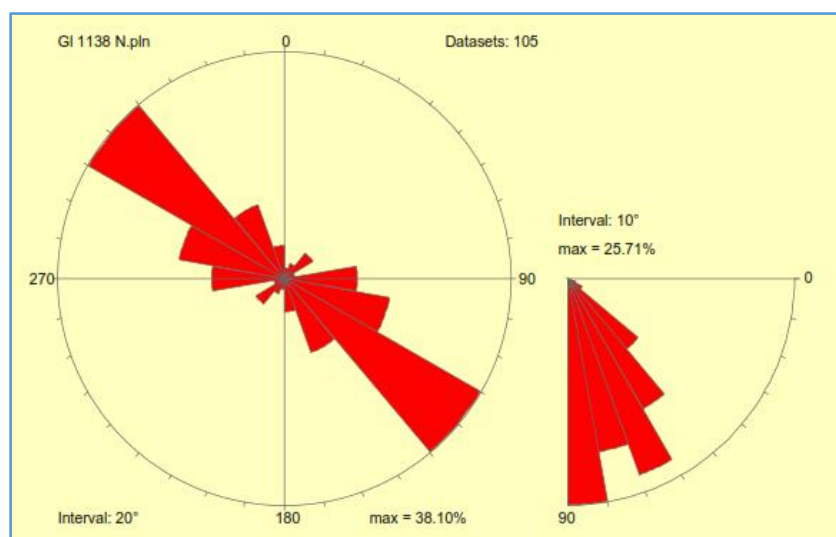


FUENTE: A.M.S. S.A.C. Fotografía. Mirando al Nor-Oeste: Se observa las Unidades Geomorfológicas en la Mina Orión

3.8 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.

El área de estudio se encuentra dentro de la zona de fallamiento en bloques del Batolito de la Costa, entre dos fallas de alcance regional, falla el Faro al norte y la falla Cateador al sur, generando un bloque deprimido donde se ubica la Mina Orión, Chala-Arequipa. (Ver ANEXOS, *Mapa Estructural Local-Lámina EST-L01*)

FIGURA N° 14: DIAGRAMA DE ROSETAS.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. Derecha, diagrama de rosetas, muestra clara tendencia N50°W de estructuras mineralizadas y N10°-50°E de fallas post mineralización. Izquierda.

Se han observado diversos sistemas de fallas, están caracterizados por fallas de rumbo N10°-30°E buzando de 60°-80°NW, con anchos variables de 0.80 metros hasta 10.00 metros y estructuras de rumbo N30°-50°W subverticales y longitudes de afloramiento de hasta 300 metros, mostrando gran cantidad de arcillas y brechas en superficie (fallas de primer orden). Existe otro grupo de fallas (segundo orden) de rumbo N30°-60°E subverticales que aparentemente fueron originadas por movimientos en las fallas del primer orden, esto por desplazamientos pequeños observados desde 2.00 metros hasta 10.00 metros de naturaleza sinistral y dextral. Los dos sistemas de fallas mencionadas afectan desplazando y fragmentando a los sistemas de vetas reconocidos.

El área de estudio sobre la cual se están concentrando las observaciones se encuentra dividida en 3 segmentos dominados por tres fallas post mineralización de rumbo NE-SW; la falla Norte-Sur limita al sur el sistema de vetas-fallas de rumbo NW-SE (Francia, Almacén, Vaduz) y también limita al norte el sistema de vetas-fallas Chinchilicos de rumbo NW-SE. La falla Katty de rumbo NE-SW ubicado en parte central fracciona sistema de vetas Francia al sur y al norte la veta Bonanza de rumbo NW-SE. La falla Norte de rumbo NE-SW limita al norte a la veta Bonanza y al sur a la veta Burra Muerta siendo la continuación de la misma. Estas fallas de primer orden muestran diversos movimientos de naturaleza sinistral inicial con una reactivación dextral. A continuación, se describirán algunas fallas de importancia de alcance local a distrital. La denominación

de fallas de primer, segundo y tercer orden, están en función de la dimensión o envergadura de la falla y no indican ninguna relación cronológica.

3.8.1 Fallas de Primer Orden.

3.8.1.1 Falla Norte-Sur.

Es una falla de rumbo $N10^{\circ}-30^{\circ}E$ con buzamiento $70^{\circ}-75^{\circ} NW$, con anchos que varían desde 0.80 metros hasta 10.00 metros, esta falla es considerada como post mineral con un movimiento sinistral y una reactivación dextral, desplazando al sistema NW desde 20 metros hasta 40 metros, se puede seguir la traza de la falla hasta 5.00 kilómetros de longitud.

A lo largo de la traza de esta estructura se puede observar diversas características importantes, como son una zona rellena de panizo de unos 20.00 metros (arcillas, material triturado, abundantes venillas rellenas por arcillas) ubicada a la espalda de las oficinas de la Mina, un plano de falla y algunos sectores con brechas tectónicas frente al área de mantenimiento y en labor subterránea Cx 725 Nv 1975.

Esta falla interrumpe al sur los sistemas mineralizados como la veta Francia, veta Almacén y veta Vaduz, desplazándolo dextralmente hasta 50.00 metros.

3.8.1.2 Falla Katty.

Esta estructura tiene un rumbo $N10^{\circ}-40^{\circ}E$, con buzamiento subvertical con un ancho aproximada de 5.00 metros, zona de estrías y disturbada con relleno de arcillas, se puede seguir la traza por unos 500.00 metros, afectando al sistema mineralizado veta Bonanza. En interior mina (Nv 2020, Cx 900, veta Bonanza) se ha observado el plano de falla, brecha de falla con fragmentos subanguloso y cemento de arcillas, sobre el plano de falla se han observado estrías sub horizontales indicando movimientos de naturaleza dextral, no se pudo distinguir alguna cronología relativa.

3.8.1.3 Falla Norte.

La falla tiene un rumbo $N50^{\circ}-60^{\circ}E$, con un ancho aproximado de 10.00 metros, mostrando gran cantidad de arcillas y brechas en superficie, corta y desplaza (150 a 200 m) de manera dextral al sistema de vetas Bonanza, Cristina, Burra Muerta y a un sistema $N20^{\circ}-50^{\circ}W$ al NE de Burra Muerta. La traza de la falla se puede seguir por 3.00 kilómetros aproximadamente.

3.8.2 Fallas de Segundo Orden.

Este sistema de fallas de menor importancia, originadas por el movimiento de las fallas de primer orden, muestran rumbos de N10°-20°E y N50°-60°E subverticales, se reconocen trazas de unos pocos de metros hasta 300.00 metros, teniendo efectos reducidos en desplazamientos sobre las estructuras mineralizadas desde 2.00 hasta 5.00 metros.

3.9 GEOLOGÍA ECONÓMICA.

3.9.1 Muestreo.

El muestreo, en minería, es una de las actividades más importantes y necesarias para el geólogo, quien en base a los resultados de los ensayos de las muestras evaluará si un yacimiento es económicamente explotable. Procesando los resultados de muestreo se planeará y controlará una adecuada exploración, explotación y tratamiento metalúrgico. Un muestreo cuidadoso y preciso garantizará los resultados de los ensayos obtenidos para el cálculo de reservas. En la etapa de exploraciones la evaluación de los resultados del muestreo conjuntamente con una buena interpretación geológica permitirá definir la bondad de un yacimiento y su consiguiente exploración. De manera similar para adquirir o vender un yacimiento que esté en explotación o exploración, se hará una buena evaluación de las reservas, lo cual dependerá mucho de un muestreo confiable, porque un mal muestreo o muestras contaminadas conllevarán a definiciones desastrosas.

La ejecución de muestreo conlleva a una organización del personal de muestreiros, con la participación de geólogos y la implementación de equipos.

En el proceso de la toma de muestras, desde su ejecución hasta obtener los resultados de los análisis respectivos, participan desde el ayudante de muestreiro hasta el jefe de departamento de geología o el jefe de brownfield, o jefe de proyectos de exploraciones greenfield.

Proyecto brownfield es aquél que se encuentra dentro de las operaciones de la mina en producción; y proyecto greenfield es aquel que se encuentra fuera de ese ámbito.

3.9.1.1 Métodos de muestreo.

Los métodos de muestreo que se utilizan dependen del tipo de yacimiento, principalmente de la forma: Vetas, mantos, cuerpos mineralizados, pórfidos, etc.

Entre los métodos de muestreo que comúnmente se usan por la forma de estructuras mineralizadas que se tiene en el yacimiento aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa se tiene:

A. Muestreo por canales

Este método de muestreo se usa prácticamente en todas las minas del Perú, cuando se trata de vetas definidas y también irregulares con o sin orientación de la mineralización. El método consiste en extraer muestras en canales rectangulares previamente marcados en el terreno, en forma transversal al rumbo de las estructuras continuas o cuerpos elongados a intervalos regulares. En el caso de Mina Orión, el canal, además de ser transversal a la estructura, debe ser horizontal en cualquier tipo de labor subterránea o afloramientos o en trincheras de afloramientos cubiertos, a excepción de mantos donde el canal debe ser vertical, así como en las zanjas (trincheras en canchas) o pozos que se hacen en canchas nuevas o antiguas.

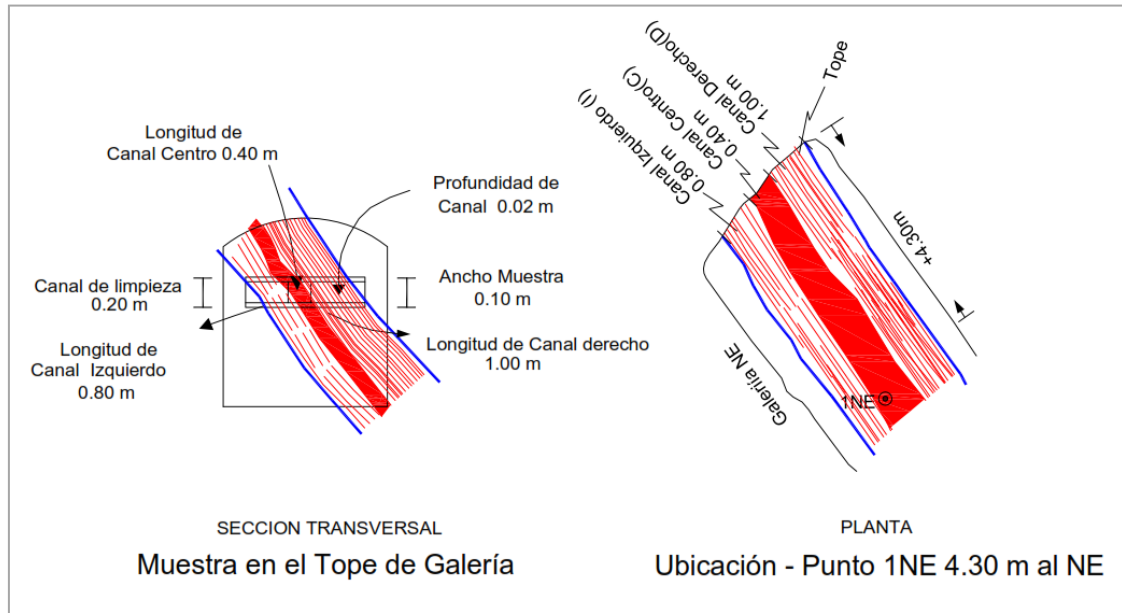
a.1 Dimensiones.

Las dimensiones del CANAL dependerán del tipo de mineralización y del ancho de la estructura, pudiendo tenerse más de un canal contiguo en una misma ubicación (Ver Figura N° 15).

En mineralización de oro, las dimensiones de las muestras de canales serán:

Ancho:	Canal de limpieza	0.20 m
	Canal de muestreo (mínimo)	0.10 m
	Canal de muestreo (máximo)	0.15 m
Profundidad de canal:	Mínimo	0.02 m
	Máximo	0.05 m
Longitud de canal:	(Máxima)	1.00 m
	(Mínima)	0.10 m
Peso mínimo/m:	2.0 Kg.	

FIGURA N° 15: MUESTREO POR CANALES.

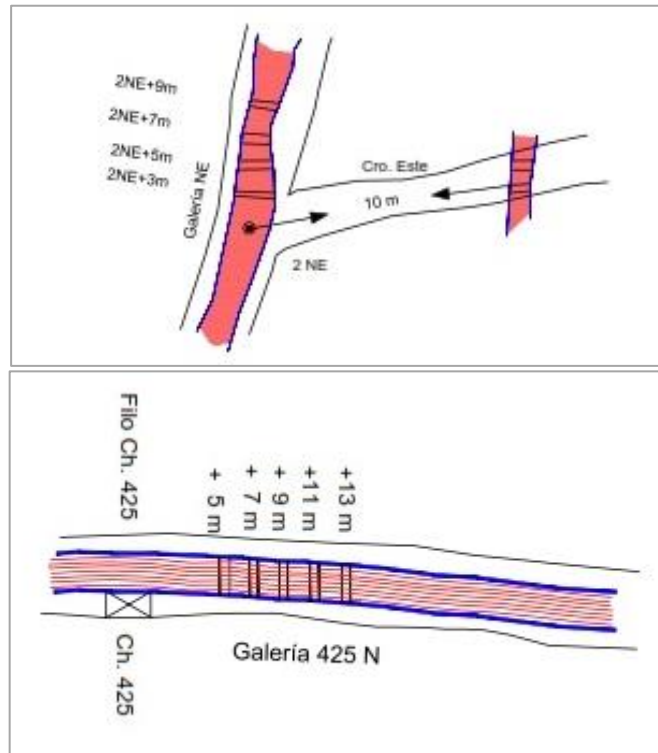


FUENTE: Elaboración Propia.

a.2 Ubicación.

La ubicación de los canales en galerías y cruceros debe estar referido a puntos topográficos (Figura N° 16). En caso que no se tenga esta información, las referencias serán las chimeneas, etc. (Figura N° 17).

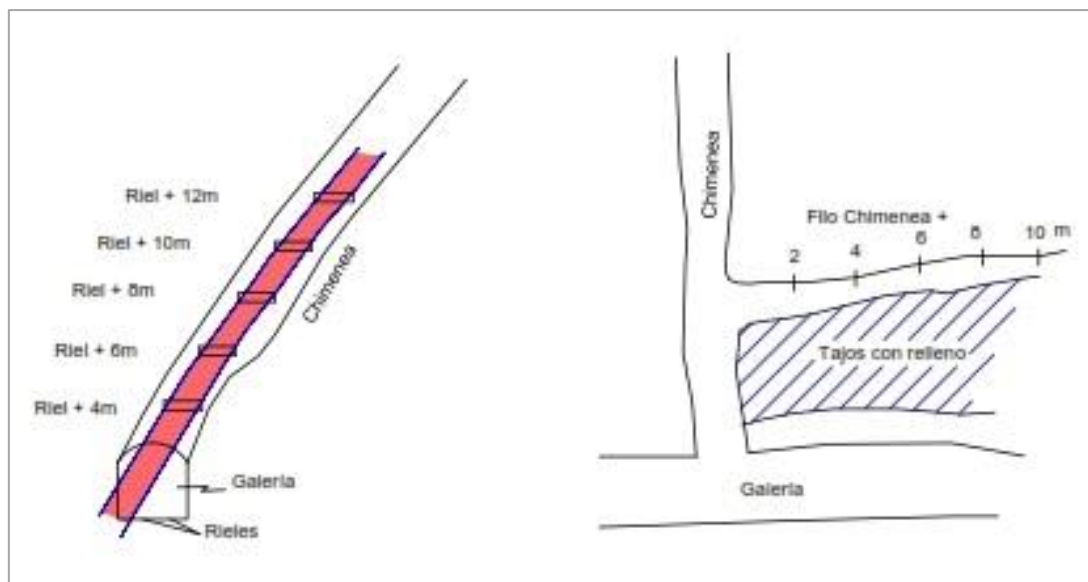
FIGURA N° 16: UBICACIÓN DE CANALES EN GALERÍAS Y VENTANAS.



FUENTE: Elaboración Propia.

En las chimeneas las ubicaciones de los canales están referidos al filo riel o piso de labor. En tajos la referencia será un echadero o una chimenea de acceso, pero además se mide la altura de la corona con levantamiento a brújula.

FIGURA N° 17: UBICACIÓN DE CANALES EN CHIMENEAS Y TAJOS.



FUENTE: Elaboración Propia.

En el caso de ventanas, las referencias pueden ser el inicio desde una galería, by pass, etc. Muchas veces por el mal terreno en mina no es posible tomar muestras en ninguna labor porque se ponen mallas, cuadros, etc., lo que limita el muestreo. En este caso la información de ensayos se obtiene mediante el muestreo de los frentes y de sondajes debidamente espaciados.

a.3 Espaciamiento.

Es el intervalo de distancia entre canales. Depende de la regularidad de la mineralización y del tipo de labor. En U.E.A. Mina Orión, Chala-Arequipa se ha establecido un espaciamiento de 2.00 metros en todas sus labores tales como: galerías y chimeneas que siguen sobre estructuras mineralizadas, en caso de que la mineralización sea irregular y angosta los canales tendrán un espaciamiento de 1.00 metro.

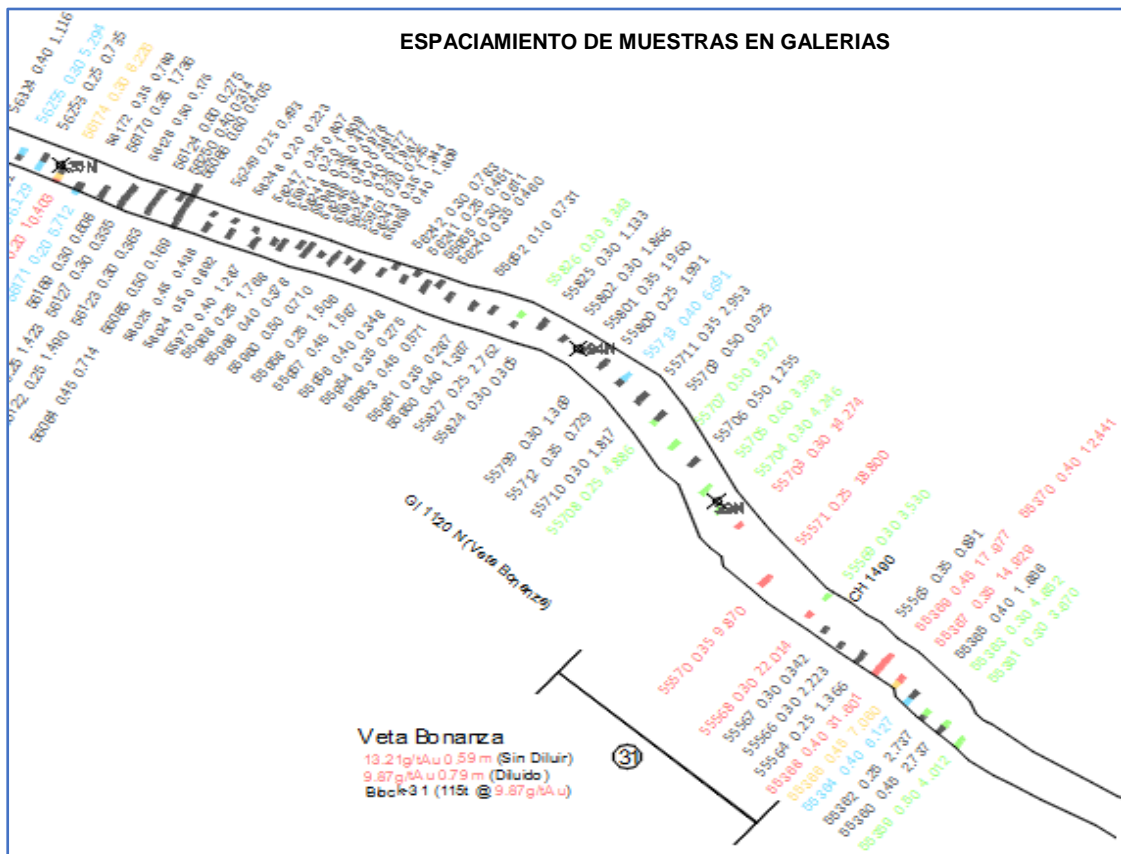
En general, en estructuras con bandas de diferente mineralización, el canal debe ser HORIZONTAL y se subdividirán en varios canales, debiendo tener cada división una longitud mínima de 0.10 metros y máximo de 2.20 metros en galerías.

