

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E**

**INGENIERÍA METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS DEL YACIMIENTO  
AURÍFERO FIDAMI, SANCOS – LUCANAS - AYACUCHO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**YACK CASTILLO VILCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA E INGENIERÍA METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**TESIS**

**“ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS DEL YACIMIENTO AURÍFERO  
FIDAMI, SANCOS – LUCANAS - AYACUCHO”**

**PRESENTADA POR:**

**YACK CASTILLO VILCA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE:**

**M.Sc. FLAVIO ROSADO LINARES**



**PRIMER MIEMBRO:**

**M.Sc. NEWTON MACHACA CUSILAYME**

**SEGUNDO MIEMBRO:**

**M.Sc. AGUSTIN VICTOR VELEZ VILCA**

**DIRECTOR / ASESOR:**

**Ing. LUIS VICENTE ORTIZ GALLEGOS**

**Área : Geología minera**

**Tema : Estimación de recursos**

**Fecha de sustentación: 26-03-2018**

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios todo poderoso,  
por ser mi guía y llevarme de la mano en  
cada momento de mi vida, por darme la  
fuerza, salud y voluntad para seguir  
adelante alcanzando mis metas  
soñadas.

A mi Madre Flora que me ha sabido  
llevar por un buen camino, gracias por  
sus consejos, comprensión, tolerancia,  
paciencia, cariño, amor; sobre todo por  
brindarme su apoyo y estar presente  
cuando más los he necesitado.

A mis hermanas Yesenia kely y Lesly  
Rocio a los que quiero mucho, gracias  
por brindarme su apoyo, y por ser parte  
importante de una hermosa familia  
unida.

## AGRADECIMIENTOS

- Gracias a Dios por guiar mis pasos directamente, permitiéndome aprender de mis errores con firmeza y tranquilidad; a mi querida madre Flora que con su ejemplo, perseverancia y comprensión me enseñó a que sea consecuente con mis ideales y firme con mis decisiones; a mi padre Charles que desde el cielo cuida cada paso y meta lograda en esta etapa de mi formación; a mis hermanas Yesenia y Lesly por su cariño y amistad.
- El estudio para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo titulado: “Estimación de Recursos y Reservas del Yacimiento Aurífero FIDAMI, Sancos-Lucanas-Ayacucho” no habría sido posible sin el apoyo de la empresa minera FIDAMI S.A.; por lo tanto, mi mayor muestra de gratitud y agradecimiento al gerente general Ingeniero Edgardo Miguel Crispín Rodríguez.
- Mi agradecimiento a los profesionales del área de geología, Ing. Javier Murillo R., Gonzalo Achata B., 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 me supieron darme aliento de seguir adelante hasta concluir este trabajo de investigación.
- Finalmente quisiera hacer una mención especial a mi Director de tesis al Ing. Luis Vicente Ortiz Gallegos, por el apoyo y desarrollo del presente trabajo.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
LISTA DE LÁMINAS.....	xii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	xiv
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3

**CAPÍTULO I****INTRODUCCIÓN**

1.1. ANTECEDENTES .....	5
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.3. HIPÓTESIS .....	7
1.3.1. Hipótesis general .....	7
1.4. OBJETIVOS .....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8

**CAPÍTULO II****REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.1. Geología regional.....	9
2.1.1.1. Mesozoico.....	10
2.1.1.2. Cenozoico .....	13
2.1.1.3. Depósitos cuaternarios .....	14
2.1.1.4. Rocas intrusivas.....	15
2.1.2. Geomorfología regional .....	18

2.1.2.1.	Cadena costanera (M-Cc).....	18
2.1.2.2.	Valles transversales (FA-Qt) .....	18
2.1.3.	Geología estructural regional.....	19
2.1.3.1.	Sistema de fallas.....	19
2.1.4.	Metalogenia del Perú.....	20
2.1.4.1.	Mapa metalogénico del oro en el Perú 2010.....	21
2.1.4.2.	Franjas metalogénicas de oro .....	21
2.1.4.3.	IX franjas de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivo del Cretácico Superior .....	22
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.2.1.	Concepto y origen de los yacimientos minerales .....	23
2.2.2.	Yacimientos hidrotermales.....	24
2.2.2.1.	Principio de los yacimientos hidrotermales .....	27
2.2.2.2.	Características de las soluciones.....	28
2.2.2.3.	Abertura de las rocas .....	29
2.2.2.4.	Factores que afectan a la deposición.....	32
2.2.3.	Tipos de depósitos hidrotermales .....	39
2.2.3.1.	Depósitos epitermales.....	40
2.2.3.2.	Depósitos mesotermiales.....	41
2.2.3.3.	Depósitos filonianos (Vetas).....	41
2.2.4.	Mineral de mena .....	43
2.2.5.	Mineral de ganga .....	44
2.2.6.	Recurso .....	44
2.2.7.	Reserva .....	44
2.2.8.	Cubicación y cálculos de reservas.....	45
2.2.8.1.	Métodos para la cubicación de recursos y reservas ..	45
2.2.8.2.	Elementos de la cubicación de reservas.....	48
2.2.9.	Inventario de recursos y reservas minerales .....	49
2.2.9.1.	Definición .....	49
2.2.9.2.	Finalidad .....	49
2.2.9.3.	Importancia .....	50

2.2.9.4. Criterios.....	50
2.2.9.5. El código JORC.....	51
2.2.10. Estimación e inventario de recursos y reservas de la mina FIDAMI.....	54
2.2.10.1. Reservas minerales .....	55
2.2.10.2. Recursos minerales .....	63
2.2.10.3. Otros minerales (No reservas ni recursos).....	70
2.2.10.4. Simbología del inventario de minerales .....	75
2.2.10.5. Bloqueo de mineral .....	76
2.2.11. Alteración hidrotermal.....	89
2.2.11.1. Solución hidrotermal .....	90
2.2.11.2. Ascenso y acumulación de los fluidos hidrotermales .	91
2.2.11.3. Clasificación de alteración hidrotermal.....	91
2.2.12. Los Cimoides.....	92
2.2.13. Sistema de fracturamiento en una zona de cizallamiento- modelo de Riedel.....	93
2.2.14. Zonas transtensión o transpresión .....	94
2.2.15. Prospección geoquímica .....	95
2.2.16. Análisis cinemático .....	96

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS .....	101
3.2. METODOLOGÍA.....	102
3.2.1. Fases de la investigación.....	103
3.2.1.1. Compilación y revisión de información.....	103
3.2.1.2. Trabajo de campo .....	103
3.2.1.3. Trabajo de gabinete .....	104
3.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	104
3.3.1. Muestreo.....	104
3.3.1.1. Métodos de muestreo .....	105
3.3.2. Control de calidad .....	114

3.3.2.1.1. Normas en control de calidad .....	117
---	-----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA .....	121
4.1.1. Introducción .....	121
4.1.2. Ubicación .....	122
4.1.3. Accesibilidad .....	123
4.1.4. Concesiones .....	123
4.1.5. Geografía .....	124
4.1.6. Hidrografía .....	124
4.1.7. Clima y vegetación .....	125
4.1.8. Geología local .....	126
4.1.8.1. Mesozoico .....	126
4.1.8.1.1. Formación Guaneros (Kimmeridgiano – Caloviano) (Js-gu) .....	126
4.1.8.1.2.1. Gabros (Patap) .....	127
4.1.8.2. Cenozoico .....	127
4.1.8.2.1. Depósitos recientes (Qh-al, Qh-c) .....	127
4.1.8.3. Rocas Intrusivas .....	128
4.1.8.3.1. Súper-unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi) .....	128
4.1.8.3.2. Súper-Unidad Tiabaya (Ks-ti/to-gd, Ks-ti/di) .....	129
4.1.9. Geomorfología local .....	130
4.1.9.1. Agentes y factores del modelamiento geomorfológico .....	130
4.1.9.1.1. Substrato geológico .....	130
4.1.9.1.2. Tectónicos .....	131
4.1.9.1.3. Relieve .....	131
4.1.9.1.4. Antrópicos .....	131
4.1.9.2. Unidades geomorfológicas .....	131
4.1.9.2.1. Sistema montañoso .....	131
4.1.9.2.2. Sistema fluvial .....	132