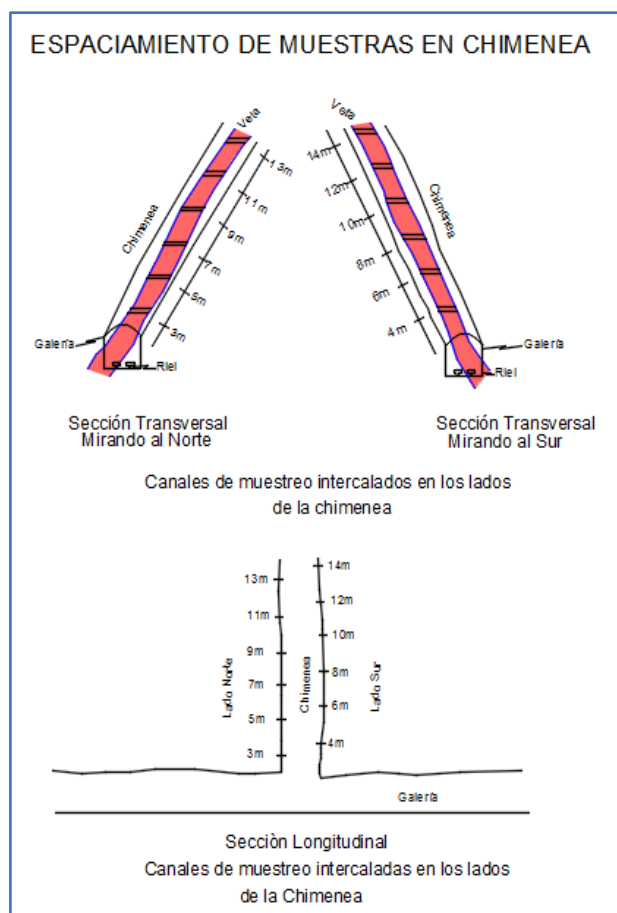
En chimeneas la ubicación de canales (también horizontales) es en ambas caras de la labor. En este caso el espaciamiento es cada 1.00 metro, pero los canales estarán intercalados entre los de una cara con respecto a la otra.

En cruceros (cortadas) y ventanas se toman uno o más muestras contiguas en ambas paredes si la estructura tiene un ancho mayor a 0.10 metros si la estructura tiene bandas con diferentes características se realizan canales contiguos en todo el ancho de la estructura.

En los tajeos, el espaciamiento entre canales se ha establecido en 2.00, se efectuará el muestreo cada dos o tres cortes, y hasta un máximo de dos cortes en mineralización irregular.

FIGURA N° 18: ESPACIAMIENTO DE CANALES DE MUESTRAS.





FUENTE: Elaboración Propia.

B. Muestreo por puntos

El método de muestreo por puntos es aquel que se emplea muchas veces tanto en superficie como en labores subterráneas, para muestrear vetas de mineralización irregular y/o con mineralización diseminada o irregular, en los cuales no se observan alguna distribución orientada de la mineralización.

El muestreo por puntos, muchas veces se utiliza para muestrear las cajas de las estructuras mineralizadas cuando hay diseminaciones o venilleo irregular de mineral.

b.1 Dimensiones.

La dimensión para este tipo de muestreo es definida según el área de mineralización, específicamente se emplea en la prospección superficial del yacimiento que contenga estructuras diseminadas o alteraciones asociadas a las vetas que tengan un ancho mayor a 5.00 metros, para el muestreo se definirá la orientación de la malla apropiada.

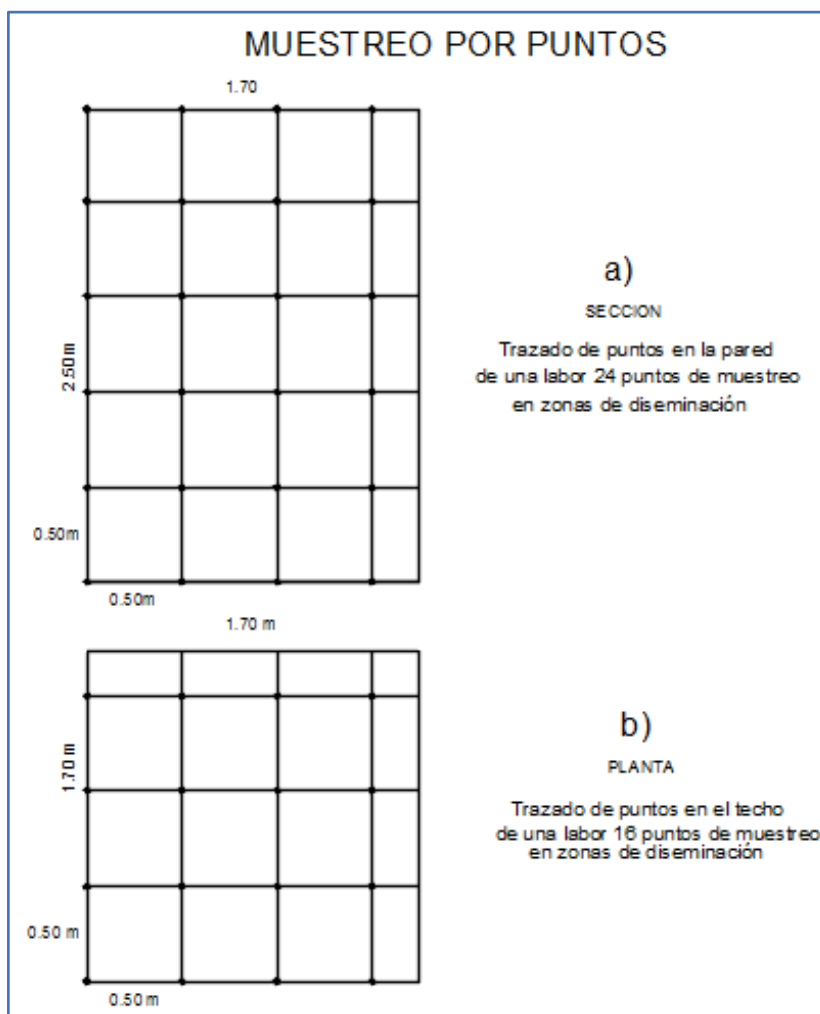
b.2 Ubicación.

En el muestreo de estructuras mineralizadas y las alteraciones en superficie, la ubicación se realiza en columnas que se orientan en sentido del rumbo de la estructura y otras se disponen perpendicularmente a la orientación de la estructura formando una especie de malla, en labores subterráneas se realiza de la misma manera en las paredes y en el techo de labor

b.3 Espaciamiento.

Los reticulados de columnas se realizan de acuerdo a la dimensión de la estructura mineralizada pudiendo ser desde 0.50 X 0.50 metros hasta 1.00 X 1.00 metros, este espaciamiento es para muestreo en superficie y labores subterráneas (*Figura N° 19*).

FIGURA N° 19: MUESTREO POR PUNTOS.



FUENTE: Elaboración Propia.

C. Muestreo por astillas (Chip Sampling).

Este método se aplica mayormente en superficie cuando se trata de estructuras anchas poco definidas, de manera muy preliminar en una prospección. Es de carácter estrictamente referencial por su extracción rápida en forma discontinua, y se hace para tener una idea si hay anomalías interesantes en el prospecto con miras a efectuar trabajos a más detalle. No sirve para evaluar un yacimiento ni para hacer programas posteriores de sondajes ni otro tipo de exploración. Sería un error descartar un yacimiento con sólo esta información.

En labores subterráneas se usa ocasionalmente en zonas de alteración y estructuras con venilleo.

Consiste en extraer fragmentos de material a lo largo de una línea que cubre transversalmente a la estructura. Esta línea representa al eje de un supuesto canal de muestreo.

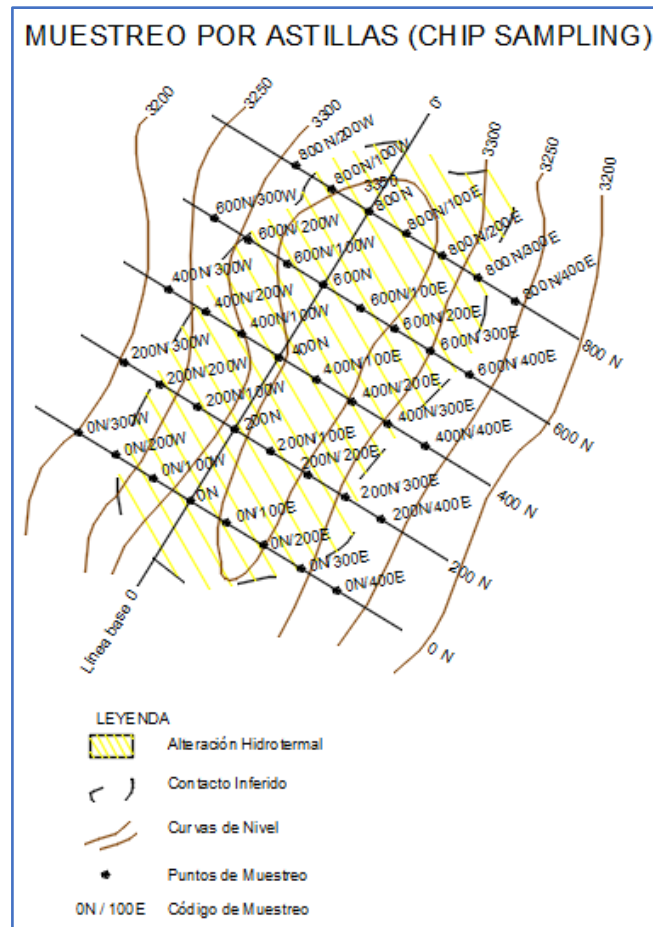
c.1 Ubicación.

Para ubicar las muestras en labores subterráneas se utilizan los puntos y detalles topográficos y para el muestreo en superficie se usa el GPS o puntos de referencia. Para representar en planos se plotea los puntos en las líneas correspondientes, ubicando las separaciones de las muestras.

c.2 Espaciamiento.

El espaciamiento y orientación de este método de muestreo para superficie y labor subterránea dependen del criterio geológico.

FIGURA N° 20: MUESTREO POR ASTILLAS (CHIP).



FUENTE: Elaboración Propia.

D. Muestreo por perforación (Drill Sampling).

Es un método que consiste en la ejecución de sondajes para tomar muestras en estructuras mineralizadas mediante el uso de máquinas de perforación con brocas diamantinas para obtener testigos a la vez sirven para obtener información geológica.

En la perforación diamantina se obtendrá muestras cilíndricas (testigos de perforación).

d.1 Muestreo de testigos.

Los testigos de perforación diamantina son estudiados detalladamente desde el punto de vista geológico, luego de lo cual se escogen los tramos mineralizados o los de interés para análisis geoquímicos. La perforación diamantina se hace para evaluar grandes y pequeños depósitos desde superficie o interior mina (vetas, cuerpos, mineralización diseminada, etc.)

Los testigos de perforación, previamente registrados desde la óptica geológica, son separados en tramos de acuerdo a sus características mineralógicas, estructurales y/o de alteración. Los tramos de interés que deben ser escogidos para los análisis correspondientes constituyen las muestras. Cada tramo se cortará por la mitad cuidadosamente a lo largo del testigo con una cortadora de discos diamantados. Cuando los testigos tienen diámetros menores a 1" se debe enviar toda la muestra al laboratorio previa toma de la fotografía correspondiente.

Una de las mitades, que viene a ser la muestra, se llena en doble bolsa de plástico y se etiqueta con el número del talón respectivo, para luego sellarla y enviarla al laboratorio analítico para su análisis convencional o geoquímico. Algunas veces se toman pequeñas muestras para estudio microscópico, antes de efectuar la preparación para el envío el cortador de muestras debe limpiarse después de cada tramo. La otra mitad se queda como archivo. Cuando hay caballo entre tramos mineralizados, siempre debe marcarse la muestra de esos caballos.

La confianza de los resultados, depende de la recuperación y el corte apropiado del testigo.

d.2 Ubicación.

La ubicación de las muestras de testigos corresponde a la distancia que se mide desde el inicio del agujero de perforación hasta el tramo correspondiente (estructura interceptada). La ubicación de la muestra siempre se plotea, tanto en la sección del sondaje como en la sección longitudinal de la estructura mineralizada correspondiente. Puede ubicarse en el espacio, en el caso de modelamiento obtenidos por software determinados.

d.3 Dimensiones.

La longitud máxima de muestra será de 0.50 metros y la mínima de 0.10 metros. En ambos casos las longitudes estarán de acuerdo a las variaciones de la mineralización (similar al muestreo por canales).

FIGURA N° 21: MUESTREO DE TESTIGOS DIAMANTINOS.



FUENTE: Elaboración Propia.

3.9.2 Control de Calidad.

En el yacimiento aurífero Mina Orión, el “control de calidad” es una actividad mediante el cual se dirige y supervisa estrictamente el proceso productivo de la mina a fin de obtener productos metálicos comerciales con valor económico. Esta actividad incluye el desarrollo y explotación en mina y el tratamiento en planta. En este caso nos vamos a referir a la parte correspondiente a geología en la etapa de desarrollo y explotación.

En esta etapa el muestreo tiene un rol importante en el “control de calidad” en relación al mineral extraído, explotado y beneficiado. En este caso para que el trabajo sea efectuado

eficientemente es necesario discutirlo y coordinarlo entre los departamentos de geología, minas y planta.

Comúnmente hay discrepancias y oscilaciones entre la ley del mineral producido y la ley que reporta la planta de procesos, motivo por el cual esta implementado un Control de Calidad en la mina por tratarse de un yacimiento aurífero irregular.

Consideraciones que se deben tener en cuenta para el control de calidad en minas de oro y plata, tomando como ejemplo lo que se hace en minas de características muy similares son:

- Determinar el tamaño del Au, mediante estudios de análisis por método de retalla para definir el % de Au para cada malla.
- Hacer estudios de microscopía electrónica de barrido y energía dispersiva de rayos X también para determinar los porcentajes de Au para cada malla.

Teniendo en cuenta que en los yacimientos de Au y/o Ag, el Au pueda presentarse muy fino o también grueso, debe implementarse “Control de Calidad” en operaciones mineras de la empresa que aún no la tienen, o si la tienen, mejorarlos para lo cual se tendrá en cuenta:

- Preparar los protocolos de muestreos por canales de mina (ya que en todos los yacimientos auríferos filonianos se emplea este método), muestreo de canchas y muestreo de lotes (volquetes), enviados a planta de procesos.
- Establecer procedimientos para verificar altas leyes, erraticidad del muestreo.
- Protocolos de preparación de muestras, en cuya área, la muestra está generalmente expuesta a contaminación.
- Evaluar los diferentes procesos en la mina: labores del personal de geología, muestreo, control del marcado de tajos, control de la dilución.
- La responsabilidad de la sección de control de calidad estará a cargo de un Geólogo, quien hará el seguimiento y control de los procesos planificados (muestreos en tajos, labores de exploraciones y desarrollos, preparación, canchas y otros). Él procesará las muestras de los tajos y determinará en coordinación con los Geólogos de Sección y el Jefe de Departamento las partes del tajo que serán enviadas como mineral. Realizará labores de control de dilución en el terreno de modo que el personal de mina explote dentro de la dilución estimada para cada tajo, para lo cual se tendrá en cuenta la estabilidad de las cajas considerando el buzamiento de la veta, fallas, inclinación de los taladros, etc.

FIGURA N° 22: CONTROL DE CALIDAD EN LABORES.



FUENTE: Elaboración Propia.

3.9.2.1 Normas en control de calidad.

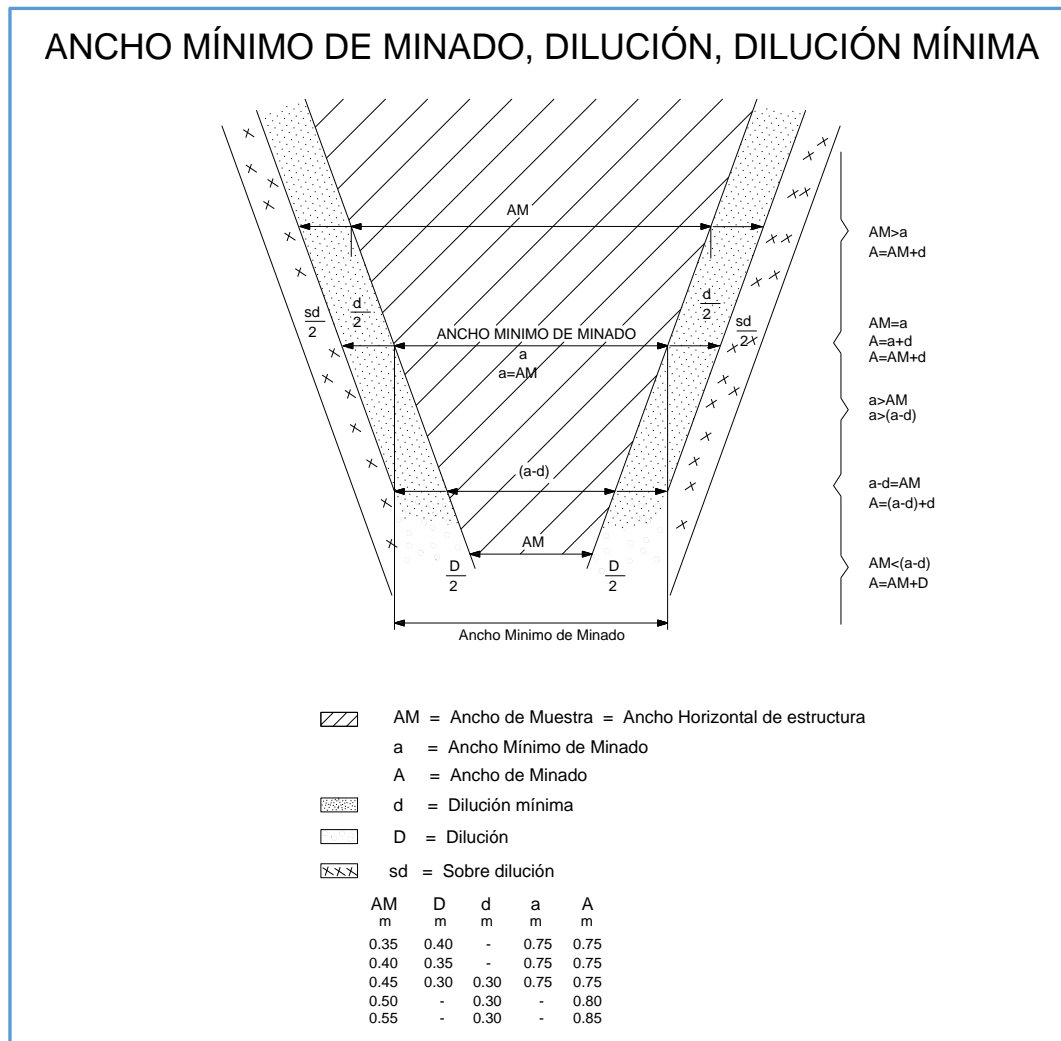
A. Ancho de minado.

Durante la explotación de una estructura mineralizada, de acuerdo al método de explotación que es el de corte y relleno ascendente, el tipo de equipo que se usa y la dilución en que se incurre, se tiene un ancho de minado (*Cuadro N° 07*).

El ancho de minado también denominado ancho mínimo de minado, es aquel que permite el minado en un ancho lo más angosto posible de manera que el colaborador o el equipo puedan accionar libremente durante la explotación. Mucho depende del ancho de la estructura mineralizada y del equipo que se usa.

En la U.E.A. Mina Orión, el ancho mínimo de minado es de 0.50 metros, debido a las estructuras angostas, este ancho mínimo de minado ha sido propuesto y aprobado entre las áreas operativas (geología, mina, planeamiento).

CUADRO N° 07: CARACTERÍSTICAS DE MINADO



FUENTE: Elaboración Propia.

B. Dilución mínima.

Dilución es la cantidad de material estéril que necesariamente se mezcla con el mineral de mena durante la explotación. Hay siempre una “dilución mínima”, la cual ocurre cuando la mezcla inevitable de material pobre al explotarse una estructura cuyo ancho es mayor o igual que la diferencia entre ancho mínimo de minado y dicha dilución.

Esta dilución mínima depende del ancho de la estructura y de la naturaleza de las rocas cajas. En las rocas cajas deleznable o brechadas habrá mayor dilución (Tabla N° 02).

TABLA N° 02: DILUCIÓN MÍNIMA

Ancho de Estructura (m)	Dilución (m)	Dilución Mínima (m)	Ancho Mínimo de Minado (m)	Ancho de Minado (m)
0.30	0.45	--	0.75	0.75
0.35	0.40	--	0.75	0.75
0.40	0.35	--	0.75	0.75
0.45	0.30	0.30	0.75	0.75
0.50	--	0.30	--	0.80
0.55	--	0.30	--	0.85
0.60	--	0.30	--	0.90

Fuente: Elaboración Propia.

En la U.E.A. Mina Orión, la dilución mínima es de 0.20 metros, debido a las estructuras angostas y el equipo que emplean para la explotación deterioran las rocas cajas (perforadora neumática), esta dilución mínima de minado ha sido aprobado entre las áreas operativas (geología, mina, planeamiento).

C. Marcado de áreas mineralizadas y control de dilución.

Con la información de las leyes de muestras de canales y/o puntos, el personal de control de calidad debe marcar en los tajos el contorno de los límites económicos de la mineralización, para que, en base a esto, los perforistas de minas orienten mejor su perforación para disparos, teniendo en cuenta, además, orientación de los taladros de acuerdo a los buzamientos de las estructuras y contactos. Por ningún motivo se perforará fuera de los contornos ni con otra inclinación diferente al buzamiento. De esta manera se evitará una sobre dilución. Además, se pintará en las paredes del tajo las leyes promedias por sectores o tramos, todo esto, a fin que la dilución sea mínima.

FIGURA N° 23: MARCADO DE ESTRUCTURAS.



FUENTE: Elaboración Propia.

3.10 ALTERACIONES HIDROTERMALES.

3.10.1 Alteración Argílica.

Esta alteración se presenta mayormente en las secuencias volcánicas con una intensidad de moderado a fuerte, y débiles en secuencias sedimentarias relleno algunas fracturas con importantes cantidades de caolín, arcillas amorfas principalmente reemplazando a las plagioclasas.

3.10.2 Alteración Fílica.

La alteración se observa asociado a las secuencias volcánicas, el ensamble es sericita-pirita en forma dispersa de intensidad fuerte a moderado, debida a la transformación de las plagioclasas y feldespato potásico, en sericita-cuarzo se presenta en cantidades menores o minerales accesorios caolín, illita, biotita.

3.10.3 Alteración Propilítica.

Se observa con una intensidad de moderado a fuerte caracterizada por la presencia de clorita-epídota, se presenta a nivel local asociado a las estructuras mineralizadas en forma

de venillas o núcleos, ocurre por lo general como halo gradacional su influencia es desde pocos centímetros hasta no más de 5.00 metros en contacto o cercanas a las vetas.

3.10.4 Silicificación.

Este tipo de alteración se encuentra expuesto en superficie, la silicificación es producida por la introducción de sílice en areniscas generando el endurecimiento de las mismas haciéndolas impermeables, debido al fracturamiento y la permeabilidad de la roca encajonante, en esta alteración también se puede encontrar pirita diseminada, la influencia de la alteración es de algunos centímetros hasta varios metros.

FIGURA N° 24: ALTERACIONES.



FUENTE: Elaboración Propia.

3.11 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.

En función a lo observado en las ocurrencias de Au en las estructuras mineralizadas dentro del área de estudio, se han determinado una serie de controles de mineralización de importancia para el desarrollo y exploración futura del yacimiento aurífero.

Existe un fuerte control estructural en el emplazamiento de la mineralización enriquecida en Au, estando ésta circunscrita específicamente a vetas – fallas de rumbo N20-60°W y buzamientos 45-75° al NE, en casos excepcionales se observan buzamientos de 45° al SW (veta Españolita). Las estructuras de tendencia NE – SW generalmente corresponde

a procesos post mineralización y han fragmentado la geometría inicial del yacimiento. En el extremo NW y W (veta Tauro) del área de estudio se tienen estructuras (mantos y vetas) mineralizadas enriquecidas en Cu, de tendencia NE – SW.

Dentro del área de explotación (mina Orión) además del control estructural observado se nota un claro control litológico, la mejor exposición de la mineralización y el desarrollo de estructuras mineralizadas está en el intrusivo de diorita (Súper Unidad Tiabaya), textura fanerítica de grano medio, aparentemente esta roca es más reactiva ante los fluidos hidrotermales calientes (mayor a 350° C) de PH neutros y ricos en cationes metálicos. En las secuencias volcánicas (volcánicos Chocolate y formación Guaneros) las estructuras tienden a ramalearse, adelgazar y pierden continuidad, pero los valores de Au se mantienen.

En las secuencias volcano – clásticas (formación Guaneros) las estructuras mineralizadas mantienen consistencia, potencias irregulares, pero los fluidos hidrotermales se han dispersado dentro de niveles altamente permeables (areniscas cuarzosas, areniscas con cemento calcáreo) originando diseminación de pirita y silicificación por sectores en las areniscas cuarzosas; y en las areniscas con cementos calcáreos alguna alteración de skarn incipiente (hornfels, granates, epidota), pero estas ocurrencias no muestran enriquecimiento alguno en metales de importancia económica (Au, Cu).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y EXPOSICIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PETROGRÁFICOS Y MINERAGRÁFICOS.

En el área de investigación se tomaron muestras para realizar estudios petrográficos (secciones delgadas), mineragráficos (secciones pulidas) las cuales fueron enviadas a las oficinas del área de geología ubicado en la ciudad de Lima.

Los estudios y análisis fueron realizadas en laboratorios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la consultora particular Ing. Leonor Ramirez Yataco.

En los resultados se pueden apreciar la presencia de varios minerales económicos tales como el oro nativo (Au), electrum (Au, Ag), cobre nativo (Cu) y otros minerales de menor abundancia considerados como mineral de ganga.

4.1.1 Andesita Porfirítica.

Muestra con código 3522 fue tomada en superficie entre las coordenadas Este 576 920, Norte 8 275 199 según el estudio tiene las siguientes características:

Roca ígnea volcánica, compuesta por fenocristales de: plagioclasas macladas y zonadas con tamaños hasta de 1.4mm, se presentan mayormente albitizadas, en menor proporción alteradas a epidotas, carbonatos, cloritas, feldespatos potásicos de origen secundarios parcialmente argilizados y arcillas.

Se observa moldes con contornos relícticos de ferromagnesianos de formas subhedrales, ahora alterados intensamente por carbonatos-epidotas-cloritas, algunos moldes de fenos contienen inclusiones de minerales opacos, los moldes tienen tamaños menores de 2.5mm. Asimismo se observa relictos de granos de anfíboles alterados por las epidotas-carbonatos. Otros son de piroxenos alterados débilmente por cloritas-epidotas o mayormente alterados por carbonatos con cantidades menores de epidotas.

Se observa cristales de apatito euhedrales y subhedrales incluidos en piroxenos. Está a nivel de traza.

La matriz está constituida por plagioclasas de tamaños de 0.1mm algunas albitizadas o alteradas a epidotas, carbonatos-albita, en cuyos intersticios se presentan las epidotas, carbonatos y cloritas, por sectores se observa granos de feldespatos potásicos de origen secundario en intersticios.

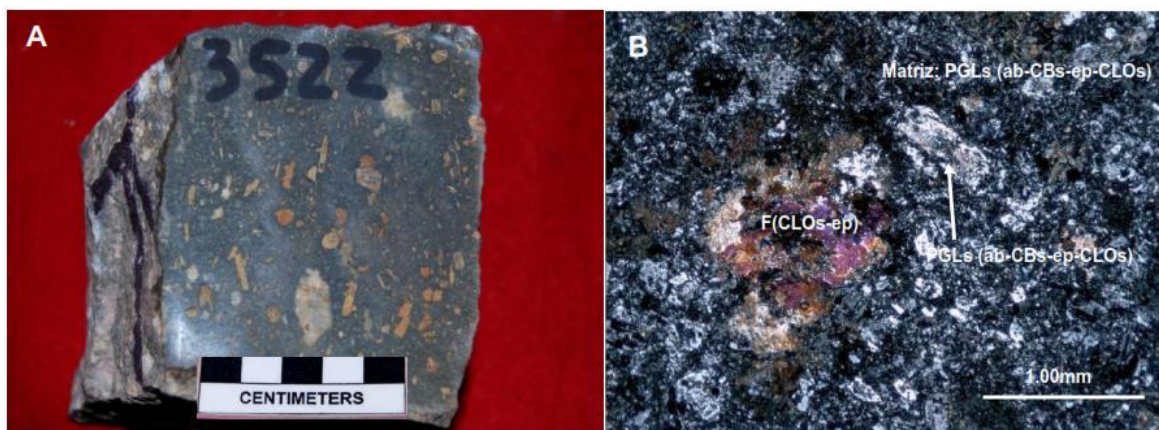
TABLA N° 03: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE ANDESITA PORFIRÍTICA

Mineralogía					
Fenos	%	Matriz	%	Alteración	
Plagioclasas	18	Plagioclasas	25	Cloritas	15
Restos de piroxenos	4			Albita	12
Restos de a anfíboles	2			Epidotas	10
				Carbonatos	10
				Feldespatos potásicos	3
				Arcillas	1

FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C.

- Alteraciones y grado de alteración.
 - Cloritas, altera en un 15% a los fenos de plagioclasas, piroxenos y anfíboles, encontrándose también en la matriz.
 - Albita, altera en un 12% a las plagioclasas tanto a los fenos como a los que componen la matriz.
 - Epidotas, altera en un 10% a los fenos de plagioclasas, piroxenos y anfíboles, encontrándose también en la matriz.
 - Carbonatos altera en un 10% a los fenos de plagioclasas, piroxenos y anfíboles, encontrándose también en la matriz.
 - Feldespatos potásicos de origen secundario, altera en un 3%, localizándose en los intersticios de la matriz. y parcialmente en fenos de plagioclasas.

FIGURA N° 25: FOTOMICROGRAFÍA DE ANDESITA PORFIRÍTICA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA N° 3522: Nícoles cruzados Sección delgada. A) Muestra de roca de composición andesita porfirítica. B) Molde de fenocrystal con relictos de ferromagnesianos (F) alterado por las cloritas-epídotas (CLOs-ep), plagioclasas (PGLs) alteradas a albita-carbonatos-epídotas-cloritas (ab-CBs-ep-CLOs) englobados en matriz de plagioclasas, albitizada con carbonatos, cloritas (CBs-ep-CLOs) en intersticios.

4.1.2 Limolita.

Muestra tomada en superficie con código 18-07-10-02 en las coordenadas Este 577984, Norte 8276178, según el estudio tiene las siguientes características.

Roca, en la que se observa capas constituida mayormente por muscovita de formas subhedrales de aspecto tabular con tamaños menores de 0.06mm acompañados con agregados de granos de cuarzo subhedrales con tamaños menores de 0.03mm, algunos granos se encuentran con impregnación de limonitas.

Los minerales opacos de forma anhedral con tamaños menores de 0.020mm, se localizan dispersos, algunos granos se hallan parcialmente alterándose a limonitas.

Rutilo de forma subhedral entre los granos de muscovita

Flogopita relictica de formas subhedral de aspecto tabular con tamaños menores de 0.05mm, se hallan alterados casi totalmente o totalmente por las cloritas, algunas veces con impregnación de limonitas.

Están intercaladas con capas constituidas mayormente por agregados de granos de cuarzo con tamaños menores de 0.06mm.

Muscovita en menor proporción de formas tabulares cortos con tamaños menores de 0.062mm, en cuyos intersticios se observa granos de flogopita de aspecto tabular corto, carbonatos, rutilo, y cloritas.

Asimismo se observa laminillas delgadas de sustancia orgánica, y limonitas como impregnación en muscovita y flogopita.

Minerales opacos con tamaños menores de 0.06mm dispersos en las bandas.

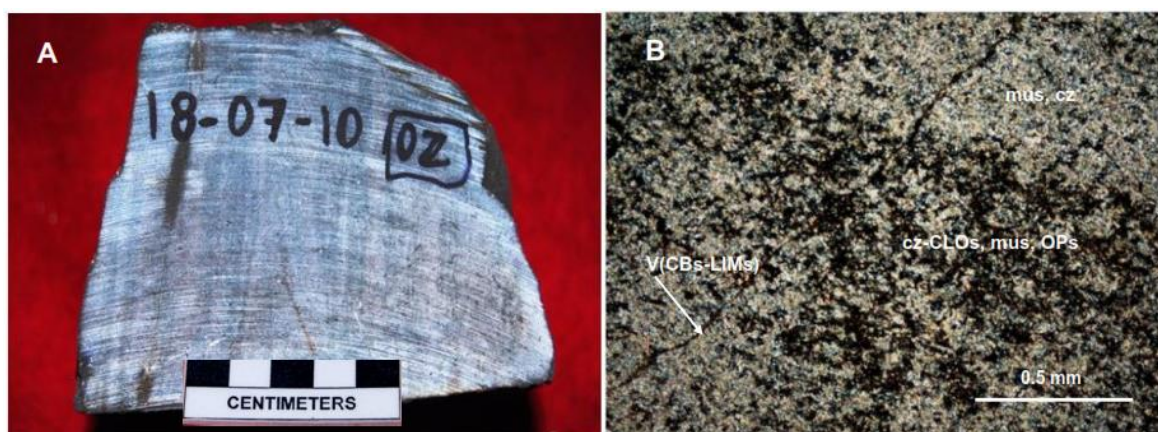
Se observa una venilla atravesando al bandeamiento, la que se encuentran rellenas por limonitas y carbonatos con impregnación de limonitas.

TABLA N° 04: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LIMOLITA

Mineralogía				
Esenciales	%	Accesorios	%	Alteración
Muscovita	55.5	Cloritas	4	Limonitas
Cuarzo	37	Flogopita	1.5	
		Carbonatos	<1	
		Opacos	0.5	
		Limonitas	0.5	
		Rutilo	traza	
		Sustancia orgánica	traza	

FUENTE: Informe interno A.M.S. S.A.C.

FIGURA N° 26: FOTOMICROGRAFÍA DE LIMOLITA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA N° 18-07-10-02 Nicoles cruzados Sección delgada. A) Fragmento de roca de color gris con tamaño de grano de limo, masiva. Se observa una venilla de limonitas-carbonatos. B) Capas constituidas mayormente por muscovita (mus) con menor proporción de agregados de granos de cuarzo (cz) intercaladas con capas de mayor porcentaje de agregados de granos de cuarzo-cloritas, muscovita en menor proporción y diseminaciones de minerales opacos. Se observa una venilla de carbonatos con limonitas (CBs-LIMs) atravesando la roca.

4.1.3 Cuarcita.

Es una muestra de superficie con código 3421, tomado en las coordenadas Este 577 146, Norte 8 276 718 de acuerdo al estudio realizado tiene las siguientes características.

La roca de origen metamórfico presenta textura granoblástica constituida por cuarzo, minerales opacos, sericita, escasos cristales de circón, rutilo.

Los granos de cuarzo ocurren en forma de agregados, los límites de los granos son irregulares (bordes suturados), algunos granos son de formas subredondeadas; poco

deformados (extinción ondulante) con aparición de algunas bandas de deformación, las evidencias de sobre crecimiento son raras los cuales están cementados por recrecimiento de cuarzo secundario y se distingue por una fina película de arcillas?, y recristalizados, los granos de cuarzo tienen tamaños que varían de 0.3 a 0.83mm, aunque varios granos llegan a medir 1,4mm como tamaño promedio. El porcentaje es mayor del 93%.

Así mismo se observa agregados de granos de cuarzo (R) recristalizados entre los intersticios del cuarzo anterior; de granulometría menor de 0.06mm.

Muscovita, es escaso, de formas subhedrales alargadas con tamaños menores de 0.12mm.

Opacos, se presenta como cemento y entre los granos de cuarzo, con tamaños menores de 0.4mm.

Sericita se presenta mayormente entre o en intersticios de los granos de cuarzo, algunas veces se presenta como cemento.

Se ha observado un grano de zircón de forma redondeada con tamaño de 0.02mm, ocurre incluido en el cuarzo.

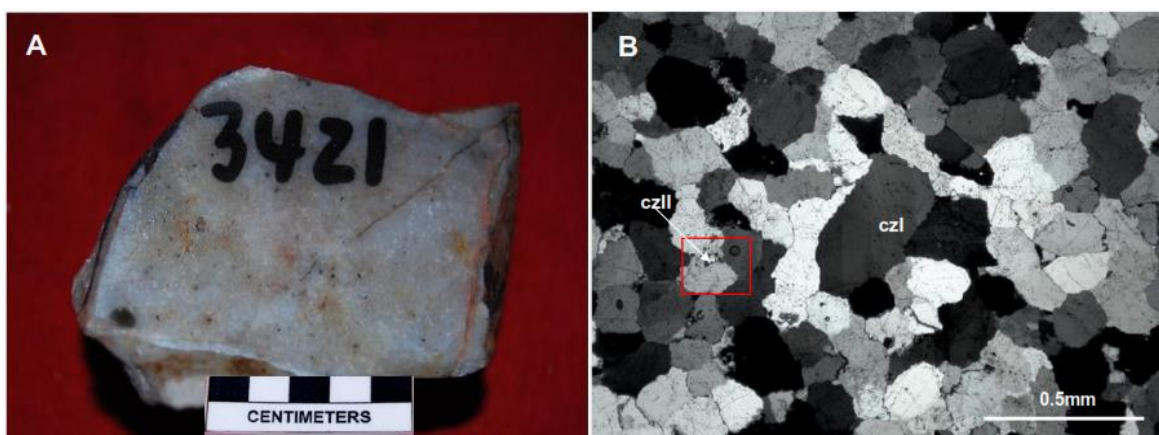
Rutilo subhedral, algunos granos de formas alargadas, de tamaños que varían de 0.01 a 0.085mm, ocurre rellenando intersticios.

TABLA N° 05: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE CUARCITA

Mineralogía			
Esenciales	%	Accesorios	%
Cuarzo	94	Cuarzo (R)	3
		Sericita	2
		Muscovita	0.5
		Opacos	0.5
		Zircón	Traza
		Rutilo	traza

FUENTE: Informe interno A.M.S. S.A.C.

FIGURA N° 27: FOTOMICROGRAFÍA DE CUARCITA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA N° 3421 NICOLES CRUZADOS SECCIÓN DELGADA A.- Fragmento de roca de cuarcita B.-Mostrando cuarzo (cz I) de bordes irregulares, deformado lo que nos indica proceso de recrystalización y también observa un cierto desarrollo de la recrystalización, que se manifiesta por la aparición de nuevos granos de cuarzo de fina granulometría (czII).

4.1.4 Arenisca.

Esta muestra ha sido tomada en la superficie y enviado para su estudio con código 22-10-10-02, en las coordenadas Este 577 798, Norte 8 275 806 el cual tiene las siguientes características.

Es una roca sedimentaria constituida principalmente por clastos de cuarzo de forma anhídrica, con tamaños menores de 0.22mm, de bordes levemente suturados, o en parte recrystalizados en continuidad óptica con los granos (recrecimiento secundario), donde la superficie de los clastos está recubierta de una fina película de arcillas?, algunos granos son redondeados, y presenta bordes.

Feldespatos, ocurren de formas subangulosas con tamaños menores de 0.2mm, se encuentran débilmente alterados por las arcillas sericita, se localiza entre los granos de cuarzo.

Se observa clastos o fragmentos calcáreos de formas anhedrales y de bordes irregulares con tamaños menores de 0.15mm, a veces con inclusiones de cristales de moscovita o con impregnación de óxidos de fierro.

Zircón de forma redondeada con tamaños menores de 0.06mm en intersticios, algunos granos se hallan incluidos en cuarzo.

Los granos de rutilo se presentan de formas redondeadas, con tamaños menores de 0.08mm, ya sea entre los granos de cuarzo o como inclusión en carbonatos, feldespatos o en forma de agregados entre los granos de cuarzo.

Se ha observado escasos granos de anfíboles de bordes irregulares con tamaños menores de 0.08mm en intersticios.

Se observó escasos granos de opacos de formas subredondeadas con tamaños menores de 0.05mm.

Muscovita se presentan formas de laminillas de tamaños menores de 0.085mm, asimismo ocurre en agregados entre los granos de cuarzo.

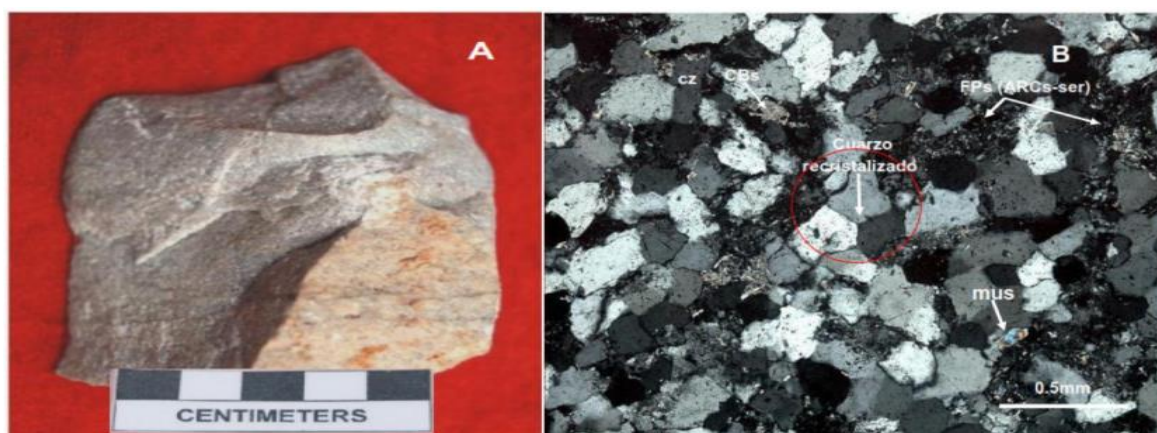
Ellos están cementados por carbonatos y agregados de granos de cuarzo recristalizados de granulometría muy fina.

TABLA N° 06: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE ARENISCA

Minerales	%	Alteración	%
Cuarzo	72.5	Arcillas	2
Feldespatos	8	Sericita	<1
Carbonatos	6		
Muscovita	3		
Anfíboles	Traza		
Opacos	Traza		
Zircón	<0.5		
Apatito	<0.5		
Cuarzo cementante	3		
Carbonates cementante	4		

FUENTE: Informe interno A.M.S. S.A.C.

FIGURA N° 28: FOTOMICROGRAFÍA DE ARENISCA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA N° 22-10-10-02 NICOLES CRUZADOS SECCIÓN DELGADA A). Fragmento de una metarenisca presentando estratificación. B) Clastos de granos de cuarzo (cz) ligeramente con bordes suturados y recristalizados, se observa cuarzo, feldespatos (FPs) alterados por las arcillas sericita (ARCS-ser), carbonatos CBs), muscovita (mus).

4.1.5 Diorita.

Es una muestra de superficie con código 3394, que fue tomado en las coordenadas Este 578 385, Norte 8 276 307 y tiene las siguientes características.

Roca ígnea intrusiva constituida por cristales de plagioclasas de formas subhedrales con tamaños menores de 2mm, la alteración de las plagioclasas es de débil a moderada, es alterada por sericita, epidotas, cloritas, arcillas, carbonatos, por sectores los cristales de plagioclasas se hallan reemplazados o alterados por adularia, algunos cristales de plagioclasas contienen inclusiones de esfena, apatito, minerales opacos y anfíboles.