4.1.10. Geología estructural local .....	134
4.1.10.1. Fallas de primer orden .....	135
4.1.10.1.1. Falla Santa Rita .....	135
4.1.10.1.2. Falla San Luis .....	136
4.1.10.2. Fallas de segundo orden.....	136
4.1.11. Geología económica del batolito de la costa: Franja Nazca – Ocoña .....	136
4.1.11.1. Mina Ishihuinca .....	138
4.1.11.2. Mina Diluvio .....	138
4.1.11.3. Mina Calpa.....	139
4.1.11.4. Mina León .....	139
4.1.11.5. Mina Posco .....	140
4.1.12. Alteraciones hidrotermales .....	140
4.1.12.1. Alteración argílica .....	141
4.1.12.2. Alteración propilítica.....	142
4.1.12.3. Silicificación .....	142
4.1.13. Controles de mineralización .....	143
4.1.13.1. Control de alteración.....	143
4.1.13.2. Control mineralógico .....	144
4.1.13.3. Control estructural.....	144
4.1.14. Geología estructural .....	144
4.1.14.1. Análisis Geométrico del Sistema de Vetas-Fallas.....	144
4.1.14.1.1. Geometría - Veta Falla Ana .....	145
4.1.14.1.2. Geometría - Veta Falla Perico.....	145
4.1.14.1.3. Geometría - Veta Falla Escorpión.....	146
4.1.14.1.4. Geometría - Veta Falla Mónica .....	146
4.2. ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS .....	147
4.2.1. Mineralogía .....	147
4.2.1.1. Mineral De Mena.....	147
4.2.1.2. Mineral De Ganga .....	149
4.2.2. Mineralización.....	150

4.2.3.	Características de las estructuras mineralizadas .....	150
4.2.3.1.	Veta Ana .....	150
4.2.3.2.	Veta Perico .....	151
4.2.3.3.	Veta Escorpión.....	151
4.2.3.4.	Veta Mónica .....	152
4.2.4.	Clasificación del yacimiento .....	152
4.2.5.	Recursos y reservas en la U.E.A. Mina Fidami.....	153
4.2.5.1.	Recursos Veta Ana .....	154
4.2.5.2.	Recursos Veta Perico .....	155
4.2.5.3.	Recursos Veta Escorpión.....	155
4.2.5.4.	Recursos Veta Mónica .....	155
4.2.6.	Resumen de recursos y reservas U.E.A. Mina FIDAMI Sancos-Lucanas-Ayacucho .....	156
4.2.6.1.	Veta Ana .....	156
4.2.6.2.	Veta Perico .....	157
4.2.6.3.	Veta Escorpión.....	158
4.2.6.4.	Veta Mónica .....	159
4.2.6.5.	Resumen general.....	160
4.2.7.	Paragénesis y eventos de mineralización.....	161
4.2.7.1.	Paragénesis .....	161
4.2.7.2.	Zonación .....	162
	CONCLUSIONES .....	164
	RECOMENDACIONES .....	166
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	167
	WEBGRAFIA.....	171
	ANEXOS .....	172

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N° 01. Esquema de yacimientos hidrotermales .....	26
Figura N° 02. Tipos de yacimientos hidrotermales.....	28
Figura N° 03. Esquema de soluciones hidrotermales .....	29
Figura N° 04. Elementos de cubicación de reservas .....	49
Figura N° 05. Bloques probados para 1 labor .....	58
Figura N° 06. Bloques probados para 2 o más labores .....	59
Figura N° 07. Bloques probables .....	60
Figura N° 08. Modelo de fracturamiento RIEDEL .....	94
Figura N° 09. Asociaciones geoquímicas de los yacimientos minerales.....	96
Figura N° 10. Sistema de tectoglifos estructurales .....	98
Figura N° 11. Muestreo por canales .....	107
Figura N° 12. Ubicación de canales en galerías y ventanas.....	108
Figura N° 13. Ubicación de canales en chimeneas y tajos .....	108
Figura N° 14. Espaciamiento de canales de muestras .....	110
Figura N° 15. Muestreo por puntos .....	112
Figura N° 16. Muestreo por astillas (CHIP SAMPLING) .....	113
Figura N° 17. Muestreo agarrado (Carga Común) .....	114
Figura N° 18. Control de calidad en labores .....	117
Figura N° 19. Marcado de estructuras .....	120
Figura N° 20. Vista de la Formación Guaneros.....	127
Figura N° 21. Vista de la Súper Unidad Linga.....	128
Figura N° 23. Vista de las unidades geomorfológicas.....	133
Figura N° 24. Diagrama de rosetas.....	134
Figura N° 25. Alteraciones .....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla N° 01. Composición química de las rocas ígneas.....	23
Tabla N° 02. Alteración de rocas encajonantes .....	36
Tabla N° 03. Modelo de tarjeta de bloqueo sin dilución .....	85
Tabla N° 04. Modelo de tarjeta de bloqueo con dilución.....	86
Tabla N° 05. Ingreso de base de datos-estimación de recursos.....	89
Tabla N° 06. Dilución mínima .....	119

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro N° 01. Métodos geoestadísticos .....	48
Cuadro N° 02. Principios del código JORC .....	54
Cuadro N° 03. Estimación de recursos y reservas .....	68
Cuadro N° 04. Simbología de inventario de minerales .....	75
Cuadro N° 05. Esquema de determinación de peso específico .....	83
Cuadro N° 06. Recursos para desarrollar el proyecto .....	101
Cuadro N° 07. Flujograma metodológico para la elaboración del proyecto de investigación .....	102
Cuadro N° 08. Características de minado .....	118
Cuadro N° 09. Coordenadas de ubicación .....	123
Cuadro N° 10. Vías de acceso .....	123
Cuadro N° 11. Concesiones .....	124
Cuadro N° 12. Secuencia paragenética de la mina FIDAMI .....	163

**LISTA DE LÁMINAS**

LÁMINA N° UB_01	PLANO DE UBICACION
LÁMINA N° GR_01	MAPA GEOLÓGICO REGIONAL.
LÁMINA N° GMR_01	MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL.
LÁMINA N° GER_01	MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL REGIONAL.
LÁMINA N° 01	MAPA DE FRANJAS METALOGENETICOS DEL PERÚ.
LÁMINA N° GL_01	MAPA GEOLÓGICO LOCAL.
LÁMINA N° GML_01	MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL.
LÁMINA N° GEL_01	MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL LOCAL.
LÁMINA N° EST_02	PLANO DE SECCION TRANSVERSAL DE VETAS.
LÁMINA N° 02	MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE MINAS DE Au.
LÁMINA N° CCM_01	MAPA DE CONCESIONES MINERAS.
LÁMINA N° MVA_01	PLANO DE MUESTREO VETA ANA.
LÁMINA N° MVP_01	PLANO DE MUESTREO VETA PERICO.
LÁMINA N° MVE_01	PLANO DE MUESTREO VETA ESCORPION.
LÁMINA N° MVM_01	PLANO DE MUESTREO VETA MONICA.
LÁMINA N° 03	PLANO DE MUESTREO NIVEL PRINCIPAL 2228.

LÁMINA N° CVA_01	PLANO DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS VETA ANA.
LÁMINA N° CVE_01	PLANO DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS VETA ESCORPION.
LÁMINA N° CVM_01	PLANO DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS VETA MONICA.
LÁMINA N° CVP_01	PLANO DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS VETA PERICO.

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials.

m : Metros.

Km : Kilómetros.

Gr : gramos.

TM : Toneladas Métricas.

N : Norte.

E : este.

W : Oeste.

SN : sub-nivel

Gal : galería.

Ch : chimenea:

m.s.n.m : Metros Sobre el Nivel del Mar.

UTM : Universal Transverse Mercator.

Psad : Provisional South American.

TMS : toneladas métricas secas

Tc : toneladas cortas.

Pot : potencia.

Rb : Rumbo.

H : altura.

TCS : toneladas cortas secas.

Pe : peso específico.