Los cristales de anfíboles, presentan formas euhedrales a anhedrales con tamaños menores de 1.2mm, los cristales se encuentran alterados de débil a moderadamente por las epidotas, carbonatos, cloritas, algunos cristales contienen inclusiones o son reemplazados parcialmente por los minerales opacos, los anfíboles ocurren rellenando intersticios.

Esfena, de formas subhedrales y anhedrales con tamaños menores de 0.08mm, se encuentra en intersticios o a veces en bordes de ferromagnesianos.

Se observa moldes de cristales con contornos relícticos posiblemente biotita alterados totalmente por las cloritas, en algunos casos acompañados con carbonatos y escasa epidota o esfena siguiendo direcciones de clivaje.

Apatito, ocurre como cristales de formas euhedrales con tamaños de 0.1mm, se halla incluido en las plagioclasas, anfíboles.

Piroxenos, se encuentran relictos de cristales de piroxenos, han sido alterados por los anfíboles originando la uralitización, y por epidotas.

Opacos, se presentan cristales de formas subhedrales y anhedrales con tamaños menores de 0.035mm, además de encontrarse dispersos o rellenando intersticios están reemplazando o se encuentran como inclusiones en los ferromagnesianos. Algunos granos de opacos se encuentran alterados por los óxidos de hierro.

La roca presenta venillas rellenas mayormente por epidotas- escasos granos de carbonatos-cloritas, fracturas rellenas mayormente por adularia (feldespatos potásicos), en menor proporción por carbonatos-cloritas y escasa epidota, por un sector de la fractura acompaña también agregados de granos de cuarzo de fina granulometría. La adularia está alterada débilmente por las arcillas.

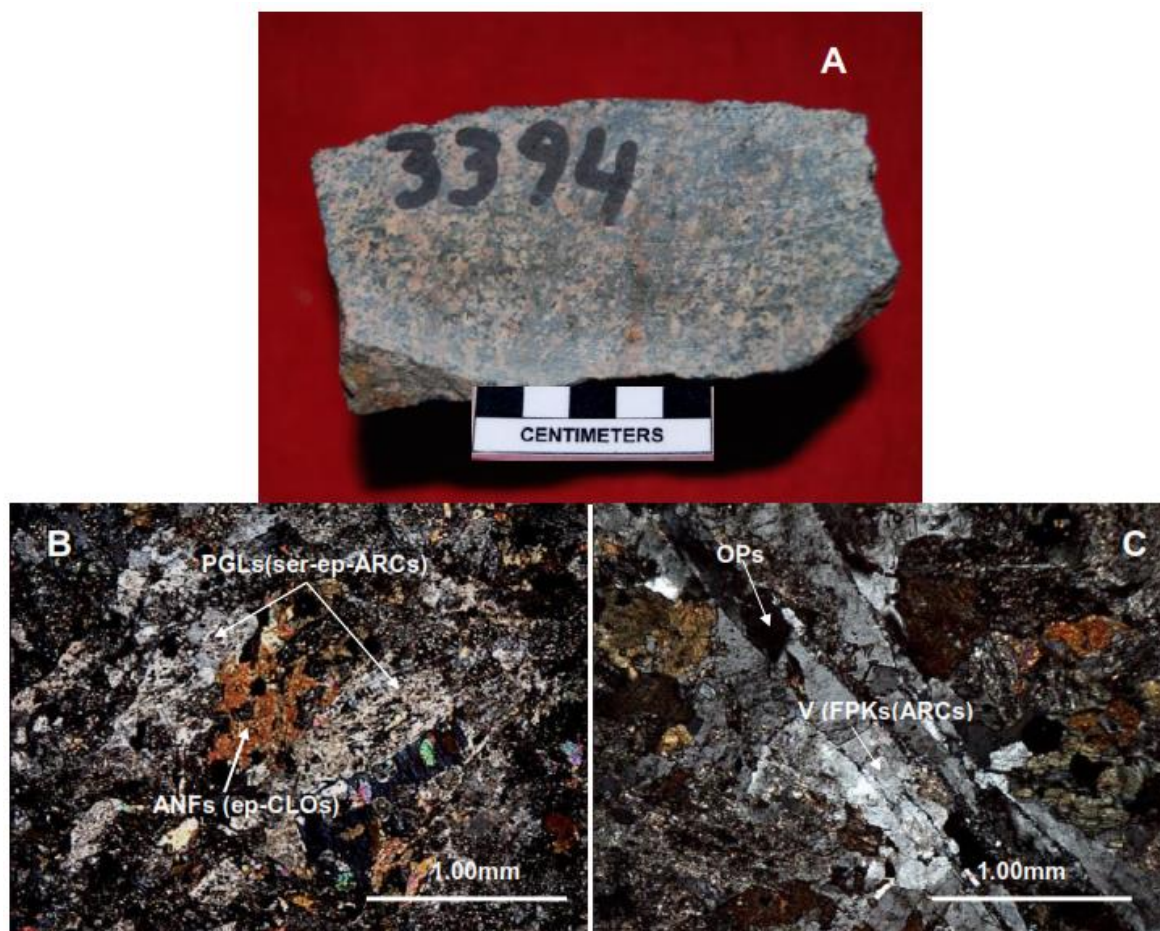
TABLA N° 07: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE DIORITA

Esenciales	%	Accesorios	%	Secundarios
Plagioclasas	42	Anfíboles	8	Cloritas
Cloritas	14	Feldespatos potásicos	7	Epídotas
Epidotas	10	Carbonatos	4	Sericita
Sericita	10	Opacos	3	Carbonatos
		Uralita	1	Uralita
		Esfena	<1	
		Apatito	traza	

FUENTE: Informe interno A.M.S. S.A.C.

- Alteración y grado de alteración.
- Alteración: Propilítica y fílica débil a moderada.

FIGURA N° 29: FOTOMICROGRAFÍA DE DIORITA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA N° 3394 NICOLES CRUZADOS SECCIÓN DELGADA A) Muestra de roca ígnea intrusiva de naturaleza diorítica. B) Cristales de plagioclasas (PGLs) alteradas por sericita-epídotas-arcillas (ser-ep-ARCs), anfíboles epidotizados y cloritizados ANFs (ep-CLOs) conteniendo inclusiones de minerales opacos (OPs). C) Se observa una fractura (V) rellena por feldespato potásico alterada parcialmente por las arcillas (ARCs) con opacos (OPs).

4.1.6 Diorita Porfirítica.

La muestra fue tomada en interior mina (subterránea) con código 690 en la Galería 690 nivel 1690 y tiene las siguientes características.

Roca de origen ígneo conformada por una porción de fenocristales de plagioclasas macladas y zonadas euhedrales y subhedrales con tamaños menores de 0.7mm, mayormente se presentan alteradas por las micas, en grado moderado, incipientemente por carbonatos ligeramente con impregnación de óxidos de fierro y sericita, algunos fenos alterados por las micas contienen granos de biotita secundaria ahora alteradas por las cloritas.

Se observó un fenocristal de anfíbol de forma subhedral con tamaño de 0.45mm se encuentra reemplazado por mineral opaco y alterado muy débilmente por las cloritas.

Se ha observado un molde de fenocristal alterado por agregados de cristales de biotita II de origen secundario

Los fenocristales están incluidos en una matriz de abundantes cristales de plagioclasas de tamaños menores de 0.4mm, alteradas muy débilmente por las micas, carbonatos, cloritas; anfíboles de formas subhedrales con tamaños menores de 0.2mm, algunas veces contienen inclusiones de minerales opacos, alterados parcialmente por las biotitas de origen secundario, así mismo se observa a dichas biotitas en intersticios y alteradas parcial o casi totalmente por las cloritas, también se observa biotita I de origen primario de formas subhedrales de tamaños menores de 0.1, en parte reemplazados por los opacos, se encuentran ligeramente alterados por las cloritas entre los granos de plagioclasas; cuarzo anhedral de tamaño de 0.1mm los cuales rellenan intersticios, piroxenos subhedrales uralitizados, de tamaños menores de 0.450mm algunos con inclusiones de fina granulometría de minerales opacos, así mismo los minerales opacos euhedrales a anhedral con tamaños que varían de 0.010 a 0.15mm; los carbonatos rellenan intersticios.

La roca presenta venillas subparalelas rellenas por carbonatos, algunos de ellos con impregnaciones de óxidos de fierro., se observa otras venillas rellenas por las cloritas acompañados por escasa cloritas, carbonatos, así mismo se observa otras venillas rellenas por anfíboles-cuarzo

La diorita porfirítica está en contacto con una roca de textura microgranular de origen tonalítica alterada a sericita-carbonatos-cloritas-epidotas, la que es cortada por venillas

subparalelas de epidotas o carbonatos-cloritas, y también se observa al parecer una fractura corta de espesores milimétricos rellenas por cuarzo-feldespatos potásicos.

TABLA N° 08: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE DIORITA PORFIRÍTICA

Minerales	%	Alteración	%
Fenocristales:	14	Micas+sericita	8
Plagioclasas	10	Carbonatos	6
Anfíboles	<2	Biotita Secundaria.	<2
Moldes de Fenocristales	<2	Cloritas	3
Matriz:	64	Uralita	1
Plagioclasas	43		
Anfíboles	18		
Biotita I	7		
Opacos	4		
Piroxenos	2		
Cuarzo	<2		

Fuente: Informe interno A.M.S. S.A.C.

FIGURA N° 30: FOTOMICROGRAFÍA DE DIORITA PORFIRÍTICA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA 690 NICOLES CRUZADOS SECCIÓN DELGADA A) Roca de color gris oscuro verdoso, afanítica en la que se observa una fractura rellena por feldespatos potásicos-cuarzo. B) Fenocristal de plagioclasas (PGLs) alterado por las micas-cloritas (MICs-CLOs), molde de fenocristal (F) alterado por agregados de granos de biotita (btII) con inclusiones de minerales opacos (OPs) en matriz conformada por plagioclasas, anfíboles (ANFs), biotita (btI) y piroxenos (PXs) con carbonatos, cloritas intersticiales, biotita II (CBs-CLOs, bt II) y diseminaciones de minerales opacos (OPs).

4.1.7 Muestra Veta Bonanza.

Esta muestra ha sido extraída en superficie de la estructura mineralizada (Veta Bonanza), con el código 3413, según los estudios tienen las siguientes características.

Pirita, ocurre como cristales de formas subhedrales y anhedrales, los granos tienen tamaños que varían de 0.05 a 0.035mm, se presentan diseminados en la ganga, también se localiza varios granos de pirita relleno microfracturas.

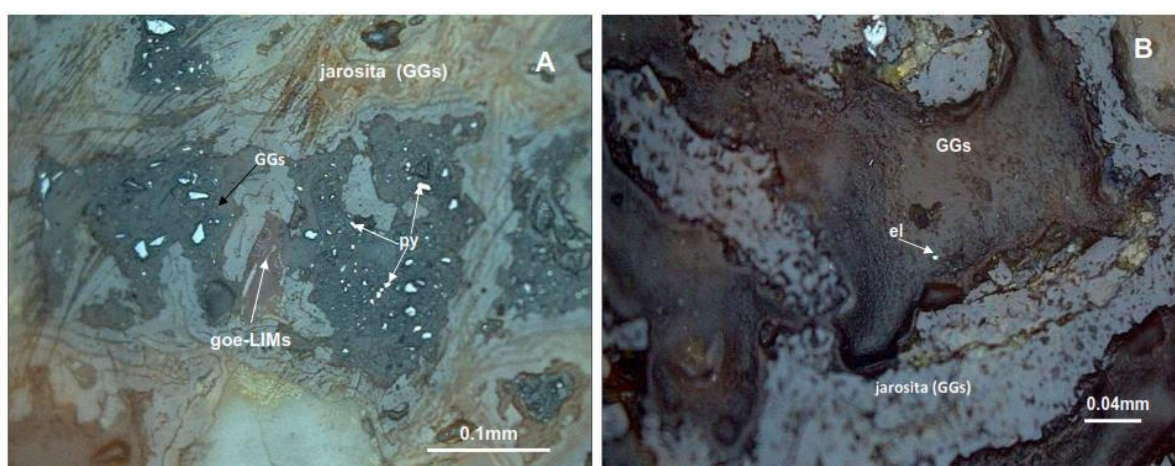
Electrum, posiblemente se trata de mineral de electrum, por su tamaño submicroscópico imposibilita exactamente aplicar todas sus propiedades ópticas, pero por su alta reflectividad, color blanco amarillento, parece ser electrum, tienen tamaños de 0.006 y 0.005mm, se localiza como inclusión en la ganga.

Calcopirita, se ha observado escasos granos de calcopirita de formas anhedrales con tamaños menores de 0.015mm, ocurre como inclusión en la ganga.

Tetraedrita, ocurre granos de formas anhedrales con tamaños menores de 0.016mm, se hallan dispersos en la ganga.

Goetita-limonitas, ocurren asociadas, se presentan de formas anhedrales por zonas la goetita tienen aspecto coliforme o se presenta como pseudomorfo los que posiblemente han reemplazado a la pirita, también reemplaza o altera a la ganga, así mismo se le observa como numerosos granos de fina granulometría distribuidos o relleno intersticios, microfracturas y cavidades de dicha ganga.

FIGURA N° 31: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA BONANZA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA 3413 NICOLES PARALELOS SECCIÓN PULIDA. A) Varios granos de pirita (py) diseminados en la ganga (GGs), rodeados por la jarosita (GGs) y alterándose en parte por goetita-limonitas (goe-tita-LIMs). B) Se observa un grano de electrum (el) incluido en la ganga y se encuentra rodeada por la jarosita (GGs).

4.1.8 Pirita-Hematita (Veta Bonanza).

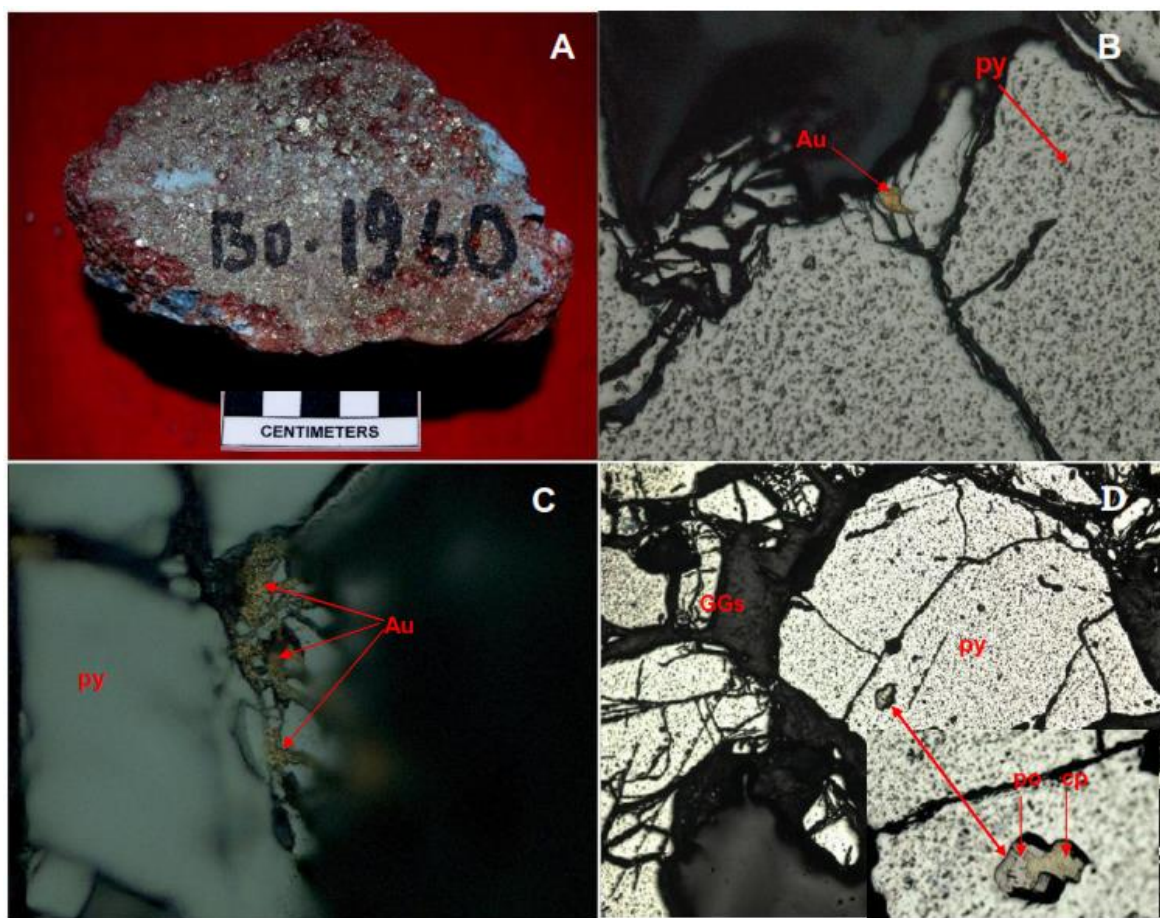
La muestra ha sido tomada en interior mina (subterránea), con código Bo-1960 de la galería 1095 N Nv 1960, según los estudios al microscopio tiene las siguientes características.

Pirita, ocurre como cristales de formas subhedrales y anhedrales, los granos tienen tamaños que varían de 0.05 a 0.035mm, se presentan distribuidos uniformemente.

Pirrotita, ocurre de forma anhedral con tamaño de 0.07mm, ocurre asociado a la calcopirita la cual la reemplaza parcialmente, se encuentran relleno de porosidades de la pirita.

Oro nativo, ocurre relleno de porosidades de la pirita, los tamaños varían de 0.014 a 0.04mm, y en microfisuras de la pirita los granos de oro tienen tamaños menores de 0.06mm. Así mismo se ha localizado unos cuantos granos de oro de tamaños de 0.004mm diseminados en la ganga.

FIGURA N° 32: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA BONANZA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA Bo-1960 A) Muestra deleznable intensamente oxidada (hematita) mineralizada, se observa abundante sulfuro de hierro y restos de fragmentos de roca de color gris. B) Pirita fracturada (py), en la que se observa un grano de oro nativo (Au) en sus fracturas y borde. C) Oro nativo (Au) relleno de microfisuras de pirita (py). D) Pirita (py) fracturada en la que se observa una porosidad rellena por pirrotita (po) reemplazada por el borde por calcopirita (cp) y ganga (GGs).

4.1.9 Muestra (Veta Francia).

La muestra ha sido tomada en interior mina (subterránea) en el Nv 1850 con código A, según los estudios mineragráficos tiene las siguientes características.

Pirita I, se presenta como cristales de formas euhedrales, de tamaños que varían de 0.1 a 2.1 mm, además hay granos que llegan a medir 2,5mm, ocurre diseminado algunas veces formando agregados en la ganga, en zonas es alterado parcialmente o casi totalmente por las goethita-limonitas, aunque también se ha localizado como inclusión o como relictos en dicha goethita-limonitas. Así mismos granos de pirita II, se hallan rellenando fracturas de la ganga las que son cortadas por otras fracturas produciendo microfallamiento, a veces granos de pirita se hallan fracturados y son rellenados por la goethita-limonitas.

Calcopirita, ocurre como granos anhedrales con tamaños menores de 0.5mm, se presenta rellenando intersticios de la ganga, reemplaza y rellena porosidades de la pirita, asimismo la calcopirita es alterada parcialmente por la digenita la que también rellena sus cortas microvenillas, y por goethita-limonitas por los bordes y microfracturas.

Pirrotina, Granos de formas anhedrales con tamaños menores de con tamaños menores de 0.01mm, ocurre acompañado con calcopirita los que rellenan porosidades de la pirita

Digenita, se encuentra alterando parcialmente a la calcopirita, igualmente se halla rellenando venillas de la ganga.

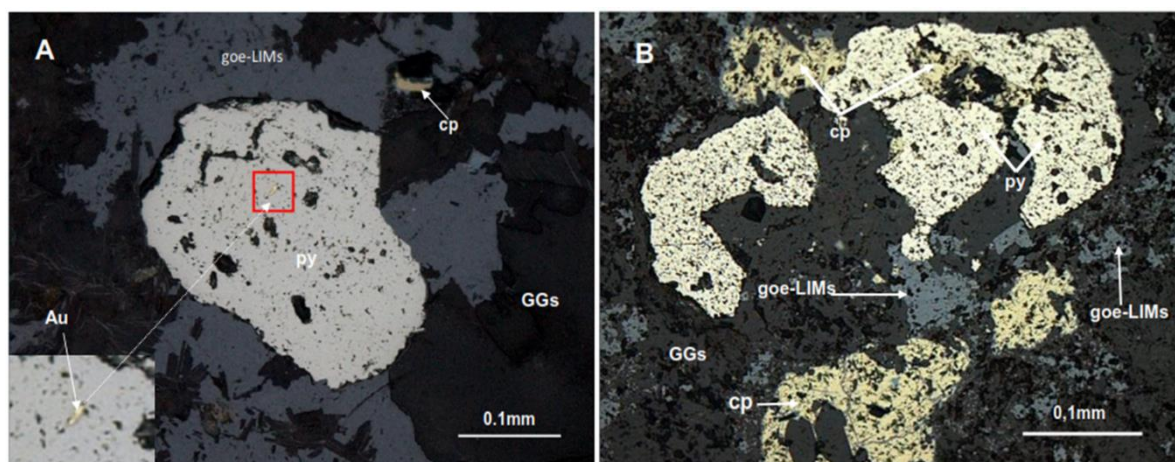
Calcosina, ocurre alterando por los bordes y rellenando microfracturas de la calcopirita, posteriormente es alterado por la goethita limonitas.

Goethita-limonitas, se presenta alterando parcial o totalmente a los sulfuros, en algunos casos se observa pseudomorfos posiblemente han alterado a la pirita, además ocurre alterando a la ganga.

Oro nativo, de forma anhedral con tamaños que varían de 0.003 a 0.014mm, ocurre rellenando una porosidad de la pirita.

Bornita, ocurre como cristales de formas anhedrales con tamaños menores de 0.07mm, la bornita II reemplaza por los bordes de calcopirita II, también se observa a bornita I intercrecida con la calcopirita I; se encuentra alterada por los bordes por digenita-calcosina, todos ellos son alterados por goethita-limonitas.

FIGURA N° 33: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA FRANCIA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA A NICOLES PARALELOS SECCIÓN PULIDA A.- Se observa un grano de oro nativo (Au) incluido en cristal de pirita (py), goethita limonitas (goe - LIMs), reemplazan a la pirita y ganga. Se observa un cristal de calcopirita (cp) alterada por los bordes por goethita-limonitas. B.- Cristales de calcopirita (cp) reemplazan parcialmente a la pirita, (py) ambos rellenan intersticios de la ganga (GGs) y son alterados por la goethita-limonitas.

4.1.10 Muestra (Veta Paola).

La muestra fue extraída de interior mina (subterránea) y luego codificado como muestra B, según el estudio minerográfico tiene las siguientes características.

Cobre Nativo, se presenta como cristales anhedrales con tamaños menores de 0.150mm, se encuentra alterado por cuprita a modo de corona o a través de su fractura, o por el centro, posteriormente ambos minerales están alterados por goethita-limonitas. El cobre nativo también se presenta como inclusión en la ganga que rellena fracturas.

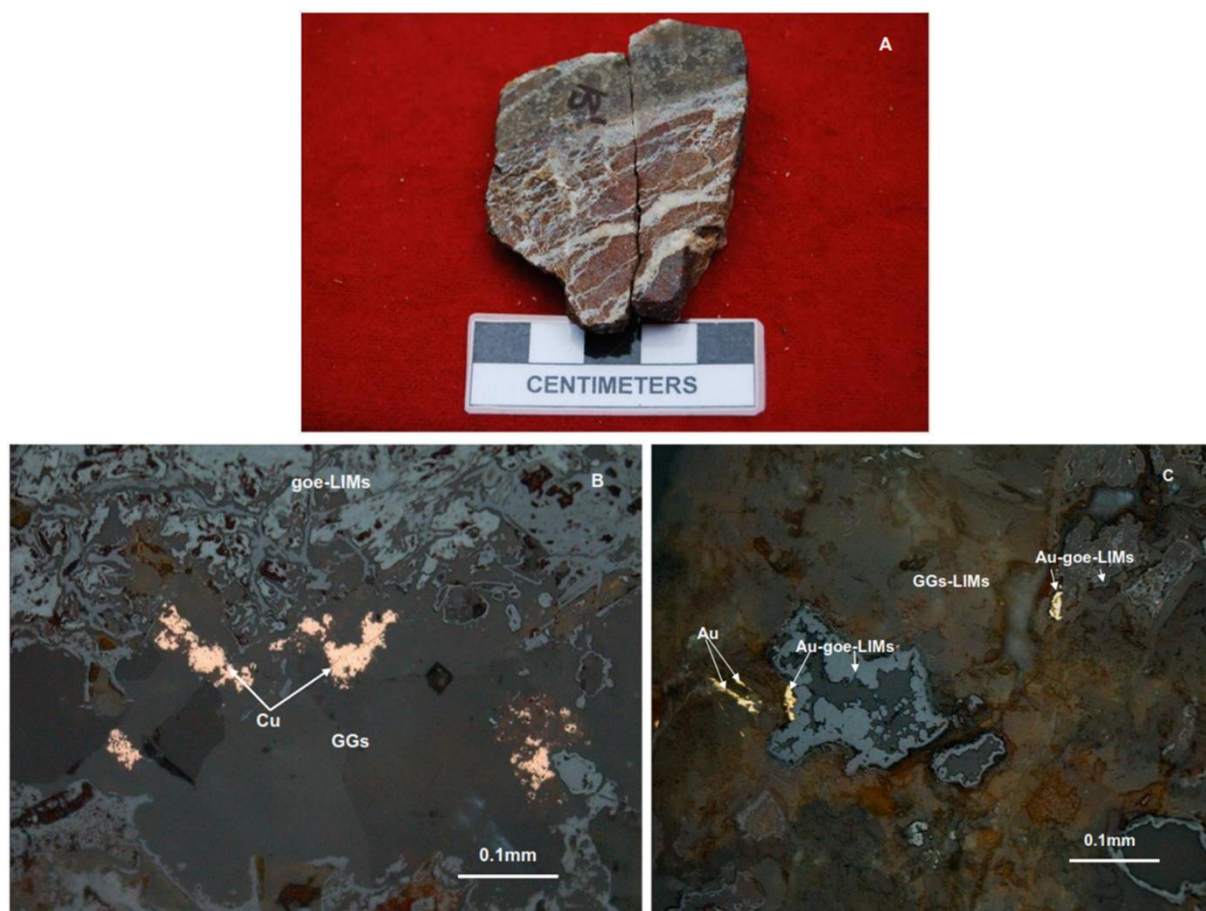
Pirita de forma anedral con tamaños menores de 0.02mm, ocurre como inclusión en la ganga o como relictos en goethita-limonitas.

Oro nativo, ocurre como cristales de formas anhedrales con tamaños que varían de a 0.070mm, se presenta diseminados o relleno de clivaje de minerales de la ganga con impregnación de los óxidos de hierro. Asimismo, se presentan varios granos de oro nativo con tamaños menores de 0.03mm incluidos o algunas veces junto con goethita-limonitas relleno de venillas cortas.

Cuprita, ocurre alterando al cobre nativo a veces se localiza en bordes a modo de corona en dicho cobre nativo, del mismo modo se presentan en forma de granos relleno de intersticios de la ganga.

Goethita-limonitas, además de alterar a los sulfuros, cobre nativo y óxidos de cobre también se presenta como impregnación o relleno de intersticios, fracturas de la ganga. Por zonas se ha observado formas pseudomorfas, posiblemente han alterado a los sulfuros.

FIGURA N° 34: FOTOMICROGRAFÍA DE MINERAL VETA PAOLA.



FUENTE: Informe Interno A.M.S. S.A.C., MUESTRA B NICOLES PARALELOS SECCIÓN PULIDA A) Muestra de roca donde se observa mayormente goethita-limonitas (goe-LIMs), a ambos lados de la fractura rellenas por la ganga. B) Cobre nativo (Cu) distribuido en la ganga (GGs). C) Oro nativo (Au) distribuido en la ganga con impregnación de limonitas (GGs-LIMs), se localiza granos de oro reemplazado por la goethita-limonitas (goe-LIMs).

4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

4.2.1 Análisis Geométrico del Sistema de Vetos-Fallas.

Este tipo de análisis se desarrolla mediante el estudio de la geometría de las fallas y sistemas de vetas en vista en planta y cortes en sección, que permitan comparar estas geometrías con modelos conocidos de sistemas de formación de fallas.

Las estructuras del área de estudio presentan geometrías similares, en vista en planta muestran formas sinuosas con rumbos de $N40^{\circ}$ - $70^{\circ}W$ y buzamientos variables de 40° - $75^{\circ}NE$ principalmente, con excepciones como la veta-falla Españolita que tiene un buzamiento de $60^{\circ}SW$.

4.2.1.1 Geometría-Veta Falla Francia.

Esta estructura tiene un rumbo de $N30^{\circ}60^{\circ}W$, buzamiento $40^{\circ}-75^{\circ}NE$, potencias variables de 20 cm hasta 10 m en los sigmoides. La estructura vista en planta presenta formas sinuosas, pero mantienen su orientación promedio, con ensanchamientos y adelgazamientos tipo rosario en la vertical y la horizontal, en estructuras tipo lazos cimoides. La veta está siendo desplazada por fallas post mineralización de rumbo N-S y NE-SW de naturaleza dextral y sinistral con desplazamientos variables de algunos centímetros hasta algunas decenas de metros en las fallas de 1er orden. Verticalmente la estructura tiene comportamiento ondulante o sinuoso cortadas por fallas normales post mineralización de rumbo $N30^{\circ}-40^{\circ}W$ y buzamiento $20^{\circ}-30^{\circ}SW$ que la desplazan de 0.5 a 5 m de ocurrencias puntuales.

Los clavos mineralizados dentro de la estructura se distribuyen erráticamente con extensiones de 200 a 300 m y la separación entre clavos mineralizados está dada por unos 400 a 600 m en la horizontal, los clavos son subverticales y se muestran de manera similar en las estructuras paralelas (ÁLVAREZ B., 2007), dentro de estos clavos existen zonas estériles de 6 a 20 m de longitud, que vienen a ser zonas con menor permeabilidad secundaria debido a posibles esfuerzos locales que generan zonas de transpresión.

4.2.1.2 Geometría-Veta Falla Bonanza

La estructura tiene un rumbo de $N20^{\circ}-60^{\circ}W$, buzamiento $40^{\circ}-65^{\circ}NE$, potencias variables de 0.2 a 2.00 m en algunos casos, la potencia promedio sería de 0.6 m. La veta vista en planta muestra ramificaciones y pequeños lazos cimoides de algunos metros, siguiendo un modelo de lazos cimoides y ramificaciones tipo rosario, la mineralización es errática y se presenta como pequeños bolsones que van de 20 a 40 m dentro de la estructura, vista en perfil la estructura se presenta sinuosa y con zonas de inflexión de mayor ancho. La estructura está siendo cortada y desplazada por fallas $N20^{\circ}-60^{\circ}E$ buzando $60^{\circ}-80^{\circ}SE$ de naturaleza dextral y sinistral, fallas NS de naturaleza dextral y sinistral que llegan a desplazar la veta algunas decenas de metros y finalmente se observaron fallas con rumbo $N60^{\circ}W$ buzando $10^{\circ}-20^{\circ}SW$ que desplazan la veta 1 a 2 m.

4.2.2 Análisis Cinemático.

El análisis cinemático está basado en el estudio del movimiento de las fallas sea transcurrente, normal o inverso, tomado como base la identificación y entendimiento de

unas pequeñas estructuras asociados a las estrías en los planos de fallas llamadas tectoglifos. (Ver figura 35)

El conocimiento del comportamiento de las fallas es de suma importancia, debido a la influencia de estas sobre la geometría de un yacimiento, esto es si estuvieron activas durante la mineralización sirvieron como zona de precipitación de los fluidos y en caso contrario si son post mineralización modifican la geometría inicial del yacimiento.

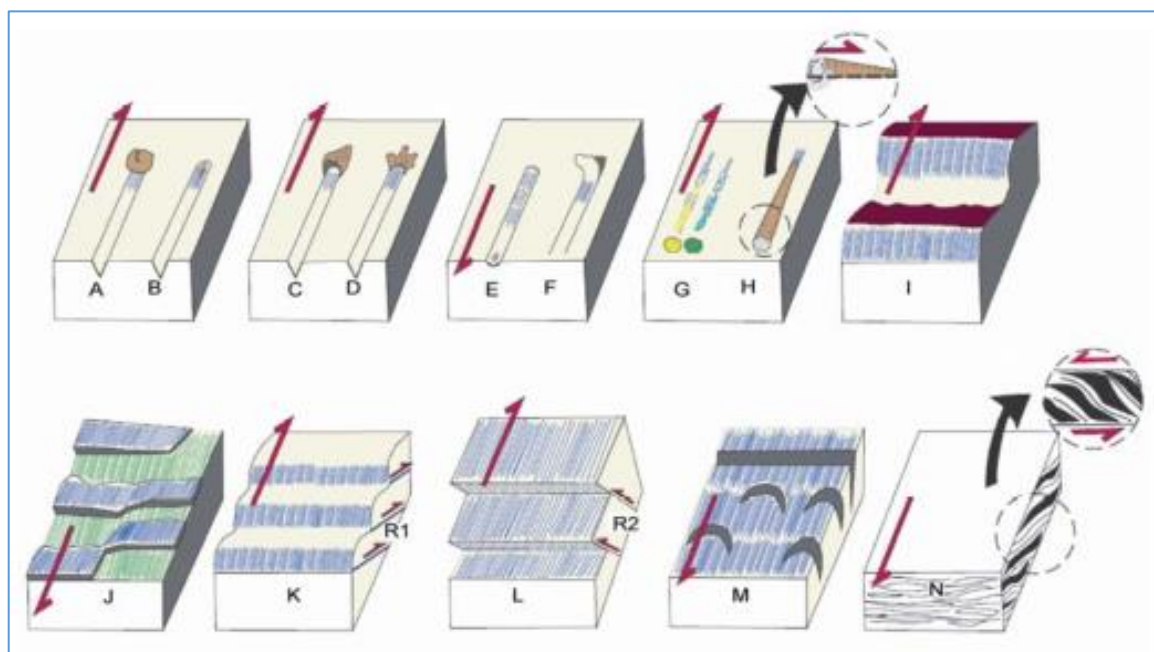
Las fallas presentan movimientos compuestos, es decir vienen a ser normal-dextral, inversa-sinestral y las demás combinaciones posibles. La dirección del desplazamiento en una falla, está dada por la orientación de las estrías de fricción; el Pitch de la estría está definido como el ángulo entre línea horizontal del plano de falla y la estría.

Los datos de importancia a tomar en un levantamiento estructural en un ambiente de deformación frágil son los siguientes:

- Rumbo y buzamiento del plano de falla.
- Sentido del movimiento de la falla.
- Pitch y sentido de inclinación de las estrías del plano de falla.

Estos datos son ingresados a un programa (Tectonics FP, Dips u Otros), que generara proyecciones estereográficas a fin de determinar la dirección e inclinación de los principales esfuerzos.

FIGURA N° 35: SISTEMA DE TECTOGLIFOS ESTRUCTURALES.



FUENTE: (Quispe J. 2006, et al Macharé J. 2001), A) Elemento estriador al cabo de la estría. B) Material triturado al cabo de la estría. C) Banqueta al cabo de la estría. D) Escama de arrastre. E) Nichos de arranque. F) Escama de arranque. G) Colas de Mineral.

H) Lomos al abrigo. I) Planos onduladas. J) Cristalización de abrigo. K) Riedel R1. L) Riedel R2. M) Lúnulas de tracción. N) Lenticulaciones.

4.2.2.1 Indicadores Cinemáticos.

Los indicadores cinemáticos o tectoglifos son una serie de estructuras de variables dimensiones (milimétricas a métricas), desarrolladas en medio frágil y asociadas a fallas. Es muy importante para determinar el sentido de movimiento de una falla; a continuación, se describe las características más importantes:

- Elemento estriador: Al cabo de la estría, este puede ser un fragmento de roca.
- Material triturado al cabo de la estría: Está constituido por material arrancado del plano de falla y depositado a un extremo de la estría.
- Banqueta al cabo de la estría: En este caso, el material arrancado del plano de falla es acumulado al extremo de la estría en forma de una elevación.
- Nichos de arranque: Se manifiestan como micro deslizamientos.
- Escamas de arranque: Cuando se presenta este tipo de tectoglifos, las estrías tienen uno de sus extremos levantados, arrancando material del plano de falla y dejando como resultado una superficie irregular.
- Colas de mineral: Durante este proceso se tiene presencia de minerales a un extremo de las estrías, mientras que hacia el lado opuesto se tiene polvo de mineral, dispuesto a manera de microbandas.
- Lomos al abrigo: Para que se genere este tectoglifo se requiere de un elemento estriador endentado en el plano de falla, de tal manera que durante el desplazamiento relativo de bloques, el material arrancado del plano de falla se deposita a manera de lomas y es protegido por el elemento estriador endentado.
- Planos ondulados: Según sea el movimiento, los planos de falla ondulados presentan facetas estriadas o no estriadas con presencia de óxidos, el sentido del movimiento, será determinado por la orientación de las facetas estriadas.
- Cristalización al abrigo: Dentro de las estrías se producen ciertos desniveles formando el crecimiento de minerales como el cuarzo, calcita y sulfatos, en la dirección del movimiento.
- Fallas de Riedel: Este tipo de falla se produce por esfuerzos de cizalla en la proximidad del plano de falla, se generan dos tipos de falla una denominada R1 y otra R2. Las R1 forman un ángulo de 15° a 20° con el plano de falla principal y son sintéticas (movimiento en el mismo sentido que la falla mayor). Las R2 forman un ángulo de 70° a 80° con el plano de falla principal y son antitéticas.

4.2.3 Análisis geoquímico.

En el área de investigación del yacimiento minero aurífero Mina Orión-Chala, fueron recolectadas un total de 673 muestras de la parte superficial empleando el método de muestreo por canales en las vetas identificadas y que algunas de estas estructuras actualmente no vienen siendo tomadas como interés económico, también se indica que las vetas que están en producción se ejecutaron un total de 87 perforaciones diamantinas haciendo un total de distancia acumulado de 14,109.00 metros, en las proyecciones de las vetas de los cuales también se obtuvieron muestras para su análisis geoquímico en el laboratorio de A.M.S. S.A.C. por la complejidad del yacimiento las muestras de superficie se analizaron solo por el elemento de Au y en las muestras de perforaciones diamantinas por ICP, los muestreos realizados en superficie se muestra en (*Ver ANEXOS, Mapa Geoquímico-Lámina GEOQ-L01*)

4.2.3.1 Trabajo de Campo.

Los canales se ubicaron con mayor énfasis en la zona de las vetas que aún no son explotadas de preferencia hacia el norte y nor- oeste del yacimiento, en donde se observa la proyección de las estructuras mineralizadas con un rumbo promedio de N 60° W, para lo cual los canales de muestreo tiene una dirección perpendicular a las vetas en algunos casos se tuvo que realizar la extracción de coberturas cuaternarias, los canales de muestreo tuvieron un ancho de 0.20 m. y la profundidad de 0.10 m. se consideró hasta encontrar muestra fresca, con el fin de recolectar muestras representativas y nos den datos reales del área.

FIGURA N° 36: MUESTREO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE.



FUENTE: Elaboración propia

4.3 GEOLOGÍA ECONÓMICA.

4.3.1 Mineralogía.

En el área de investigación, cerca de la superficie, dentro de la zona de oxidación que profundiza alrededor de los 200 metros, la mineralogía consiste de cuarzo, hematita, jarosita y Au nativo visible a simple vista, esta mineralogía se observa en la veta Bonanza. Al norte de la zona de estudio hay la presencia de malaquita y crisocola (veta Anita), en la veta Francia existen horizontes de mineral primario como es el cuarzo, pirita el cual reporta valores altos de Au, tiene acompañamiento variable de clorita, sericita, epidota, especularita, calcita. En la veta Chinchilicos hacia el sureste se observa calcita, siderita y turmalina, en la veta Futuro se observa magnetita y eventual actinolita.

4.3.1.1 Minerales de Mena.

Son minerales de valores comerciales asociados a los yacimientos, la explotación minera depende netamente del contenido de valor de cada mineral a explotarse, en la Mina Orión se tiene los siguientes minerales de mena:

- Au Nativo.
- Pirita aurífera.
- Calcopirita.

4.3.1.2 Minerales de Ganga.

Son minerales sin valor comercial y se encuentran asociados a los minerales de mena, en la Mina Orión, los minerales de ganga muy comunes son:

- Cuarzo.
- Calcita.
- Sericita.
- Clorita.
- Epidota.

4.3.2 Mineralización.

La mineralización presente en el yacimiento minero aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa, consiste de una serie de enjambre de vetas de orientación dominante rumbo N40°-60°W, con buzamientos subverticales 50° al NE y SW según los casos, las que a su vez se intersectan con vetas menores de orientación NE a EW subverticales.

Las vetas consisten de clavos mineralizados con un ancho de 0.40 metros y de 50.00 a 100.00 metros de diámetro en promedio, los que se presentan a manera de rosario, alcanzando longitudes en conjunto de más de 2.00 kilómetros en un ancho similar.

La mineralización en el área de estudio está dividida en dos sectores, uno secundario de óxidos de fierro (hematita-jarosita-goethita) de entre 200 a 400 metros de profundidad y otra de sulfuros primarios (pirita-calcopirita-magnetita).

Las zonas enriquecidas en óxidos de fierro, se extienden en clavos a lo largo de la falla con longitudes entre 200 a 300 metros con zonas estériles de 10 a 20 metros.

Los clavos de mineralización primaria se distribuyen de forma irregular a lo largo de 400 a 600 metros en la horizontal y en unos 400 metros conocidos hasta ahora en la vertical.

Para la formación de las estructuras con mineralización económica se han determinado hasta cuatro eventos relacionados a procesos tectónicos.

El primero corresponde al evento de formación de las estructuras, sistema de fallas tipo rosario, el segundo evento está relacionado a los eventos de mineralización, el tercer y cuarto evento son post-mineralización y han contribuido al fracturamiento y cambio de geometría del yacimiento minero aurífero.