Au : oro.

HAS : hectáreas.

INGEMMET : instituto geológico minero metalúrgico.

Mm : milímetros.

Ma : millones de años

Ag : Plata.

g/tm : Gramos por tonelada.

U.E.A : Unidad económica administrativa.

Nv : Nivel.

Pb : Plomo.

Zn : Zinc.

Cu : Cobre.

°C : Grados Celsius.

FIDAMI : Filomena 100, Datteli 6, Milagros 100.

SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e hidrología.

E.M.F.S.A. : Empresa Minera FIDAMI Sociedad Anónima.

## RESUMEN

La Mina FIDAMI es un yacimiento filoniano, que produce principalmente oro y como sub-producto plata que no es considerado dentro de su producción. Se encuentra ubicado en la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho. El acceso es por la ruta Lima-Yauca-Santa Filomena, cuyo recorrido total es de 432 km. En la Mina FIDAMI y alrededores, afloran predominantemente rocas intrusivas de composición granodiorítica con variaciones tonalíticas y cuarzo monzoníticas, en las cuales se emplazan las vetas cuarzo auríferas de orientación NW-SE y NE-SW con buzamientos entre 60° - 80° al SW y SE. Las estructuras mineralizadas presentan internamente estrechos halos (0.10 a 0.15 m.) de alteración argílica (sericita) y en el borde externo predomina la alteración propilítica. La mineralización característica es cuarzo-óxidos de Fe-pirita con valores de oro y calcita-cuarzo-óxidos, en profundidad esto gradan débilmente a cuarzo-pirita con indicios de minerales de cobre. Las potencias van de 0.10 m. a 0.20 m. El objetivo de la presente investigación es estimar los recursos y reservas de las diferentes estructuras presentes en la Mina FIDAMI S.A. Determinando para ello las características geológicas y geoeconómicas de las estructuras mineralizadas. La metodología empleada en el presente estudio es tipo descriptivo, considerando para ello diferentes etapas o fases durante la investigación. Los resultados vertidos en este trabajo, fueron calculados teniendo en consideración los procedimientos aplicables al CÓDIGO JORC. El cual establece un conjunto de estándares, recomendaciones y guías para el reporte público de resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales. Para la evaluación o estimación de recursos y reservas minerales, se tiene un archivo de tarjetas de Cubicación en la que se va a encontrar toda la población

de muestras de labores que sirven de base para la cubicación y estimación de recursos en su gran mayoría de acuerdo al historial de explotación que tiene cada estructura mineralizada (veta). Así mismo, las tarjetas tienen como contenido las correcciones aplicadas y los parámetros de cubicación. La estimación de recursos dio como resultado 43,858.00 TM con una ley promedio de 17.90 grAu/TM, y en recursos se tiene 169,587.00 TM con una ley de 8.99 grAu/TM.

**Palabras clave:** Estimación, recursos, reservas, vetas epitermales, yacimiento epitermal.

## ABSTRACT

The FIDAMI Mine is a filonian deposit, which produces mainly gold and as a silver by-product that is not considered within its production. It is located in the province of Lucanas, department of Ayacucho. Access is via the Lima-Yauca-Santa Filomena route, whose total route is 432 km. In the FIDAMI Mine and surroundings, intrusive rocks of granodiorite composition with tonalite variations and monzonite quartz appear predominantly, in which the NW-SE and NE-SW auriferous quartz veins are located with dips between 60 ° - 80 ° SW and HE. The mineralized structures have internally narrow haloes (0.10 to 0.15 m) of argillic alteration (sericite) and propylitic alteration predominates on the outer edge. The characteristic mineralization is quartz-oxides of Fe-pyrite with values of gold and calcite-quartz-oxides, in depth this is weakly graded to quartz-pyrite with indications of copper minerals. The powers go from 0.10 m. at 0.20 m. The objective of this research is to estimate the resources and reserves of the different structures present in the FIDAMI S.A. Determining for this the geological and geoeconomic characteristics of the mineralized structures. The methodology used in this study is descriptive, considering different stages or phases during the investigation. The results of this study were calculated taking into account the procedures applicable to the JORC CODE. Which establishes a set of standards, recommendations and guidelines for the public report of exploration results, mineral resources and mineral reserves. For the evaluation or estimation of resources and mineral reserves, there is a file of Cubing cards in which you will find the whole population of work samples that serve as the basis for the cubing and estimation of resources, the vast majority of which agree to the exploitation history of each mineralized structure (vein). Likewise, the cards have as content

the corrections applied and the cubing parameters. The resource estimate resulted in 43,858.00 MT with an average grade of 17.90 grAu / MT, and in resources, 169,587.00 MT had a grade of 8.99 grAu / MT.

**Keywords:** Estimation, resources, reserves, epithermal veins, epithermal deposit.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. ANTECEDENTES

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, no se tuvo información base ya que no existe información técnica que pueda la empresa proporcionar, por lo que la información es referencial. Tomando en cuenta como base, estudios realizados en otros yacimientos similares cercanos a la zona de estudio.

Hasta aproximadamente 1964 Santa Filomena fue una zona minera explotada por la Mining Gold Company empresa norteamericana que además extraía oro de las minas de Santa Rosa y San Luis muy cercanas a Santa Filomena. Por ese año la Mina FIDAMI quedó abandonada por la Compañía. Y durante mucho tiempo sólo contados mineros llegaban por sus propios medios a explotar en campañas el oro que quedaba. En el año 1990, en una primera etapa de formación del actual caserío Santa Filomena, quienes llegaron a la mina eran vecinos de Jaquí y Yauca, la permanencia siguió siendo por campañas y básicamente masculina. Cada uno subía con lo necesario y bajaba con sus

sacos de mineral a procesar hasta Jaquí e incluso llevaban sus sacos de mineral a las plantas acopiadoras de oro como LAYTARUMA.

En una segunda etapa, desde mediados del año 1990, nuevos mineros comenzaron a llegar desde Arequipa, Ayacucho, Ica, Huancavelica, Lima, Cusco, Puno y Apurímac. Se establecieron familias completas con mujeres y niños. El redescubrimiento de la mina y la presencia de fuerza de trabajo en la zona hicieron que aparecieran denunciantes mineros y plantas procesadoras de oro que buscaban apropiarse del trabajo de los mineros artesanales. Por lo que cada trabajador contaba con sus propias labores en explotación artesanalmente, generando así formar una empresa minera comprometida con sus colaboradores y socios, dentro de 3 (tres) concesiones mineras denominadas Milagros 100, Datteli 6 y Filomena 100. De estas tres concesiones nace el nombre de la Mina FIDAMI S.A., a través de la cual los mineros iniciaron las gestiones para obtener las Concesiones Mineras.

La siguiente etapa es la etapa actual de consolidación de la empresa como instrumento de formalización y desarrollo de los mineros. Es también una etapa de aparición de otras organizaciones sociales que van respondiendo y dando solución a los problemas propios de la población como la alimentación, la salud y la educación. Santa Filomena se convierte en Caserío reconocido por la municipalidad de Sancos y pasa a tener agente municipal y teniente gobernador. En lo que actualmente opera la Minera FIDAMI S.A., realizando trabajos de explotación con el método de corte y relleno ascendente, teniendo, así como producción 80 TM/día de mineral de Au.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En FIDAMI, se desconoce el comportamiento estructural de las fallas mineralizadas, así como el de las fallas post – mineralización, por esto es necesario plantear un modelo estructural que permita predecir el movimiento de dichas fallas.

No se tiene un adecuado cartografiado a escala distrital ni local, es necesario elaborar planos geológicos a dichas escalas para así tipificar adecuadamente los afloramientos y las características del yacimiento.

La distribución de los clavos mineralizados dentro de las estructuras no está bien definida, es de interés conocer este dato para poder orientar las exploraciones adecuadamente.

No se tiene una data geológica organizada y sistematizadas, por esto se organizaron folios y bases de datos que sirvan como base para futuros trabajos.

Por lo que nos planteamos la siguiente formulación de interrogantes.

¿Cuáles son las características geológicas de las estructuras mineralizadas?

¿Es posible determinar la estimación de recursos y reservas?