4.3.3 Características de las Estructuras Mineralizadas.

El área de estudio está formada por estructuras filonianas (Vetas), con mineralización económica que varía según la ubicación y nivel de profundidad.

4.3.3.1 Veta Francia.

Es una estructura mineralizada con rumbo de N30°-60°W, buzamiento 65° NE, con anchos variables desde 0.20 hasta 0.65 metros, con leyes desde 0.50 hasta 50 g/tAu, presenta relleno de óxidos de fierro (hematita, jarosita), en algunos casos minerales de cobre como crisocola y trazas de calcosina, los óxidos profundizan hasta unos 300 metros Nv 1580, seguidos por ensambles de sulfuros primarios como pirita, calcopirita, magnetita con valores altos en Au. La longitud explorada y desarrollada de esta veta es de 1 kilómetro.

La alteración asociada a esta veta está dada por fílica intensa a moderada en la estructura, propilítica débil a moderada en la roca encajonante.

La veta está emplazada en roca arenisca cuarzosa, andesita porfirítica y diorita.

4.3.3.2 Veta Bonanza.

Es una estructura mineralizada con rumbo desde $N30^{\circ}-65^{\circ}W$, buzamiento 60° NE, con anchos desde 0.25 hasta 0.50 metros, con leyes desde 0.50 hasta 30 g/tAu, la mineralogía está compuesta por óxidos de fierro (hematita, jarosita) y en poca proporción sílice masiva (jasperoide), en los niveles inferiores Nv 1910 se han encontrado ensambles de sulfuros primarios tales como es la piritita, cuarzo los valores de Au en esta zona son bajos. La longitud de exploración y desarrollo de esta veta es de 600 metros.

La alteración está dada por argilización moderada en la estructura, seguida por propilítica débil a moderada en las rocas encajonantes.

La veta Bonanza está emplazada en roca andesita porfirítica, arenisca cuarzosa y diorita de textura fanerítica.

4.3.3.3 Veta Estephany.

Es una estructura mineralizada paralela a la veta Bonanza con rumbo $N25^{\circ}-65^{\circ}W$, buzamiento 80° NE con un ancho de 0.10 hasta 0.30 metros, con leyes de 0.50 hasta 35 g/tAu, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita) y algunas venillas de piritita y calcita, en las fracturas se observa impregnaciones de molibdenita. Solo se tiene un nivel de desarrollo Nv 2020 teniendo potencial para su exploración en los niveles superiores e inferiores.

La alteración está dada por argilización moderada, fílica débil a moderada en la estructura, seguida por propilítica débil a moderada en las rocas encajonantes.

El emplazamiento de la veta está en roca diorita porfirítica.

4.3.3.4 Veta Cristina.

Estructura mineralizada con rumbo $N50^{\circ}-60^{\circ}W$, buzamiento 70° NE con un ancho desde 0.10 hasta 0.35 metros, con leyes desde 0.50 hasta 15 g/tAu, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita, goethita) y piritita diseminado. Se tiene una labor de exploración y desarrollo de 110 metros Nv 2158.

La alteración está dada por argilización en las cavidades de la estructura, propilítica en las rocas encajonantes.

La veta está emplazada en roca diorita porfirítica.

4.3.3.5 Veta Paola.

Esta veta es un lazo cimoide que forma parte de la veta Francia hacia el piso con un ancho desde 0.25 hasta 0.80 metros, sus leyes son desde 0.50 hasta 40 g/tAu, la mineralogía son principalmente sulfuros (pirita, calcopirita) de forma diseminada.

La alteración está dada por fílica débil en la estructura, propilítica en la roca encajonante.

La veta está emplazada en roca andesita porfirítica y arenisca cuarzosa.

4.3.3.6 Veta Chinchilicos.

Es una estructura mineralizada con rumbo $N60^{\circ}-70^{\circ}W$, buzamiento 70° NE con un ancho que varía desde 0.10 hasta 0.25 metros, con leyes de 1 hasta 35 g/tAu, la mineralogía está compuesta por óxidos de fierro (hematita, goethita), y algunas venillas de calcita, tiene una labor de exploración y desarrollo de 120 metros GI 110 N, actualmente está siendo explotado por mineros artesanales por lo que es importante realizar trabajos de exploración.

La alteración está dada por argílica débil en el contacto entre la estructura y la roca encajonante.

La veta está emplazada en roca diorita de textura porfirítica.

4.3.3.7 Veta Anita.

Es una estructura mineralizada con rumbo $N35^{\circ}-70^{\circ}W$, buzamiento 70° NE con un ancho que varía desde 0.60 hasta 0.60 metros, tiene leyes desde 0.50 hasta 15 g/tAu, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita) y al extremo norte se observa minerales de cobre como la malaquita, crisocola.

La alteración está dada por argílica débil a moderada en el contacto entre la estructura y la roca encajonante, silicificación moderada en los extremos de la estructura en la roca encajonante.

La veta se encuentra emplazada en roca arenisca cuarzosa y andesita gris verdosa de textura porfirítica.

4.3.3.8 Veta Estela.

Es una estructura mineralizada con rumbo $N30^{\circ}-65^{\circ}W$, buzamiento 70° NE con un ancho que varía desde 0.20 hasta 0.50 metros, en cuanto a sus leyes es muy errática presentando algunas bolsonadas de pocos metros de longitud con valores de hasta 11 g/tAu, la

mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita, goethita), también se observa pirita de color pardo amarillo, sílice jaseroide.

La alteración está caracterizada por argilización débil a moderada en la estructura, seguida de propilítica débil a moderada en las rocas encajonantes inmediatas.

La estructura está emplazada en intrusivo diorítica de textura fanerítica y andesita gris verdosa de textura afanítica.

4.3.3.9 Veta Luz.

Es una estructura mineralizada ubicada al noroeste del área de estudio tiene un rumbo de $N45^{\circ}-50^{\circ}W$, buzamiento $50^{\circ} NE$, con un ancho de 0.80 hasta 1.20 metros, las leyes varían entre 2 hasta 15 g/tAu, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita), trazas de pirita y fenocristales de cuarzo.

La alteración está dada por argilización débil a moderada en la estructura y silicificación en la roca encajonante.

La veta está emplazada en roca arenisca cuarzosa y andesita porfirítica.

4.3.3.10 Veta Tauro.

Esta estructura se encuentra hacia el oeste del área de estudio con rumbo $N20^{\circ}-45^{\circ}W$, buzamiento $80^{\circ}NE$, con un ancho que varía desde 0.15 hasta 0.40 metros, las leyes son desde los 0.30 hasta 15 g/tAu, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita, goethita), también se observa crisocola y sílice calcedonia.

La alteración está caracterizada por argilización débil a moderada en la estructura y silicificación fuerte en la roca encajonante.

La veta está emplazada en roca arenisca cuarzosa y andesita porfirítica.

4.3.3.11 Veta Españolita.

Es una estructura mineralizada ubicada hacia el este del área del estudio con un rumbo de $N20^{\circ}-70^{\circ}W$, buzamiento $50^{\circ} SW$, con un ancho que varía desde 0.20 hasta 1.00 metro, contiene una ley de 0.50 hasta 15 g/tAu solo se tiene identificado un área de mineralización de forma lenticular de no más de 10 metros con una labor de exploración de 50 metros, la mineralogía está compuesta por óxidos de fierro (hematita, jarosita).

La alteración está dada por argilización moderada entre la estructura y la roca encajonante.

La estructura está emplazada en roca andesita de textura porfirítica y diorita.

4.3.4 Clasificación del Yacimiento.

Dada las características mineralógicas, petrológicas, el yacimiento minero aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa, es parte de la familia de vetas auríferas mesotermales de la franja costera del batolito de la costa. Las mineralizaciones de esta franja se caracterizan por tener cuarzo, pirita, con contenidos menores de calcopirita, calcita, y en ocasiones especularita, magnetita, molibdenita (De Montreuil, 1979, 1987; Banco Minero, 1987), ensambles característicos de ambientes mesotermales.

En la provincia metalogénica de Au-(Cu) Mesotermal del batolito de la costa, la profundización de las vetas es lo más interesante, hacia Nazca-Palpa regularmente tienen entre 100 y 200 metros. Más hacia el sur, en Chala, y Mina Orión las vetas alcanzan 400 m de profundidad. En el sector de Caravelí, vetas como Ishihuinca, Calpa, Posco, San Juan de Chorunga, casi profundizan un kilómetro con buena mineralización y ley (de Montreuil, 1987). Aun no se tiene explicación a esta variación.

4.3.5 Estimación e Inventario de Reservas y Recursos de la Mina Orión.

La estimación e inventario de minerales del yacimiento aurífero Mina Orión, Chala-Arequipa está compuesto de:

- Reservas minerales.
- Recursos minerales.
- Otros minerales.

En la explotación o producción de la U.E.A. Mina Orión-Chala, la estimación e inventario comúnmente contiene los tres componentes arriba mencionados.

En proyectos de exploración avanzados y en los de desarrollo, en los que no se tiene estudio de factibilidad técnico-económico, pero con pruebas metalúrgicas, contiene recursos minerales y otros minerales. Con un estudio de factibilidad técnico económico los recursos minerales de un proyecto pueden convertirse en reservas minerales parcial o totalmente.

4.3.5.1 Reservas minerales.

En la U.E.A. Mina Orión Chala, se considera como reservas minerales a aquellos que tienen certeza de probado y probable, tengan valor de mena y marginal, y sean accesibles y eventualmente accesibles.

A Clases de reservas minerales según certeza.

De acuerdo a la certeza las reservas se clasifican como sigue:

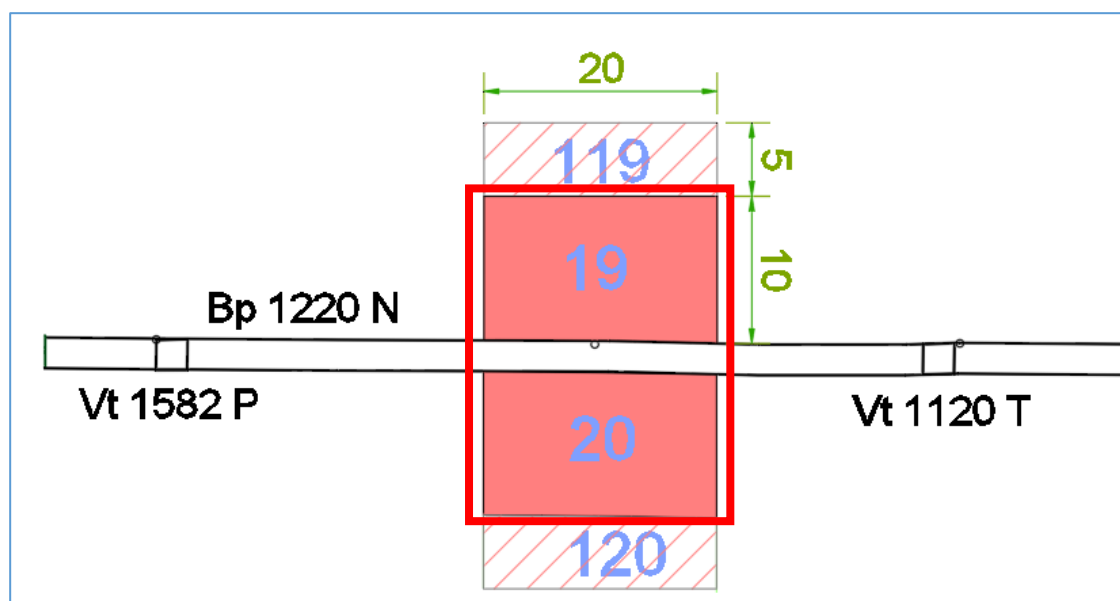
a.1 Reserva mineral probado.

Es cuando el mineral ha sido desarrollado con una sola labor (incluye afloramiento), la altura del bloque variará de acuerdo a la longitud mineralizada de esa labor o afloramiento. Así para longitudes entre 10 y 20 metros, la altura será de 10 metros (*Figura N° 37*); para longitudes mayores a 20 metros, la altura será de 15m.

Estas medidas son aplicables si no se tienen sondajes complementarios ni interpretación geológica (estructural, mineralógica y curva de isovalores).

El coeficiente de certeza para el mineral probado es de 100%

FIGURA N° 37: BLOQUES PROBADOS.

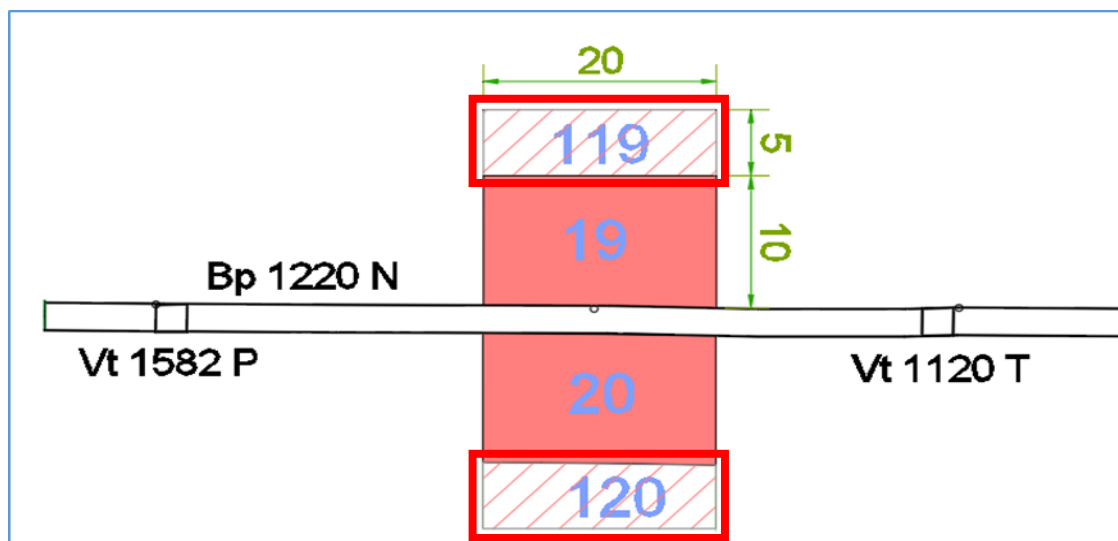


Fuente: Elaboración propia.

a.2 Reserva mineral probable.

Es cuando en una labor existe el bloque probable, se proyecta la misma dimensión respecto a la longitud del bloque y para la altura se considera solo la mitad de la distancia del bloque probable y se pintan achurados con líneas inclinadas a la izquierda, del color correspondiente a su valor.

FIGURA N° 38: BLOQUES PROBABLES



FUENTE: Elaboración Propia.

B Clases de reservas minerales según el valor.

De acuerdo al valor las reservas minerales se clasifican como sigue:

b.1 Reserva mineral de mena.

En la U.E.A. Mina Orión-Chala se encuentra establecido aquellos bloques que tiene una ley promedio mayor a 9 gr/tAu.

Se tiene que definir el Cut-Off para determinar los bloques de mena. En los planos, los bloques que conforman el mineral de mena se colorean de tonalidad rojo.

b.2 Reserva mineral marginal.

Dentro de esta clase se encuentra aquellos bloques de mineral que tiene una ley promedio entre 7 a 9 gr/tAu.

Se tiene que estimar el Cut-Off correspondiente. En los planos se le colorea de tonalidad naranja.

C Clases de reservas minerales según accesibilidad.

De acuerdo a la accesibilidad las reservas se clasifican como sigue:

c.1 Reserva mineral accesible.

Es aquella reserva constituida por bloques minerales que han sido reconocidos y desarrollados por labores subterráneas (galerías, chimeneas, sub-niveles), estos bloques ya están listos para entrar a la etapa de preparación y su consiguiente explotación.

c.2 Reserva mineral eventualmente accesible.

Es aquella reserva que no se encuentra expedita para su inmediata explotación, y está constituida por bloques minerales que comúnmente se hallan en la parte inferior del nivel más bajo o alejados de labores de desarrollo.

4.3.5.2 Recursos minerales.

Los recursos minerales en la U.E.A. Mina Orión-Chala, se les clasifican de la siguiente manera:

A Recurso mineral medido.

Se considera equivalente al grado de certeza de la reserva mineral probado el coeficiente de certeza de este mineral es del 100%.

En proyectos brownfield de una mina en producción, para la estimación de este recurso se puede utilizar las mismas leyes mínimas de explotación usadas en la evaluación de reservas de la mina, siempre y cuando sean de mineralizaciones similares.

B Recurso Mineral indicado.

El nivel de confianza geológica y el grado de certeza del recurso mineral indicado es similar al requerido para determinar una reserva mineral probable, el coeficiente de certeza de este mineral es entre 90% y 100%.

C Recurso mineral inferido.

En la U.E.A. Mina Orión-Chala, generalmente la altura de los bloques de un recurso mineral inferido puede ser correspondiente a la suma de las alturas de bloques de Recursos Medidos + Indicados o a la suma de las alturas de Bloques Probados +

Probables, o a la mitad de la longitud del afloramiento muestreado con valor de Mena y Marginal, salvo que el criterio geológico y las indicaciones de curvas de isovalores o la intersección de sondajes bastante espaciados sugieran otra altura u otra dimensión.

4.3.5.3 Otros minerales.

En la U.E.A. Mina Orión-Chala, estos minerales que se mencionan en adelante no se consideran como reservas minerales ni como recursos minerales.

A. Según la certeza.

Para el mineral probado, probable, inferido se considera aquellos minerales sin el valor económico.

a.1 Mineral potencial.

Se les dimensionan a partir de los afloramientos de estructuras, cuyos muestreos arrojan bajos valores, pero anómalos, pero estructural y mineralógicamente interesantes, y a la vez sean paralelas a otras estructuras de similares características mineralógicas y estructurales en superficie, las cuales fueron ya reconocidas suficientemente y cuentan con reservas y recursos. Entonces el bloque de mineral potencial se ubicará debajo de los afloramientos con anomalías y tendrá el mismo rango vertical de las reservas + recursos de las estructuras paralelas ya desarrolladas, y estará a una profundidad similar que el de las reservas y recursos de esas estructuras y no se estimará la ley. En este caso se tiene que asumir la profundidad de óxidos de fierro.

No se considera mineral potencial con valores de submarginal ni de baja ley.

B. Según el valor.

b.1 Mineral submarginal.

Se requiere variaciones favorables más allá de lo previsible en los parámetros económicos para transformarse en mineral económicamente explotable. Aunque puedan tener un grado de confianza, continuidad y de certeza, en su estimación, similares a los correspondientes a reservas probadas y probables, esto no es suficiente para considerarlas como reservas minerales. En los planos los bloques de mineral submarginal se colorea de tonalidad azul.

No hay mineral inferido ni mineral potencial para mineral submarginal

b.2 Mineral de baja ley.

Es aquel mineral no económico cuyo valor es inferior al del mineral submarginal. En los planos los bloques se colorean de tonalidad verde.

No hay mineral inferido ni mineral potencial para este mineral.

C. Según la accesibilidad.

c.1 Mineral inaccesible.

En la U.E.A. Mina Orion-Chala se considera a aquel mineral cuyo bloque para su explotación requiere de ejecución de labores o rehabilitaciones para hacerlos accesibles es evidentemente muy costosa, tal es el caso de bloques aislados, bloques que en conjunto son de poco tonelaje o los situados en zonas cuya explotación afectará a instalaciones cercanas, etc.

En los planos lo bloques no se colorea.

4.3.6 Simbología del inventario de minerales.

Se refiere a la representación gráfica y los colores en los planos de los bloques del inventario de minerales, de acuerdo a la clasificación de los componentes de dicho inventario. Esta simbología se resume en el (Cuadro N° 08).

CUADRO N° 08: SIMBOLOGÍA DE INVENTARIO DE MINERALES

INVENTARIO DE MINERALES SÍMBOLOS DE BLOQUES			
MENA	MARGINAL	SUBMARGINAL	BAJA LEY
PROBADO Y MEDIDO	PROBADO Y MEDIDO	PROBADO	PROBADO
PROBABLE E INDICADO	PROBABLE E INDICADO	PROBABLE	PROBABLE
INFERIDO	INFERIDO		
POTENCIAL	POTENCIAL		

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.7 Bloqueo de mineral.

Considerando las leyes mínimas (Cut-Off) para cada tipo de mineral de acuerdo a su valor (mena, marginal, submarginal y baja ley), se procede a la definición de bloques de mineral, para lo cual es necesario contar con: registros de ensayos de las labores y sondajes en el que deben estar incluidos los anchos de muestras, y también disponer de los planos de muestreo.

4.3.7.1 Información para determinación de bloques de mineral.

Previamente los ensayos reportados por laboratorio se ingresan como base de datos al software respectivo, en el cual la tabla *ASSAY* genera dos campos iguales, uno de leyes originales, y otro donde se corregirán las leyes erráticas. Asimismo, en tabla *SURVEY* cada canal es registrado en relación a su ubicación espacial (coordenadas Norte, Este y Cota). Para el bloqueo de mineral se necesitan, previamente los siguientes datos:

A Promedio de leyes de cada canal.

Normalmente un canal tiene más de una muestra, motivo por el cual tiene que obtenerse el promedio ponderado de leyes de cada canal. Las leyes muy bajas de muestras que están ubicados en los lados del canal no se consideran para promediar. El cálculo es como sigue:

$$\text{Ley Promedio del canal} = \frac{\text{Suma de ancho de muestra} \times \text{ley}}{\text{Suma de anchos de muestra}}$$

B Leyes erráticas.