## 1.3. HIPÓTESIS

### 1.3.1. Hipótesis general

La caracterización geológica de las estructuras mineralizadas, contribuirá a la estimación de recursos y reservas de la Mina FIDAMI S.A.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Estimar los recursos y reservas de las diferentes estructuras presentes en la Mina FIDAMI S.A. Determinado las características geológicas y geoeconómicas de las estructuras mineralizadas.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ✓ Establecer las características geológicas, estructurales, mineralógicas y geoquímicas de las diferentes estructuras mineralizadas en la zona de la Mina FIDAMI S.A.
- ✓ Estimar los recursos y reservas de las estructuras mineralizadas en la Mina FIDAMI S.A.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Geología regional

Regionalmente, el contexto geológico que abarca desde el litoral hasta la Cordillera Occidental se caracteriza por presentar amplias exposiciones de rocas metamórficas, intrusivas, sedimentarias y volcánicas, cuyas edades abarcan desde el Paleozoico Inferior hasta el Reciente.

Las rocas más antiguas de la región la constituyen los metasedimentos y las secuencias anfibolita gneísicas del Precámbrico. Sobre éstas, en discordancia angular se emplazan las rocas sedimentarias del Mesozoico y las secuencias marino-continentales del Terciario. Intruyendo a las anteriores están las rocas ígneas intrusivas del Batolito de la Costa.

Tomando como base los estudios realizados por el INGEMMET, representados por los cuadrángulos y planos del área de trabajo (Boletín No 34,

Serie A, 1980. **Hojas 31-ñ Jaqui**, 31-0 Coracora, 32-ñ Chala y 32-O Chaparra).  
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, Lámina GR\_01 Mapa Geológico Regional**)

#### 2.1.1.1. Mesozoico

##### A. Formación Guaneros (Kimmeridgiano – Caloviano) (Js-gu)

Bellido (1963) dio el nombre de formación Guaneros, para designar a unas rocas volcánicas que afloran 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 forma general, la formación Guaneros descansa en discordancia erosional sobre el volcánico chocolate.

Está formado por areniscas blancas, verdes, y rojas de grano medio a grueso, intercaladas con lutitas abigarradas, limonitas y margas fosilíferas, su grosor es inferior a los 300 metros, y está afectado por numerosas fallas del tipo normal y gravitacional.

Esta formación corresponde a un facie marina y por su contenido fosilífero y litología evidencia un ambiente nerítico.

**Edad y correlación.**- por el contenido fosilífero (trigonia eximia y Lucian magna) se ha dado una edad Caloviano a kimmeridigiano.

Se correlaciona cronológicamente con la formación del mismo nombre en los cuadrángulos de Clemesi, con la formación Ataspaca de los cuadrángulos de Pachia y Palca, y con la parte inferior del grupo Yura.

## **B. Grupo Yura (Titoniano)**

Jenks (1948) denominó formación Yura a una secuencia sedimentaria conformada por cuarcitas, pizarras y areniscas que afloran en el balneario de Yura, sito a unos 35 Km. al NW de Arequipa. Posteriormente, WILSON y GARCIA, (1962), la elevaron a la categoría de grupo.

Está conformado por 2 formaciones Yauca y Hualhuani.

- **Formación Yauca. (Kl-ya).**

Se da el nombre de la formación Yauca a un conjunto de areniscas arcósicas intercaladas con lutitas (Caldas, 1978). En el área investigada descansan con discordancia paralela o con una leve discordancia angular sobre la formación Guaneros del Jurásico superior e infrayace concordantemente en la Formación Hualhuani del Cretáceo inferior.

Al W del cerro Choquequilca (14 Km. al SW de Pullo), en el cuadrángulo de Coracora, se ha estimado un grosor de 2000 m. compuesta en su parte superior por areniscas blancas en bancos gruesos, que intemperizan con matiz rojizo-amarillento, intercaladas con lutitas y areniscas grises finamente estratificadas, las mismas que contienen restos de plantas. La parte inferior contiene areniscas grises y rosadas, lutitas abigarradas, limolitas grises y andesitas gris claras.

En la quebrada Lampalla, la formación Yauca se halla plegada en amplios anticlinales y sinclinales con dirección N 30° W buzantes 15° a 20° NW.

**Edad correlación:** solamente teniendo en cuenta que la formación Yauca sobreyace a la formación Guaneros del Calaloviano-Kimmeridgiano e infrayace a la formación Hualhuani del Neocomiano superior, se le asigna una edad que va del Titoniano al Neocomiano inferior.

Se correlaciona con la formación Labra y Gramadal del Grupo Yura de Arequipa (Vargas, 1970), con la formación Puente Piedra de los alrededores de Lima (Rivera, 1951), con las formaciones Chicama y Chimu del norte del Perú (Wilson y Reyes, 1964) y la formación Yauca de los cuadrángulos de Acari y Yauca (Caldas, 1978).

- **Formación Hualhuani (Neocomiano).**

Vargas (1970) considera cinco formaciones dentro del Grupo Yura, siendo las cuarcitas Hualhuani del tope. En la localidad típica o sea en el cerro Hualhuani esta unidad está conformada por 50 m. de areniscas cuarcíferas de color blanco y grano fino.

Se compone de cuarcitas blancas de grano medio a fino con estratificación cruzada, aflora en los cerros Choquequilca, Quillaco y Ayacucho, formando parte del flanco occidental del sinclinal de Pucaloma, espesor  $\pm$  200 m.

Señala el ambiente sedimentario en el cual se ha depositado esta formación, es un poco complicado, sobre todo por la falta de fósiles: la selección, el redondeamiento y la pureza del cuarzo indican un considerable transporte y

sobre todo el re trabajo que han sufrido las arenas, que probablemente ha sido producido por la acción de las olas en un ambiente litoral.

**Edad de corrección:** debido a la falta de fósiles y solamente por sobreyacer a la formación Yauca del Neocomiano inferior e infrayace a la formación Murco del Altiplano, se le considera a esta unidad como depositada en el Neocomiano superior.

Se correlaciona con la formación Hualhuani de la localidad de Yura y con la formación Chachacumane de Pachía y Palpa (WILSON y GARCIA, 1962).

#### 2.1.1.2. Cenozoico

##### A. Formación Huanca (Senoniano – Eoceno)

Jenks (1948) denomino formaciones Huanca a un conjunto de depósitos molásicos de color rojo, compuesta por conglomerados, areniscas y lodos compactos, que afloran en el pueblo de Huanca al NE de la hoja de Arequipa.

Litológicamente está constituido por brechas conglomerádicas de color rojo de fragmentos de andesitas porfiríticas, areniscas blancas, calizas grises, gneis graníticos, conglomerados y areniscas conglomerádicas, aflora en el cuadrángulo de Coracora, espesor +\_ 400 m.

**Edad y correlación:** por la falta de fósiles, no se puede precisar una edad exacta de la formación, pero como descansa con discordancia angular sobre la formación Arcurquina, cuya edad llega hasta el Turoniano y esta plegada junto con los depósitos cretáceos por la “Fase Incaica” (Eoceno superior), puede considerársele una edad que oscila entre el Santoniano y el Eoceno superior.

Se le correlaciona con la formación Huanca de Arequipa, Casapalca y Chota, del centro y norte del Perú respectivamente.

## **B. VOLCÁNICO SENCCA (Plioceno Superior)**

Mendivil (1965) describió con este nombre a una secuencia piroclástica que aflora en la quebrada Sencca, situada al sur – este de la hoja de Maure, esta formación generalmente está constituida por secuencias de tobas dacítico-riolíticas ampliamente distribuidas, encontrándose expuesta en los cuadrángulos de, Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra.

El volcánico Sencca se presenta en capas horizontales y sub horizontales con un espesor de 10 a 200 metros.

Superficialmente las rocas son de color rojizo a naranja, mientras que en muestra fresca varía entre el gris claro, blanco amarillento y rosado habiendo sido clasificado como riodacíticas, dacíticas y andesísticas.

**Edad correlación.** - debido a que no se ha encontrado evidencia paleontológica y teniendo en cuenta que descansa sobre la formación Pisco del mio–plioceno y sobre la formación Maure probablemente del plioceno inferior, hallándose a la vez por debajo de la formación Capillune del plioceno superior, se le da una edad de Plioceno medio.

### **2.1.1.3. Depósitos cuaternarios**

#### **A. Depósitos Recientes (Holoceno)(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 detallado de estos depósitos ha sido llevado a cabo por Parker Gay Jr (1962).

#### **2.1.1.4. Rocas intrusivas**

Las rocas ígneas del área estudiada corresponden aproximadamente al 50% de afloramiento, diferenciadas según teniendo en cuenta en un primer término la cronología y en un 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.

La roca intrusiva predomina en la zona de estudio actuando como roca encajonante de los afloramientos de diques y vetas, las mayores exposiciones de rocas intrusivas se encuentran en los cuadrángulos de Jaqui y Cháparra.

Tenemos intrusivos (Mesozoicos - Cenozoicos) denominados intrusivos andinos estos comprenden rocas plutónicas y rocas hipabisales.

#### **A. Complejo bella Unión (Ks-an)**

La denominación corresponde a 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 porfíricas 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. Súper-unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi)**

La Súper unidad Linga, después de los gabros y granodioritas 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 Súper-unidad es la monzonita, pero tiene variaciones internas, aun con contactos definidos y discordantes entre

monzograbro, monzodiorita, tonalita, granodiorita; presenta las siguientes características texturales (AGAR, 1978); tamaño granular variable, plagioclasas tabulares verde pálidas, horblenda anhedral, poca biotita, y feldespatos potásico rojo.

**Edad de emplazamiento:** la Súper-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. Súper-Unidad Tiabaya (Ks-ti/to-gd, Ks-ti/di)

En el área de estudio, la Súper-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 Súper-Unidad Incahuasi; corresponde a la secuencia de mayor volumen en esta porción del segmento Arequipa, encontrándosele expuesto en el cuadrángulo de Jaquí.

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

**Edad de emplazamiento:** la Súper-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, Lámina GM\_01 Mapa geomorfológico regional).**

#### 2.1.2.1. Cadena costanera (M-Cc)

A partir de los 400 m.s.n.m., el perfil de los cerros se va haciendo cada vez más empinado y por lo tanto la topografía 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. Valles transversales (FA-Qt)

ríos Acarí, Yauca, Chala que drenan en dirección SW, 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 pueden 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 de estudio 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-hercínicas.

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 de estudio. **(Ver ANEXOS, Lámina GER\_01 Mapa Geológico Estructural Regional).**

#### 2.1.3.1. Sistema de fallas

Grandes fallas de rumbo E-W y NW-SE atraviesan los cuadrángulos estudiados, considerándose a las del primer sistema como las más antiguas. Aunque no siempre es fácil precisar el desplazamiento cuando estas se cruzan.

Muchas de las fallas han sido reactivadas y también al igual que los pliegues, han sufrido una deformación por la deflexión estructural antes indicada, es decir, una variación entre la dirección E-W y NW-SE.

A continuación, se hace una descripción somera de las grandes fallas que ponen en contacto unidades diferentes.

Falla del Atajo: es una falla normal vertical que ha sufrido reactivación por movimientos gravitacionales. Cruza diagonalmente el cuadrángulo de Chala en la dirección NW-SE, pasando al cuadrángulo de Yauca (Caldas, 1978).

En superficie, la traza de la falla es bien marcada, observándosele nítidamente tanto en la fotografía aérea como en el campo. Hacia el SE está afectada por una falla más moderna con dirección Rb: N10°W. y que corre a lo largo de la quebrada Huanaco.

La falla del Atajo debe haberse originado en el Cretáceo medio a superior, pues conjuntamente con la falla Lagunillas controlaron el emplazamiento de un cuerpo de monzonita cuarcífera. Posteriormente, en el Terciario se reactivó, lo mismo que la mayor parte de las fallas que tienen esta dirección. Su longitud reconocida es aproximadamente de 30 Km; el bloque norte ha subido poniendo en contacto a la monzonita cuarcífera con las rocas hipabisales del Complejo Bella Unión (Caldas, 1978), y con la Formación Chocolate.

#### **2.1.4. Metalogenia del Perú**

El Perú es un país que posee yacimientos de plata, plomo, zinc, cobre, oro, molibdeno, Fe, estaño, tungsteno, esta diversidad de minerales metálicos se formaron por procesos geológicos muy peculiares, conformado por eventos tectónicos, magmáticos, 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 Cretáceo, la Fase Peruana del Cretáceo 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 Mapa de Franjas Metalogenéticas del Perú**).

#### **2.1.4.1. Mapa metalogenético del oro en el Perú 2010**

El mapa metalogenético del oro es una representación segmentada a partir del mapa metalogenético del Perú presentado por Acosta et al, 2010. Este mapa presenta solo las 12 franjas que contienen tipos de operaciones y proyectos mineros de oro. Además, la nueva versión 2011 presenta el mapa con nuevos datos de proyectos mineros e información de producción, reservas y recursos por franjas metalogenéticas y tipos de yacimiento. La recopilación de producción de oro se ha formado de series históricas de Anuarios mineros del Ministerio de Energía y Minas, e informes inéditos hasta diciembre del 2010.

#### **2.1.4.2. Franjas metalogenéticas de oro**

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

La mayoría de sistemas de fallas que controlan las franjas metalogenéticas en el centro y sur del Perú, tienen orientaciones principales NW-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-Lipaca, 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 tiene 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 metalogenéticas del oro.

#### **2.1.4.3. IX franjas de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivo del 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 granitoide del Cretácico Superior del Batolito de la Costa. En las áreas de Trujillo y Canta los controles estructurales son las fallas secundarias NW-SE, N-S y NE-SW de los sistemas de fallas regionales NW-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. En Saramarca-Nazca-Ocoña, las estructuras mineralizadas están controladas por las fallas con orientaciones NW-

SE, N-S y E-W, 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 se 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.

**Tabla N° 01.** Composición química de las rocas ígneas

Óxidos	Porcentaje	Óxidos	Porcentaje
SiO <sub>2</sub>	59,14	K <sub>2</sub> O	3,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,34	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,08
CaO	5,08	H <sub>2</sub> O	1,15
Na <sub>2</sub> O	3,84	TiO <sub>2</sub>	1,05
FeO	3,80	Otros	0,30 c/u
MgO	3,49		

Fuente: Fisher, R. V. & Schmincke H.-U., (1984) Pyroclastic Rocks, Berlin, Springer-Verlag

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 concentraciones “anómalas” que de aquí en adelante denominaremos “yacimientos minerales”.

El otro factor importante a considerar es lo 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.

### **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, CO<sub>2</sub>, 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 expulsada de su fuente magmática se desplaza, lateral 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 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 rellorando con las sustancias que precipitan. Podría compararse este relleno con la forma como se deposita el sarro en una cañería, desde las paredes hacia el centro, hasta a obstrucción total.