En caso que haya leyes erráticas, se deberá reemplazarlas por el promedio de las dos muestras anteriores y las dos muestras posteriores, que pertenecen a la misma banda en que está la muestra errática.

C Calificación de leyes canal por canal.

Una vez efectuado los pasos anteriores se hace la calificación de las leyes equivalentes diluidas de cada canal teniendo en cuenta los Cut-Off determinados, de modo si su ley pueda corresponder a valor de mena, marginal, submarginal, o baja ley, para luego definir qué tramos de canales corresponden a mena, etc.

Indudablemente en algunos tramos pueden considerarse algunas partes estériles o de menor ley que el Cut-Off correspondiente, siempre y cuando no se tengan cinco canales consecutivos con leyes debajo de valores de mena, marginal o submarginal. Si esto ocurriera se procederá a separar el tramo de cinco canales como mineral submarginal o baja ley según el caso.

D Longitud mínima y máxima de bloque de mineral.

La longitud mínima para formar un bloque de mineral será de acuerdo a la longitud mineralizada, por la irregularidad en la continuidad de las vetas angostas.

Entre los bloques de mena, puede haber o no bloques marginales o submarginales o de baja ley según los casos.

En bloques de baja ley de gran longitud, y en donde haya algún tramo de mena o marginal que por su poca longitud no llegaron a formar un bloque independiente, se subdividirán en bloques de distinta ley para indicar las posibilidades de exploración con chimeneas, o su explotación respectiva.

E Calculo del ancho y leyes de muestras de un tramo.

En estructuras angostas el cálculo de anchos y leyes puede hacerse por el método tradicional, antes de definir el tramo, en donde la dilución se aplicará canal por canal de las leyes equivalentes.

En estructuras angostas, el método tradicional, para el cálculo de anchos y leyes diluidos es el siguiente:

$$\text{Ancho Promedio Diluido del tramo} = \frac{\sum \text{Anchos Diluidos de Canales}}{\text{N}^\circ \text{ Canales}}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ley Promedio Diluido del tramo} \\ &= \frac{\sum \text{Ancho de Canales} \times \text{Ley Dil de Canales}}{\sum \text{Anchos Dil. de Canales}} \end{aligned}$$

4.3.7.2 Dimensionamiento de Bloques.

Una vez que se determinan los anchos y leyes promedios diluidos de los diferentes tramos de mineral ubicados en galerías y chimeneas, se procede a dimensionar los bloques de

mineral de acuerdo al valor (mena, marginal, submarginal y baja ley) y de acuerdo a la certeza (probado y probable). Es decir, se procede a representar en figuras geométricas (bloques de mineral) en sección longitudinal vertical, la forma de la mineralización de acuerdo a su valor y a su certeza, para lo cual como se dijo antes se tiene que contar con los Cut-Off correspondientes. El contorno respectivo de un bloque puede ser rectangular, cuando se tiene un solo tramo de labor, o un polígono cuando se trata más de una labor con o sin sondajes; debiéndose contornearse manualmente.

Para determinar la forma y tamaño de los bloques depende de la cantidad de labores que los limitan, pero siempre debe tenerse en cuenta primero los criterios geológicos (curvas de isovalores, interpretación estructural y mineralógica) e información de sondajes, y si es posible aplicar la geoestadística con los cuales se puede dar la forma más apropiada.

A Dimensión de Bloques.

- El caso más simple es cuando el mineral ha sido desarrollado con una sola labor (galerías o chimeneas), en donde puede haber uno o más tramos mineralizados, o también ha sido muestreado sólo en afloramientos (superficie). En este caso, en cada tramo, se delinearán un bloque rectangular.

En la U.E.A. Mina Orión, Chala-Arequipa, se ha establecido lo siguiente:

- Los bloques tendrán una longitud mínima de 5 metros.
 - El mineral probado (o el mineral medido) con longitudes entre 5 metros y 10 metros tendrá una altura de 5 metros.
 - El mineral probable (o el mineral indicado) se delinea a continuación del mineral probado, tendrá la misma longitud de este y su altura será igual o la mitad de la longitud total del bloque.
 - El recurso inferido, podrá tener una altura igual a la suma de las alturas de los bloques probados y probable.
 - El mineral potencial, podrá tener una longitud y altura igual a los bloques de mineral probado, probable e inferido.
 - La altura sugerida para los minerales probados (minerales medidos), probables (minerales indicados), inferidos y potenciales podrán ser diferentes si usan criterios geológicos (curvas de isovalores, etc.) y/o sondajes complementarios.
- En los casos en que el yacimiento ha sido desarrollado con más de una labor (más de una galería, o más de una chimenea, etc.) o muestreados en afloramientos y

complementados con sondajes diamantinos, se configuran bloques combinando las dimensiones de los respectivos tramos y/o incluyendo la influencia de los sondajes. Indudablemente si se tienen sondajes debajo donde se trata definir un bloque probado y otro probable, estos deberían tener mayor altura, y ciertamente el bloque probable tendrá mayor certeza que si no hubiera sondaje

- Hay casos en que se tienen afloramientos con bajos valores, pero anómalos y solamente explorados mediante sondajes debajo de dichos afloramientos.

Si los sondajes muestran valores de interés económico, claro que no todos, pueden estimarse ya sea reservas minerales o recursos minerales.

Cuando los sondajes cortan estructuras mineralizadas cuyo espaciamiento no es suficiente como para asumir la continuidad geológica y de ley, se puede dimensionar bloques inferidos, o bloques de mineral potencial si las intersecciones de sondajes son muy aisladas y escasas o no hay sondajes.

B Cálculo de tonelaje y ley de bloques de mineral

Una vez definidos los bloques de mineral se procede al cálculo de tonelaje y ley correspondientes.

Se entiende que ya se tienen determinadas las longitudes de los tramos mineralizados que conforman un bloque, así como sus anchos y leyes promedios, habiéndose hecho, además, la corrección de las leyes altamente erráticas, y aplicado la dilución respectiva. Teniendo los Cut-Off correspondientes y las leyes promedias de los tramos, se puede asignar a cada tramo la categoría de Mena, Marginal, Submarginal, o Baja Ley según el valor.

En el proceso convencional del cálculo de tonelaje de un bloque en las Vetas angostas, primero se debe determinar su volumen para lo cual se calcula el área del bloque en sección longitudinal y el ancho promedio diluido respectivo como se mencionó antes; entonces para calcular el volumen se utiliza la fórmula:

$$\text{Volumen} = \text{Area del bloque} \times \text{Ancho promedio diluido}$$

De mismo modo para calcular el tonelaje se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tonelaje (TMH)} = \text{Volumen} \times \text{Peso específico}$$

Para calcular la ley promedio diluido de un bloque se utiliza la siguiente fórmula:

Ley Promedio Diluido

$$= \frac{\sum \text{Longitudes de tramos} \times \text{Leyes Promedios Diluidos de tramos}}{\sum \text{Longitudes de tramos}}$$

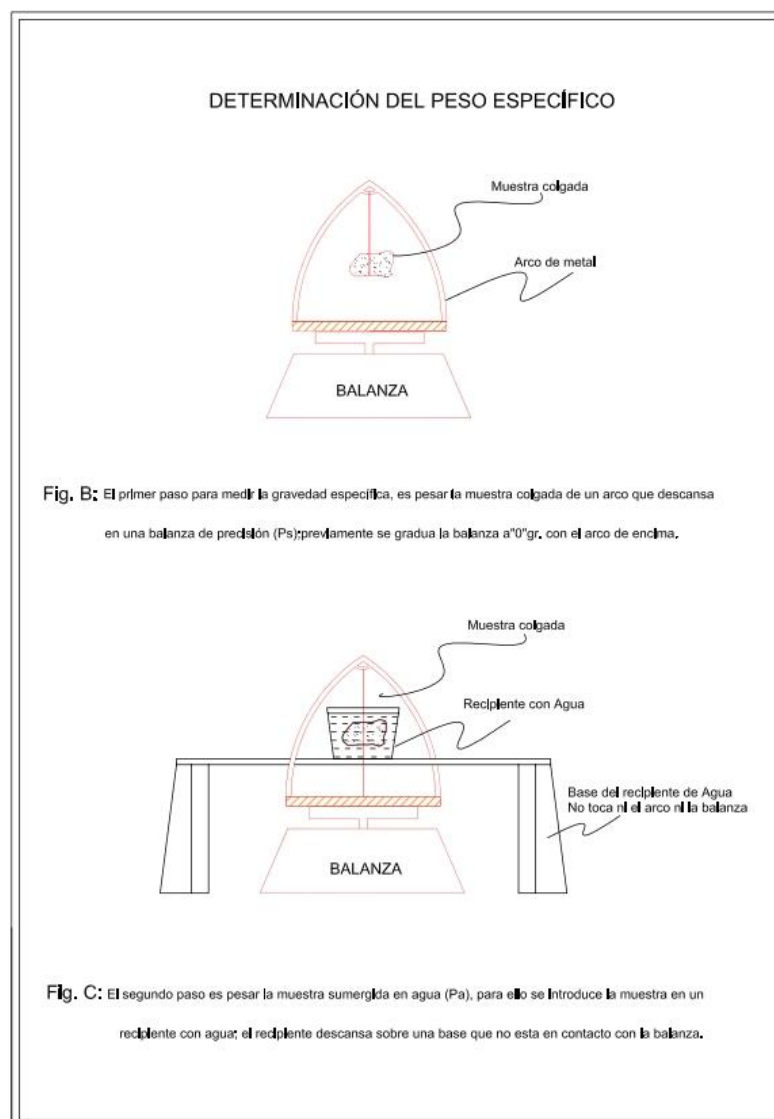
Para el peso específico de los minerales en U.E.A. Orión Chala se considera solo un valor promedio que es 2.50, tanto para minerales de sulfuros y óxidos.

El proceso para medir el peso específico de los minerales en general es el siguiente:

- Tomar muestras de cada zona mineralizada (sulfuros, óxidos).
- Pesarse cada muestra colgada en un marco de metal en una balanza de precisión. A este peso se le denomina P_s . (*Figura B del cuadro 09*).
- Pesarse la muestra sumergida en agua dentro de un vaso, el cual descansa en una base que no se apoya en la balanza (*Figura C del cuadro 09*). A esta medida se le denomina P_a ; luego se aplica la fórmula:

$$\text{Peso Específico} = \frac{P_s}{P_s - P_a}$$

FIGURA N° 39: ESQUEMA DE DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO.



FUENTE: A.M.S. S.A.C. Informe Interno.

C Cálculo de Tonelaje y ley del yacimiento

Se tiene la información de los diferentes tramos (Ancho Promedio Diluido, Ley Promedio, Longitud del Tramo) que conforman los bloques respectivos de una estructura mineralizada o de las estructuras de todo el yacimiento, previamente clasificado, en Mena, Marginal, Sub marginal y Baja Ley (según su valor); en Probado, Probable, Inferido y Potencial (según su certeza), y Accesible, Eventualmente Accesible e Inaccesible (según la accesibilidad de cada bloque de mineral).

D Codificación de datos.

Esta información se registra en una tarjeta de inventario de minerales (*Tabla 09*) (Tarjeta de Bloqueo) para un proceso computarizado, en el cual están considerados los siguientes datos:

Unidad, Nombre de Registro, Acción, Localidad, Mina, Estructura Mineralizada, Tipo de Mineral, Accesibilidad, Certeza, N° de Bloque, Coordenadas E y N, Cota del Bloque, Nivel, Año, Área, Referencias, Longitud, Ancho de estructura, Leyes, Ancho diluido, Leyes diluidas.

Ejemplo de una Tarjeta de Inventario de Minerales se da en la *tabla 09*.

TABLA N° 09: MODELO DE TARJETA DE BLOQUEO

CÁLCULO DE RESERVAS															
BLOCK: 2		VETA: Bonanza			CALCULADO: J. Chara					ANCHO DE MINADO: 0.50 m					
					REVISADO: C. Villón					FECHA: 01-Abr-13					
NIVEL: 1910										LABOR: Ch 980					
Fecha	Referencia				Ensayes			Prom. de Canales		Cálculos		Coordenadas			
	Canal	Punto	Dist	Ubicación	N°M	Ancho	g/t Au	E	Ancho	g/t Au	B	Promedio	Norte	Este	Cota
28/07/2012	1	Pto/11 +	29.00	DP	49628	0.20	25.75		0.70	12.27		De:	29		
28/07/2012	2	Pto/11 +	29.00	DT	49629	0.20	2.82					A:	40		
28/07/2012	3	Pto/11 +	29.00	IT	49630	0.30	9.59					Long.	11		
28/07/2012	4	Pto/11 +	30.00	DT	49631	0.20	27.50		0.55	14.82		Ancho	0.74		
28/07/2012	5	Pto/11 +	30.00	IC	49632	0.15	14.72					g/tAu	18.90		
28/07/2012	6	Pto/11 +	30.00	IT	49633	0.20	2.20					Dil	0.20		
28/07/2012	7	Pto/11 +	31.00	DT	49634	0.25	52.33		0.45	13.54		Fc	0.79		
28/07/2012	8	Pto/11 +	31.00	IT	49635	0.20	33.86					Ancho Dil	0.94		
28/07/2012	9	Pto/11 +	32.00	DT	49636	0.35	4.01		0.70	5.90		g/tAu	14.89		
28/07/2012	10	Pto/11 +	32.00	IC	49637	0.15	15.84								
28/07/2012	11	Pto/11 +	32.00	IT	49638	0.20	1.74								
28/07/2012	12	Pto/11 +	33.00	DT	49639	0.40	9.94		0.80	7.70					
28/07/2012	13	Pto/11 +	33.00	IT	49640	0.40	5.46								
28/07/2012	14	Pto/11 +	34.00	DC	49641	0.35	28.33		0.65	19.98					
28/07/2012	15	Pto/11 +	34.00	IC	49642	0.30	10.23								
28/07/2012	16	Pto/11 +	35.00	DC	49643	0.30	21.90		0.60	16.07					
28/07/2012	17	Pto/11 +	35.00	IC	49644	0.30	60.97								
28/07/2012	18	Pto/11 +	36.00	DC	49645	0.30	8.11		0.95	12.17					
28/07/2012	19	Pto/11 +	36.00	IC	49646	0.30	3.05								
28/07/2012	20	Pto/11 +	36.00	IC	49647	0.35	23.46								
28/07/2012	21	Pto/11 +	37.00	DC	49648	0.30	100.17		0.30	23.81					
28/07/2012	22	Pto/11 +	38.00	IP	49649	0.35	10.76		0.60	35.46					
28/07/2012	23	Pto/11 +	38.00	IT	49650	0.25	70.04								
29/07/2012	24	Pto/11 +	39.00	DP	49653	0.35	3.96		0.70	30.28					
29/07/2012	25	Pto/11 +	39.00	DT	49654	0.35	56.60								
29/07/2012	26	Pto/11 +	40.00	DP	49655	0.45	56.00		1.90	27.00					
29/07/2012	27	Pto/11 +	40.00	DC	49656	0.30	5.14								
29/07/2012	28	Pto/11 +	40.00	DC	49657	0.30	48.79								
29/07/2012	29	Pto/11 +	40.00	DP	49658	0.45	3.75								
29/07/2012	30	Pto/11 +	40.00	IC	49659	0.30	4.54								
29/07/2012	31	Pto/11 +	40.00	IT	49660	0.10	68.74								

FUENTE: Elaboración Propia.

Para el procesamiento computarizado, se codifica los datos según el siguiente cuadro, los cuales son registrados en las respectivas tarjetas para cada bloque:

Datos Código

N° de Registro:

Acción: Representa la vigencia del bloque correspondiente.

1. Bloque Nuevo (interviene en el proceso)
2. Bloque Modificador (interviene en el proceso)
7. Bloque Modificado anulado (no interviene en el proceso)
8. Bloque Eliminado o Reinterpretado (no interviene en el proceso)
9. Bloque Explotado (no interviene en el proceso)

Localidad: Cada unidad tiene su localidad

Mina: Cada mina tiene un código

Tipo de Mineral:

- 1 Óxidos
- 2 Sulfuros
- 3 Otros

Reservas y otros

Accesibilidad:

- 1 Accesible
- 2 Eventualmente accesible
- 3 Inaccesible

Certeza

- 1 Probado Medido
- 2 Probable Indicado
- 3 Inferido
- 4 Potencial

Valor

- 1 Mena
- 2 Marginal
- 3 Submarginal
- 4 Baja Ley

Nº de Bloque: Con el que se designa al Bloque.

Coordenadas: Las correspondientes al punto central de la figura geométrica del Bloque, proyectado en planta.

Cota del Bloque: Correspondiente al punto central del Bloque

Nivel: De acuerdo al código correspondiente

Año: Correspondiente al cálculo

Área: La calculada en m² utilizando un decimal

En Leyes Diluidas

Referencias: Labores o Sondajes que conforman el Bloque

Longitud: Longitud de los tramos de la labor y/o longitud de influencia de Sondajes que limitan el Bloque.

Ancho de estructura diluida: Ancho de la Muestra de la Estructura + dilución

Leyes diluidas: Las que corresponden al tramo de la labor respectiva

Procesamiento computarizado

Las informaciones registradas en las tarjetas de bloque son procesadas utilizando un software (proceso computarizado) con lo que al final se obtendrá los tonelajes y leyes de los bloques clasificados para cada estructura y de todas las estructuras mineralizadas del yacimiento.

Con esto se tendrán los tonelajes y las leyes de las reservas minerales y de los recursos minerales por estructura, y los tonelajes y leyes de todo el depósito mineral, clasificados por su Valor, Certeza y Accesibilidad.

Al final se tendrá el total de reservas minerales y el total de recursos minerales, correctamente clasificados de acuerdo lo mencionado en el párrafo anterior.

FIGURA N° 40: INGRESO DE BASE DE DATOS-ESTIMACION DE RESERVAS

ESTIMACION DE RESERVAS - ENTRADA DE DATOS

MINA	<input type="text" value="Orion"/>	BLOQUE N	<input type="text" value="052"/>	NIVEL	<input type="text" value="1960"/>
VETA	<input type="text" value="Bonanza"/>	AÑO	<input type="text" value="2014"/> <input type="text" value="01/06/2014"/>	LABOR	<input type="text" value="TJ9665"/>
ACCESIBILIDAD	<input type="text" value="Accesible"/>	COORD. ESTE	<input type="text" value="578293.63"/>	AREA	<input type="text" value="225.66"/>
CERTEZA	<input type="text" value="Probado"/>	COORD. NORTE	<input type="text" value="8276073.43"/>	DENSIDAD	<input type="text" value="2.5"/>
RECURSO	<input type="text" value="Medido"/>	COTA BLOQUE	<input type="text" value="1976"/>	ACCION	<input type="text" value="Nuevo"/>

DATOS PARA ESTIMAR LA LEY DEL BLOCK

REFERENCIA	LARGO	ANCHO	g/t Ag	g/t Au
<input type="text" value="TJ9665"/>	<input type="text" value="17"/>	<input type="text" value="0.45"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="14.59"/>
<input type="text" value="Ch1966"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="10.5"/>
<input type="text" value="Ch1986"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="13.2"/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

CALCULAR

SIN DILUIR

ANCHO	g/t Ag	g/t Au
<input type="text" value="0.35"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="13.48"/>

DILUIDAS

TONELAJE	g/t Ag	g/t Au	ANCHO
<input type="text" value="280"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="9.51"/>	<input type="text" value="0.50"/>

VALOR

MENA

OBSERVACION

FUENTE: A.M.S. S.A.C. Informe Interno.

4.3.8 RESERVAS Y RECURSOS EN U.E.A. MINA ORIÓN CHALA.

Para la estimación de reservas mena y recursos, se revisó la información geológica y los muestreos de cada estructura mineralizada.

En la cubicación se ha tenido en cuenta la guía estándar del código “JORC” Australiano (Ver Cuadro 08). Para el cálculo de reservas en la presente tesis se consideró un nivel de reservas y recursos a potencia diluida.

En la UEA Mina Orión, Chala-Arequipa se tiene los siguientes reservas y recursos de cada estructura mineralizada, el cálculo se realizó a la fecha 30 de Julio del 2015.