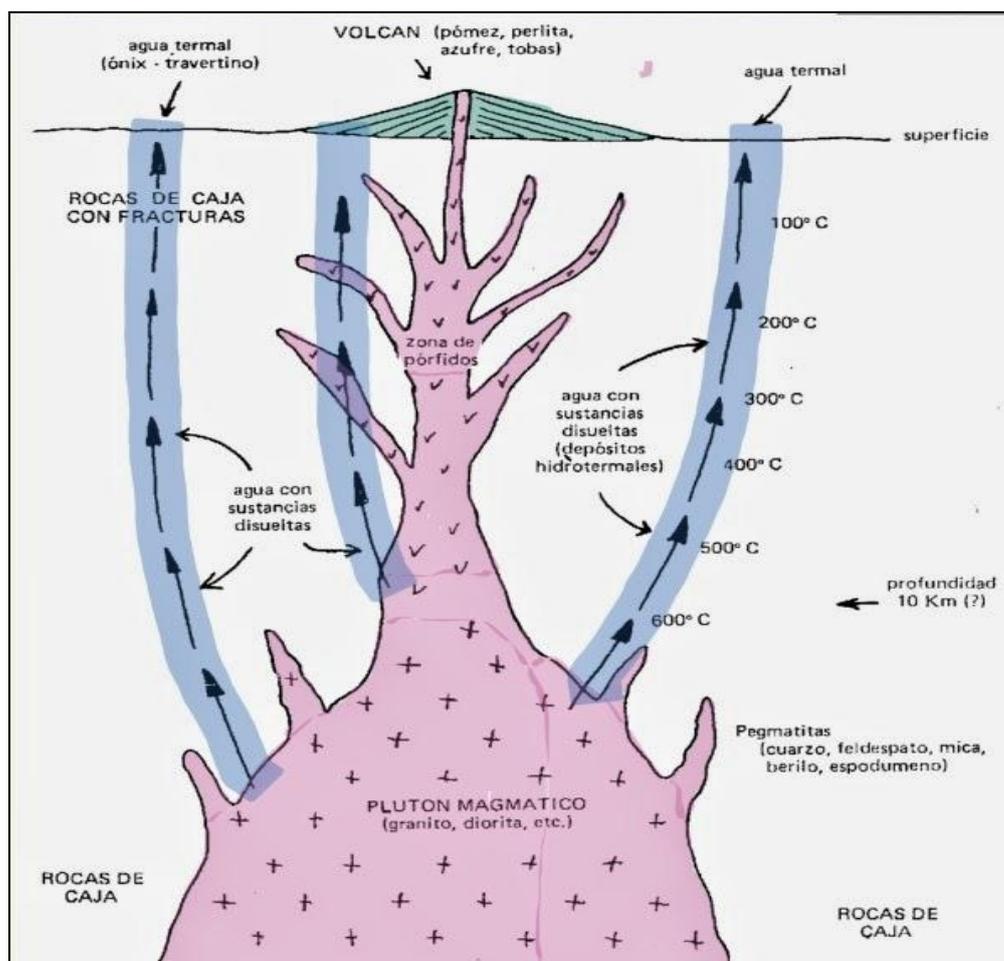
Los depósitos minerales que se producen por este mecanismo de relleno tienen la forma del conducto y, como la mayoría de los conductos son fallas y diaclasas, las formas más comunes son las vetas (cuerpos groseramente tabulares).

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 la particularidad de presentar una "Zonación", es decir una distribución en zonas con distintas mineralizaciones de acuerdo a la temperatura.



**Figura N° 01.** Esquema de yacimientos hidrotermales

Fuente: Internet ([www.alteracioneshidrotermales.pdf](http://www.alteracioneshidrotermales.pdf))

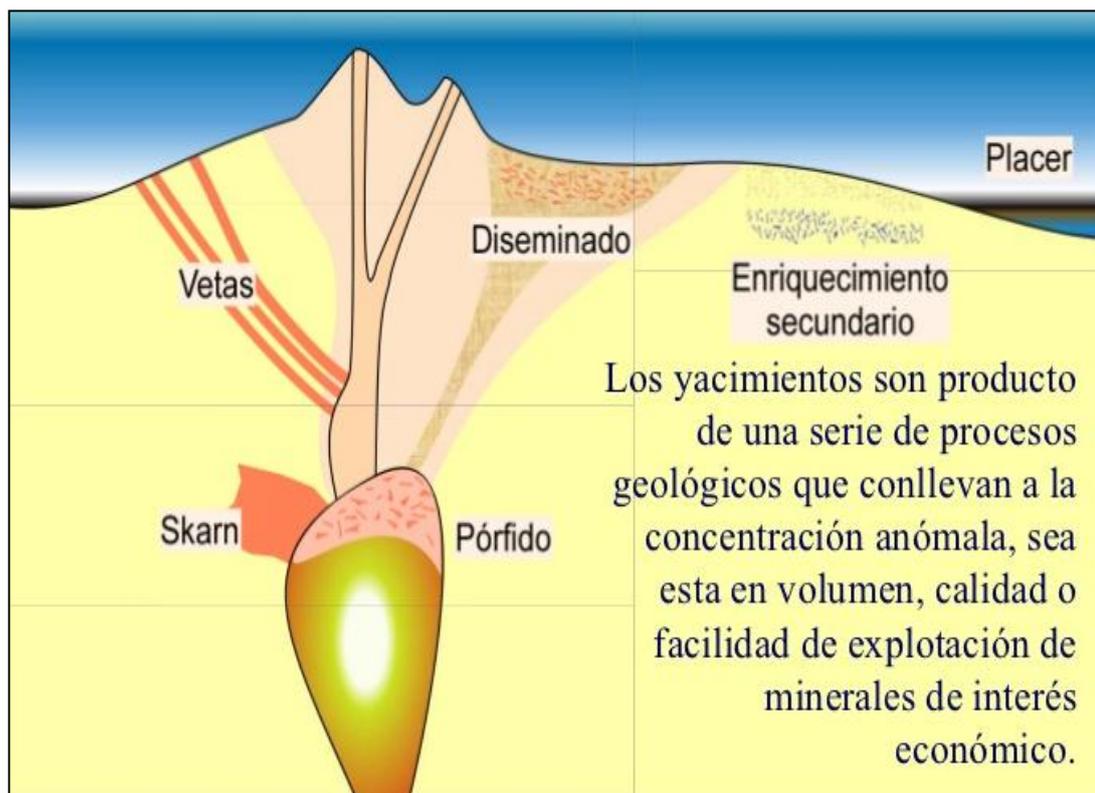
### 2.2.2.1. Principio de los yacimientos hidrotermales

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

De estos depósitos se obtienen la mayor parte del oro, plata, cobre, plomo y 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 distritos 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.

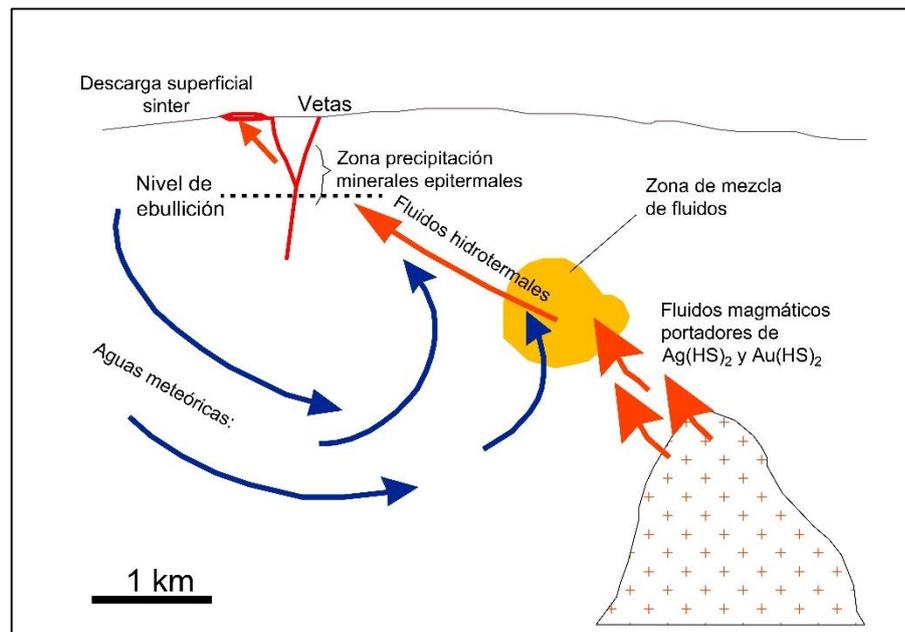


**Figura N° 02.** Tipos de yacimientos hidrotermales

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.



**Figura N° 03.** Esquema de soluciones hidrotermales

Fuente: Echevarría L; (Colorado, USA).

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-48222004000100007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222004000100007)

### 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 minerales extrañas 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.

Los diferentes tipos de aberturas en las rocas que pueden servir de receptáculos 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 substituciones 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.

**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.

#### **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) Cambio 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 silicatadas 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.

**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 varia 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 han sido alteradas 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 ferromagnésicos 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.

**Tabla N° 02.** Alteración de rocas encajonantes

YACIMIENTO	ROCA ENCAJONANTE	PRODUCTOS DE ALTERACIÓN	TIPO DE ALTERACIÓN	ENSAMBLE MINERALÓGICO
Epitermal	Caliza	Silicificación	Silicificación	cuarzo secundario
	Lavas	Alunita, Clorita, Pirita, Sericita, Arcillas.	Alunitización	Alunita-Opalo-cuarzo.
	Intrusivas ígneas	Clorita, Epidotita, Calcita, Cuarzo, Sericita, Arcillas.	Propilitización	Clorita-Epidota-Calcita-Pirita.
Mesotermal	Caliza	Silicificación, Jasperoide; Dolomías.	Silicificación	cuarzo secundario
	Pizarras, lavas	Silicificación, Arcillas.	Silicificación	cuarzo secundario
	Rocas ígneas sílicas	Sericítica, Cuarzo, Arcillas.	Sericitización	Cuarzo-Sericita.
	Rocas ígneas básicas	Serpentina, Epidota, Clorita.	Propilitización	Clorita-Epidota-Calcita-Pirita.
Hipotermal	Rocas graníticas; esquistos	Greisen, Topacio, Mica Blanca, Turmalina, Piroxenos, anfíboles	Turmalización	Cuarzo-Turmalina.

Fuente: Tomado de ([www.alteracionesderocas.pdf](http://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.

**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 fusión, los planos de exfoliación de los minerales, las brechas, las

junturas, 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 fisurales 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.

### 2.2.3. Tipos de depósitos hidrotermales

De acuerdo con la temperatura de formación los yacimientos hidrotermales fueron divididos por W. Lindgren, 1931, en: hipotermales (400-300°C), mesotermales (300-200°C), epitermales (200-100°C) y teletermales (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 (Broken Hill, Sullivan, Noranda, Timmins, etc.), realizada en el año 2001, la clasificación de los yacimientos hidrotermales quedo de la siguiente manera:

- ✓ Hipotermales.....Desaparecen.
- ✓ Mesotermales.
  - 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 son aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de 1 a 2 Km de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes. Los fluidos se estiman en el rango desde <math>100^{\circ}\text{C}</math> hasta unos  $320^{\circ}\text{C}</math> y durante la formación del depósito estos fluidos hidrotermales pueden alcanzar la superficie como fuentes termales. Los depósitos Epitermales se encuentran de preferencia en áreas de volcanismo activo alrededor de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y los más importantes son los de metales preciosos (Au, Ag), aunque pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn, Bi, etc.$

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 a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración”, los cuales son más oxidados y ácidos. Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre. En los de alta

sulfuración el azufre se presenta como  $S^{4+}$  en forma de  $SO_2$  (oxidado) y en los de baja sulfuración como  $S^{-2}$  en forma de  $H_2S$  (reducido).

### 2.2.3.2. Depósitos mesotermales

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

Generalmente están asociados estos depósitos con 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, Argentita, Rejalgar, Oropimente, Galena, Blenda, Pirita, Calcopirita, Wolframita, Fluorita, Petchblenda, Enargita, Tetrahedrita, Tenantita; 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 se pueden formar 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 la zona 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.

**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 encuentra 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 rellena por mineral y separado por cajas de roca estéril y el conjunto se explota como un solo filón.

**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 centenar 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 limitadas por fallas locales que rompen su secuencia de emplazamiento.

#### **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 anteriores considerados ganga.

### **2.2.6. Recurso**

Es toda concentración u ocurrencia de mineral contenida en un área específica dentro de la corteza terrestre, cuyo límite y características geológicas, así como tonelaje y ley, se establecen bajo razonables consideraciones técnicas, que justifiquen un probable beneficio económico, bajo métodos y técnicas conocidas, así como consideraciones de precios que se asuman puedan soportar dicho beneficio. Este mineral es, asumido con proyecciones futuristas. “Todos los metales, minerales y, rocas, que pueden ser utilizados por el hombre y que existen en el suelo y subsuelo.

### **2.2.7. Reserva**

Es la parte económicamente minable de un Recurso mineral, puede ser Medido o Indicado. Es el resultado de la aplicación de los correspondientes “Factores de Modificación”, que incluyen principalmente, material diluido y,

perdidas toleradas durante la explotación, todo ello de acuerdo a un escenario productivo, tecnológico y de sustentabilidad. Otra definición: Reserva, es todo material mineral que se considera explotable bajo las condiciones existentes incluyendo costo, precio, tecnología y circunstancias locales.

### **2.2.8. Cubicación y cálculos de reservas**

Una vez extraído y analizado las muestras tomadas con sus respectivas leyes medias correspondientes, se procede a la dedicada 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.

#### **2.2.8.1. 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.

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.

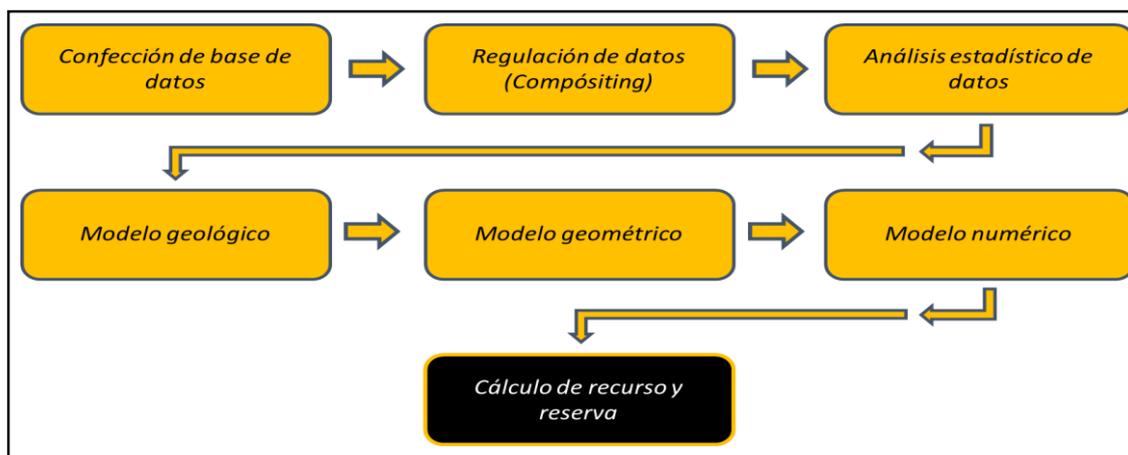
## **B. Métodos modernos o geoestadísticos.**

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° 01. Métodos geoestadísticos**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.8.2. 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.

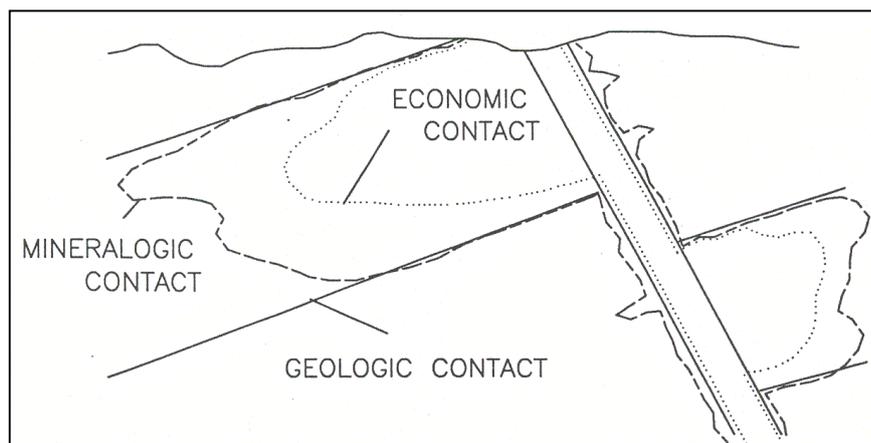
Define los límites litológicos y/o estructurales de una determinada zona de mineralización.

#### 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 económicos 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).

## 2.2.9. Inventario de recursos y reservas minerales

### 2.2.9.1. 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.

### 2.2.9.2. 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.

### **2.2.9.3. 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.

### **2.2.9.4. 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 recurso 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.