4.3.8.1 Reservas Veta Francia.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Francia-Lámina CVF-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Francia	1	10.126	0.35	410	7.03	0.50
Francia	2	7.621	0.21	580	3.14	0.50
Francia	3	7.540	0.35	235	5.28	0.50
Francia	PT1	8.500	0.50	3175	8.50	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.2 Reservas Veta Bonanza.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Bonanza-Lámina CVB-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Bonanza	1	12.59	0.16	280	4.03	0.50
Bonanza	2	15.56	0.36	640	11.26	0.50
Bonanza	3	17.79	0.34	325	12.08	0.50
Bonanza	4	15.75	0.42	895	13.15	0.50
Bonanza	5	9.09	0.30	635	5.45	0.50
Bonanza	6	12.33	0.32	600	7.96	0.50
Bonanza	7	14.43	0.32	120	9.16	0.50
Bonanza	8	14.03	0.19	170	5.33	0.50
Bonanza	9	11.95	0.57	160	8.85	0.77
Bonanza	10	7.13	0.31	345	4.42	0.50
Bonanza	11	5.11	0.29	655	2.96	0.50
Bonanza	12	14.83	0.46	1025	13.64	0.50
Bonanza	13	7.85	0.20	85	3.14	0.50
Bonanza	14	10.67	0.31	205	6.62	0.50
Bonanza	15	1.68	0.36	265	1.22	0.50
Bonanza	16	8.90	0.31	415	5.54	0.50

Bonanza	17	4.54	0.41	580	3.72	0.50
Bonanza	18	4.54	0.47	295	4.27	0.50
Bonanza	19	13.43	0.53	1635	9.75	0.73
Bonanza	20	13.43	0.53	830	9.75	0.73
Bonanza	21	10.14	0.38	720	7.71	0.50
Bonanza	22	10.14	0.38	600	7.71	0.50
Bonanza	23	15.70	0.29	105	9.11	0.50
Bonanza	24	15.70	0.29	80	9.11	0.50
Bonanza	25	6.27	0.50	105	6.27	0.50
Bonanza	26	6.27	0.50	100	6.27	0.50
Bonanza	119	13.44	0.50	510	13.32	0.50
Bonanza	120	12.56	0.48	2500	12.06	0.50
Bonanza	121	8.05	0.41	285	6.60	0.50
Bonanza	122	9.19	0.62	475	6.95	0.82
Bonanza	12	7.37	0.56	15065	5.43	0.76
Bonanza	13	12.75	0.33	12835	8.35	0.50
Bonanza	14	49.87	0.10	1205	9.97	0.50
Bonanza	15	9.86	0.14	575	2.76	0.50
Bonanza	PT1	8.50	0.50	6350	8.50	0.50
Bonanza	PT2	8.50	0.50	28775	8.50	0.50
Bonanza	PT3	8.50	0.50	18410	8.50	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.3 Reservas Veta Estephany.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Estephany-Lámina CVEY-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Estephany	1	5.87	0.31	120	3.64	0.50
Estephany	2	5.87	0.31	120	3.64	0.50
Estephany	3	7.00	0.26	75	3.64	0.50
Estephany	4	7.00	0.26	75	3.64	0.50
Estephany	5	7.97	0.36	280	5.74	0.50
Estephany	6	7.97	0.36	280	5.74	0.50
Estephany	101	5.87	0.31	60	3.64	0.50
Estephany	102	5.87	0.31	60	3.64	0.50
Estephany	103	7.00	0.26	40	3.64	0.50
Estephany	104	7.00	0.26	35	3.64	0.50
Estephany	105	7.97	0.36	140	5.74	0.50
Estephany	106	7.97	0.36	140	5.74	0.50
Estephany	PT1	8.00	0.50	120	8.00	0.50
Estephany	13	10.72	0.35	245	7.50	0.50

Estephany	I1	5.53	0.31	120	3.39	0.50
Estephany	I2	15.03	0.80	100	12.02	1.00

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.4 Reservas Veta Cristina.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Cristina-Lámina CVC-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Cristina	PT1	7.10	0.50	130	7.10	0.50
Cristina	I1	7.40	0.50	120	7.40	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.5 Reservas Veta Paola.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Paola-Lámina CVP-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Paola	3	13.01	0.68	370	10.05	0.88
Paola	4	14.58	0.72	95	11.41	0.92
Paola	103	13.01	0.68	180	10.05	0.88
Paola	I1	30.94	0.40	30	24.75	0.50
Paola	PT1	7.50	0.50	30	7.50	0.50
Paola	PT2	7.50	0.50	30	7.50	0.50
Paola	PT3	7.50	0.50	25	7.50	0.50
Paola	PT4	7.50	0.50	30	7.50	0.50
Paola	PT5	7.50	0.50	70	7.50	0.50
Paola	PT6	7.50	0.50	50	7.50	0.50
Paola	PT7	7.50	0.50	40	7.50	0.50
Paola	PT8	7.50	0.50	50	7.50	0.50
Paola	I2	27.46	0.43	20	23.62	0.50
Paola	I3	12.70	0.12	115	12.70	0.50
Paola	I4	10.27	0.20	115	10.27	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.6 Reservas Veta Chinchillicos.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Chinchillicos-Lámina CVCH-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Chinchillicos	3	29.12	0.12	50	6.99	0.50

Chinchillicos	2	24.30	0.15	495	7.29	0.50
Chinchillicos	1	55.26	0.12	80	13.26	0.50
Chinchillicos	PT1	32.00	0.15	125	9.60	0.50
Chinchillicos	PT2	32.00	0.15	190	9.60	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.7 Reservas Veta Anita.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Anita-Lámina CVA-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Anita	2	5.92	0.34	30	4.03	0.50
Anita	3	5.84	0.69	240	4.53	0.89
Anita	4	5.84	0.69	240	4.53	0.89
Anita	PT1	7.50	0.50	30	7.50	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.8 Reservas Veta Estela.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Estela-Lámina CVES-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Estela	2	11.08	0.36	10	7.97	0.50
Estela	4	16.54	0.33	100	10.92	0.50
Estela	104	16.40	0.33	50	10.82	0.50
Estela	5	15.80	0.51	225	11.35	0.71
Estela	105	16.50	0.51	100	11.85	0.71
Estela	PT1	12.00	0.30	110	7.20	0.50
Estela	I3	7.08	0.50	20	7.08	0.50
Estela	I2	11.08	0.36	40	7.97	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.9 Reservas Veta Luz.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Luz-Lámina CVLZ-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Luz	1	7.26	0.36	1021	6.25	0.50
Luz	2	7.40	0.37	107	6.85	0.50

Luz	3	8.12	0.59	219	7.65	0.50
Luz	14	12.85	0.50	350	9.45	0.50
Luz	11	9.85	0.50	5000	9.85	0.50

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.10 Reservas Veta Tauro.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Tauro-Lámina CVT-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Tauro	11	10.52	0.52	1020	10.52	0.52

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.8.11 Reservas Veta Española.

(Ver ANEXOS, Mapa Cubicación Veta Española-Lámina CVEP-01)

VETA	BLOQUE CUBICADO	gr/tAu PROMEDIO	ANCHO PROMEDIO (M)	TMH	gr/tAu DILUIDA	ANCHO PROM DILUIDA (M)
Españolita	11	9.86	0.5	6649	9.86	0.5

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3.9 Resumen de Reservas y Recursos U.E.A. Mina Orion-Chala, Arequipa.

RESERVAS MENA			
TIPO	TM	ANCHO DILUIDO	gr Au DILUIDO
MENA PROBADO ACCESIBLE	5,745	0.61	11.429
MENA PROBADO EV. ACCESIBLE	830	0.73	9.750
MENA PROBABLE ACCESIBLE	280	0.82	11.143
MENA PROBABLE EV. ACCESIBLE	3,010	0.50	12.273
TOTAL MENA	9,865	0.59	11.537

RESERVAS MARGINAL

TIPO	TM	ANCHO DILUIDO	gr Au DILUIDO
MARGINAL PROBADO ACCESIBLE	2,340	0.50	7.654
MARGINAL PROBADO EV. ACCESIBLE	495	0.50	7.290
MARGINAL PROBABLE ACCESIBLE	1,347	0.50	6.530
MARGINAL PROBABLE EV. ACCESIBLE			
TOTAL MARGINAL	4,182	0.50	7.249
TOTAL MENA + MARGINAL	14,047	0.56	10.260

ESTIMACIÓN DE RECURSOS

TIPO	TM	ANCHO DILUIDO	gr Au DILUIDO
RECURSO INFERIDO	12,508	0.60	7.791
RECURSO POTENCIAL	11,558	0.50	8.494
TOTAL FUERA DE RESERVAS	24,066	0.55	8.128

MINERAL SUBMARGINAL

TIPO	TM	ANCHO DILUIDO	gr Au DILUIDO
SUBMARGINAL PROBADO ACCESIBLE	1,495	0.50	5.764
SUBMARGINAL PROBADO EV. ACCESIBLE	330	0.50	5.929
SUBMARGINAL PROBABLE ACCESIBLE	1,550	0.59	6.146
SUBMARGINAL PROBABLE EV. ACCESIBLE	140	0.50	5.740
TOTAL SUBMARGINAL	3,515	0.54	5.947

MINERAL DE BAJA LEY

TIPO	TM	ANCHO DILUIDO	gr Au DILUIDO
BAJA LEY PROBADO ACCESIBLE	1,380	0.50	3.633
BAJA LEY PROBADO EV. ACCESIBLE	465	0.50	4.122
BAJA LEY PROBABLE ACCESIBLE	1,025	0.50	3.948
BAJA LEY PROBABLE EV. ACCESIBLE	390	0.50	4.117
TOTAL BAJA LEY	3,260	0.50	3.860
TOTAL SUBMARGINAL + BAJA LEY	6,775	0.52	4.942

4.4 PARAGÉNESIS Y EVENTOS DE MINERALIZACIÓN.

Para establecer la secuencia paragenética se obtuvieron muestras de interior mina, a partir de los cuales se realizaron secciones pulidas, a partir de los estudios de las secciones pulidas se tiene como resultado una interpretación preliminar para generar la secuencia paragenética del yacimiento y los posibles eventos mineralizantes dados en el yacimiento.

4.4.1 PARAGÉNESIS.

La secuencia preliminar determinada es la siguiente:

Episodio I: Primero se depositó la hematita I (especularita) como agregados de cristales rellenando intersticios de la roca, presentan formas euhedrales y subhedrales, reemplazado por magnetita que se encuentra en forma masiva, rellenando intersticios y fracturas.

Episodio II: Pirita-calcopirita-covelita reemplazando a magnetita; pirita ocurre como cristales microfracturados en formas subhedrales y anhedrales, reemplazado por calcopirita y covelita; calcopirita en cristales anhedrales rellenado intersticios y fracturas, reemplaza a pirita y magnetita; covelita presente como producto de la alteración de calcopirita-pirita, así mismo rellena fracturas de la magnetita y rara vez de la hematita I.

Episodio III: Hematita II (tardía) se presenta como producto de la alteración de la magnetita.

Se han observado en estudio de secciones delgadas (zona de óxidos) hasta tres eventos de sílice relacionados a Au, (en superficie), el cuarzo contenido como ganga en las vetas probablemente ha transportado el oro en repetidas oportunidades colaborando con el enriquecimiento del yacimiento.

4.4.2 ZONACIÓN.

Se ha identificado una variabilidad lateral (zonación) de norte a sur en las ocurrencias de Au y Cu en las estructuras mineralizadas, al norte se observa mayor presencia de óxidos de cobre y valores bajos en oro (veta Tauro, mantos), al sur la presencia de óxidos de cobre disminuye notablemente así también los valores de oro aumentan progresivamente (sector veta Bonanza a sistema de vetas Chinchilicos).

Referente a la zonación vertical se tiene poca información, pero algunos indicios de movimiento en bloques en la veta Francia exponen la siguiente secuencia: niveles someros ensambles de hematita-gohetita-jarosita-sílice jasperoide (calcedonia) en vetas

mesotermales y ensambles de atacamita-crisocola azurita-hematita asociado a zonas de skarn por escasos 60 a 100 m (zona de óxidos), seguido una zona mixta de ensambles de hematita-gohetita, pirita-calcopirita y neotocita-covelita-óxidos de manganeso; finalmente se observa un ensamble de magnetita-pirita-calcopirita-covelita (sulfuros primarios, mayor profundidad).

CUADRO N° 09: SECUENCIA PARAGENÉTICA DEL YACIMIENTO.

	MINERAL	COMPOSICION	EVENTOS			
			I	II	III	IV
V, P	Oro Nativo	Au		Abundante		
V, P	Hematita I	Fe ₂ O ₃	Abundante	Moderado		
V	Magnetita	Fe ₂ (Fe ₃) ₂ O ₄		Escaso		
V	Pirita	FeS ₂	Abundante	Moderado		
P	Calcopirita	CuFeS ₂		Escaso		
P	Covelita	CuS		Moderado		
V, P	Hematita II	Fe ₂ O ₃			Abundante	
V, P	Cuarzo I	SiO ₂		Moderado		
P	Cuarzo II	SiO ₂			Escaso	
V	Calcita	CaCO ₃			Abundante	
V	Sericita	KAl ₂ (OH) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)	Abundante	Escaso		
V, P	Caolinita	Al ₄ (Si ₄ O ₁₀)(OH) ₈	Abundante	Escaso		
V	Falla		Moderado			

Leyenda			
Abundante	V	Mineral observado a la vista	
Moderado	P	Mineral identificado por petrografía	
Escaso			

FUENTE: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES.

1. Dada las características de los análisis de estudios petrográficos y minerográficos, el yacimiento minero aurífero Mina Orión, es parte de la familia de vetas auríferas mesotermales de la franja costera del batolito de la costa, depósitos de Au relacionado con intrusivos del cretácico superior. El yacimiento minero aurífero Orión, Chala-Arequipa, se encuentra ubicado en el segmento de Arequipa del Batolito de la costa, conformado por una secuencia volcánica-sedimentaria, está dentro de la franja de yacimientos auríferos filonianos Nazca-Ocoña.
2. La geología estructural del yacimiento se caracteriza por la ocurrencia de vetas de Au emplazados en el intrusivo y volcánicos con rumbo $N40^{\circ}-60^{\circ}W$ buzamiento de $40^{\circ}-65^{\circ}$ NE, en estas estructuras se forman concentraciones o “clavos” irregulares con mineralización económica de 0.20 metros hasta 1.00 metro de ancho y de 50 a 100 metros de profundidad conocida hasta ahora que se alinean en “rosario” hasta 400 metros de longitud, a veces en estructura cimoidal, e interrumpidas por fallas realizando movimientos dextrales, según el muestreo geoquímico en superficie, se debe considerar como nuevas áreas económicas de prospección y exploración hacia el Norte de la Mina Orión en sus concesiones Tauro 01 y Tauro 02
3. La mineralización está conformada por relleno de cuarzo-sericita, hematita, jarosita, pirita, calcopirita y magnetita con concentraciones de oro, la alteración hidrotermal se caracteriza por tener una moderada e intensa silicificación-sericitización-caolinización-cloritización seguida por una propilitización débil clorita-epídota y carbonatos.
Realizando el inventario de reservas y recursos minerales se tiene una cubicación integral considerando reservas probadas y probables, entre mena y marginal, se tiene como resultado un total de 14,047 TM con una ley promedio de 10.26 grAu/t.
Considerando además la cubicación de recursos entre inferido y potencial es de 24,066 TM con una ley promedio de 8.128 grAu/t.
4. Realizado los estudios de secciones delgadas se puede observar hasta tres eventos de sílice relacionados al oro, el cuarzo contenido como ganga en las vetas probablemente ha transportado el oro en varias oportunidades colaborando con el enriquecimiento del yacimiento.

RECOMENDACIONES.

1. Ampliar los estudios petrográficos con muestras de superficie y de interior mina, con el fin de determinar con mayor certeza los estilos de mineralización existentes y aumentar la confiabilidad de tipos de rocas que dieron origen al yacimiento y realizar estudios geofísicos hacia el norte de la concesión, para poder determinar las zonas con anomalías de Au-Cu y así identificar la continuidad de las estructuras mineralizadas.
2. Realizar prospección alrededor de la concesión, para así tener la proyección de una posible zona mineralizada y extender la vida útil de la Mina Orión, Chala-Arequipa y realizar labores de exploración subterránea en las vetas Española Nv 1760, Tauro Nv 2020, Chinchilicos Nv 1600, por el valor económico que presenta en los muestreos respectivos.
3. Implementar con un laboratorio de ensayo geoquímico en las instalaciones de la mina, para tener mejor control de calidad y tener la referencia de valor real en su ley de mineral antes del envío de mineral extraído hacia la planta de procesos y realizar perforaciones diamantinas a las estructuras mineralizadas que tienen un valor no económico en la superficie, para poder comprobar en profundidad el comportamiento respecto a su ley, además continuar implementando el uso de softwares geológicos y mineros a todo el personal especializado en el área que corresponde y realizar las capacitaciones en su uso.
4. Ampliar los estudios de secciones delgadas y secciones pulidas para determinar la paragénesis y eventos de mineralización del yacimiento minero aurífero Mina Orión Chala Arequipa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1) AGAR R.A. & LEBEL, L (1980). The Linga Super-Unit: high-K diorites of the Arequipa segment. *Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes*, p 119-127. Department of Geology University of Liverpool.
- 2) ARANDA, A. & INJOQUE, J. (2002): Estudio de inclusiones fluidas, distrito minero San Juan, Informe Interno Analytica Mineral Services S.A.C.
- 3) BATEMAN, A. (1982): Yacimientos Minerales de rendimiento económico. Editorial Omega, Barcelona España. 5ta Edición 987 Pág.
- 4) BENAVIDES, (1962): Geología del distrito minero aurífero de Orión, Caravelí-Arequipa. Resumen extendido.
- 5) BETEJTIN, A. (1975): Curso de Mineralogía. Segunda Edición. Editorial "MIR", Moscú, Rusia. 739 Pág.
- 6) BOLETIN N° 34 (1980): Geología de los cuadrángulos de Jaquí, Coracora, Chala y Cháparra 31-ñ, 31-o, 32-ñ, 32-o
- 7) DANA, E. (1976): Tratado de Mineralogía. Editorial Continental. S.A. 564 Pág.
- 8) DE MONTREUIL L. (1990): Mineralogía de los Yacimientos Auríferos en el Perú, p 307-343. Resumen extendido Segundo Simposium Internacional del Oro.
- 9) DE MONTREUIL L. (1979): Ocurrencia de oro y sus asociaciones mineralógicas en la faja aurífera Nazca-Ocoña, p 25-48. Programa Científico – Cultural. INGEMMET.
- 10) EVANS, A.M. (1993): Ore geology and industrial minerals 3° ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford 390.
- 11) INJOQUE J. (2002): Informe de evaluación económica, distrito minero Orión. Informe interno Analytica Mineral Services S.A.C.
- 12) INJOQUE J., RODRIGUEZ I. & ALVAREZ B. (2002): Geología del distrito minero aurífero de Orión, Caravelí - Arequipa. Resumen extendido XI Congreso Peruano de Geología Trabajos Científicos.
- 13) NELSON E.P. (2004): Structural Geological Analisis of the Ishihuinca vein system. Informe interno INMINSUR. Colorado School of Mines.
- 14) MACHARÉ J. & ORTEGA H. (1997): Estudio Estructural del Sector Este de la Veta Calera, Mina Orcopampa – Perú. Resumen extendido IX Congreso Peruano de Geología, p. 95-99.

- 15) MACHARÉ J. & INJOQUE J. (1997): El Fallamiento Tanaka – Yauca y sus Implicancias en la Tectónica Cenozoica de la Costa Sur del Perú. Resumen extendido IX Congreso Peruano de Geología, p. 341-345.
- 16) MIRANDA C. (1991): Petrología y estructura comparada de los yacimientos Auríferos en los Batolitos de la Costa y Pataz, p 130-145. Resumen extendido VII Congreso Peruano de Geología.
- 17) MOORE N.D. & AGAR R. A. (1977): Variations along a batholith: the Arequipa segment of the coastal batholith of Peru. Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes, p 108-118. Department of Geology University Of Liverpool.
- 18) NUÑEZ F., CONDORI A., JARA M. & LINARES F. (1994): Características metalogenéticas de la mineralización aurífera asociada al segmento sur del batolito de la costa (Nazca-Ocoña), p 26-29. Resumen extendido VII Congreso Peruano de Geología.
- 19) OJEDA M.J. & MENDOZA A. (1991): Prospección Geoquímica por Oro en la zona de Caravelí departamento de Arequipa, p 157-162. Resumen extendido VII Congreso Peruano de Geología.
- 20) OYARZUN R. (2011) Estimación de Reservas Minerales.
- 21) ROSALES M. (1990): Yacimientos auríferos relacionados al batolito de la costa en la franja Nazca – Ocoña, Ica y Arequipa. Resumen extendido Segundo Simposium Internacional del Oro.
- 22) SMIRNOV, V.I. (1982): Geología de Yacimientos Minerales.
- 23) SANTOS C. J. M. (2009): Tesis controles geológicos – estructurales de la mineralización aurífera en el sistema de vetas de la mina orión chala – arequipa.
- 24) TUMIALÁN P. (2033): Compendio de Yacimientos minerales del Perú INGEMMET, Boletín N° 10 serie B.
- 25) VALDIVIA J. (1996): Geología estructural de las vetas auríferas en la mina Ishihuinca. Segundo Simposium Internacional del Oro.
- 26) VÁZQUEZ F. (1997): Geología económica de los Recursos Minerales. Fundación Gómez Pardo; Madrid).
- 27) VIDAL C. (1977): Metallogenesis associated with the coastal batholith of Peru: a review. Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes, p 243-249. Buenaventura Ingenieros S.A.

Páginas Web consultadas:

- <http://biblioteca.unmsm.edu.pe> (Biblioteca de la Univ. Mayor de San Marcos Perú)
- <http://www.ingemmet.gob.pe> (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú)
- <http://www.sgp.org.pe> (Sociedad Geológica del Perú)
- <http://www.bvl.com.pe/Juniors/CódigodeEstandaresdeReporteparapublicar> (Bolsa de Valores de Lima)
- <https://www.convencionminera.com/>
- [http://www.cec.uchile.cl/vmaksaev/inclusiones fluidas.pdf](http://www.cec.uchile.cl/vmaksaev/inclusiones%20fluidas.pdf)
- max-schwarz.blogspot.com/perforacion-diamantina-de-proyectos.html

ANEXOS.