#### **2.2.9.5. 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 méritos 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 los 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, geológicas, 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 pro pérdidas en la explotación del material.

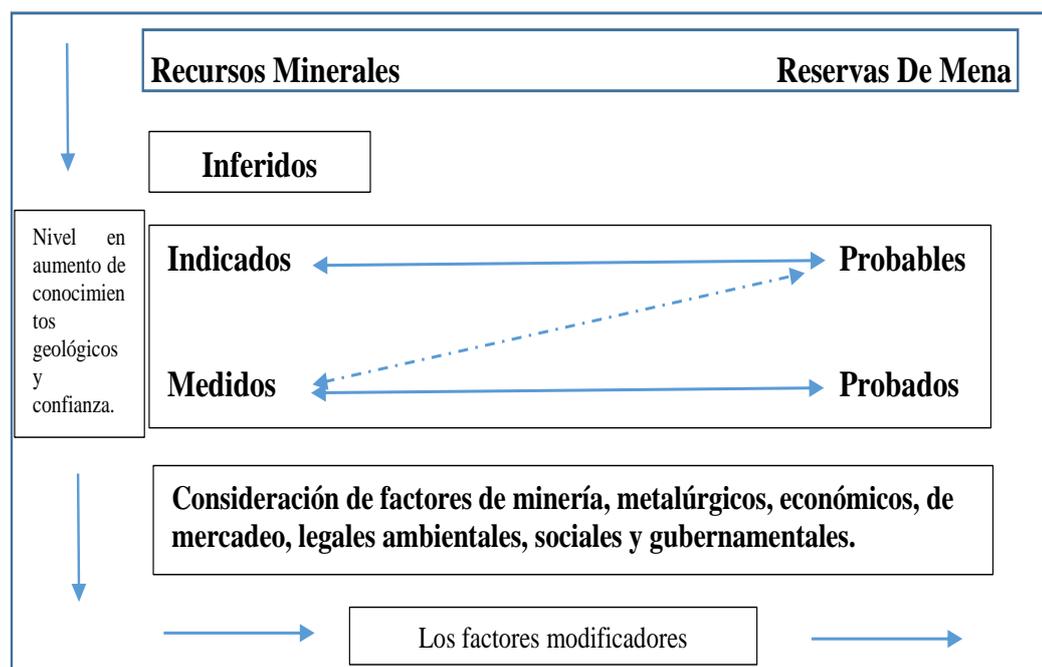
**d.1.1. Reserva mineral probable.**

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° 02.** Principios 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”

### 2.2.10. Estimación e inventario de recursos y reservas de la mina FIDAMI

La estimación e inventario de recursos del yacimiento aurífero Mina FIDAMI, Sancos –Lucanas-Ayacucho, está compuesto de:

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

En la operación o producción el 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 de un proyecto pueden convertirse en reservas minerales parcial o totalmente.

#### **2.2.10.1. 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.

Acorde con lo mencionado, en FIDAMI 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 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.

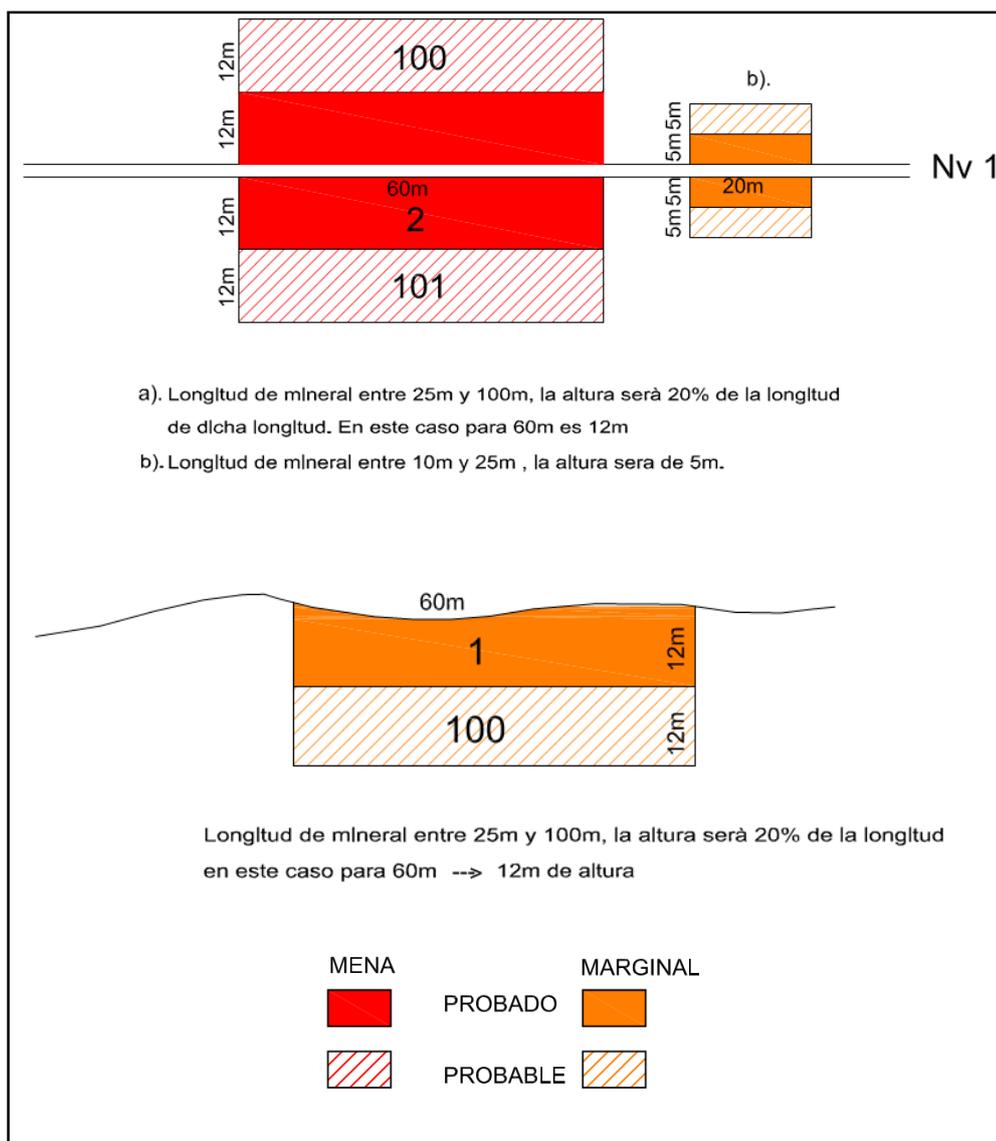
La categoría de Reserva Mineral Probado implica el más alto grado de confianza y certeza en la estimación, con las expectativas consiguientes que se puedan formar los lectores del informe.

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.

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 10m y 25m, la altura será de 5m (**Figura N° 05**); para longitudes entre 25m y 100m, la altura será el 20% de esa longitud (**Figura N° 05**); y para longitudes mayores a 100m, la altura será de 20m. (**Figura N° 06**). Cuando hay 2 o más bloques contiguos con valores de Mena o de Marginal, pero de diferente ley (uno con más leyes que el otro), para definir la altura, se tendrá en cuenta la suma de las longitudes correspondientes.

Estas medidas son aplicables si no se tienen sondajes complementarios ni interpretación geológica (estructural, mineralógica y curva de isovalores), ni definición de rangos verticales de la mineralización, ni estudios geoestadísticos, etc. Por ejemplo, si el fracturamiento pre-mineral a lo largo del cual se emplazó la mineralización, tuvo movimiento horizontal o vertical o ambos, el rango vertical de mineralización estaría relacionado a este aspecto, por lo que las alturas de los bloques de una sola labor estarían supeditado a la interpretación respectiva.



**Figura N° 05. Bloques probados para 1 labor**

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

Para dos o más labores, que limitan los bloques, se muestran como ejemplo en la (**Figura N° 06**). Cuando hay sondajes complementarios la altura de Bloques tanto Probados como Probables serán mayores que si no los hubiera.

El Coeficiente de Certeza para el Mineral Probado es de 100%.

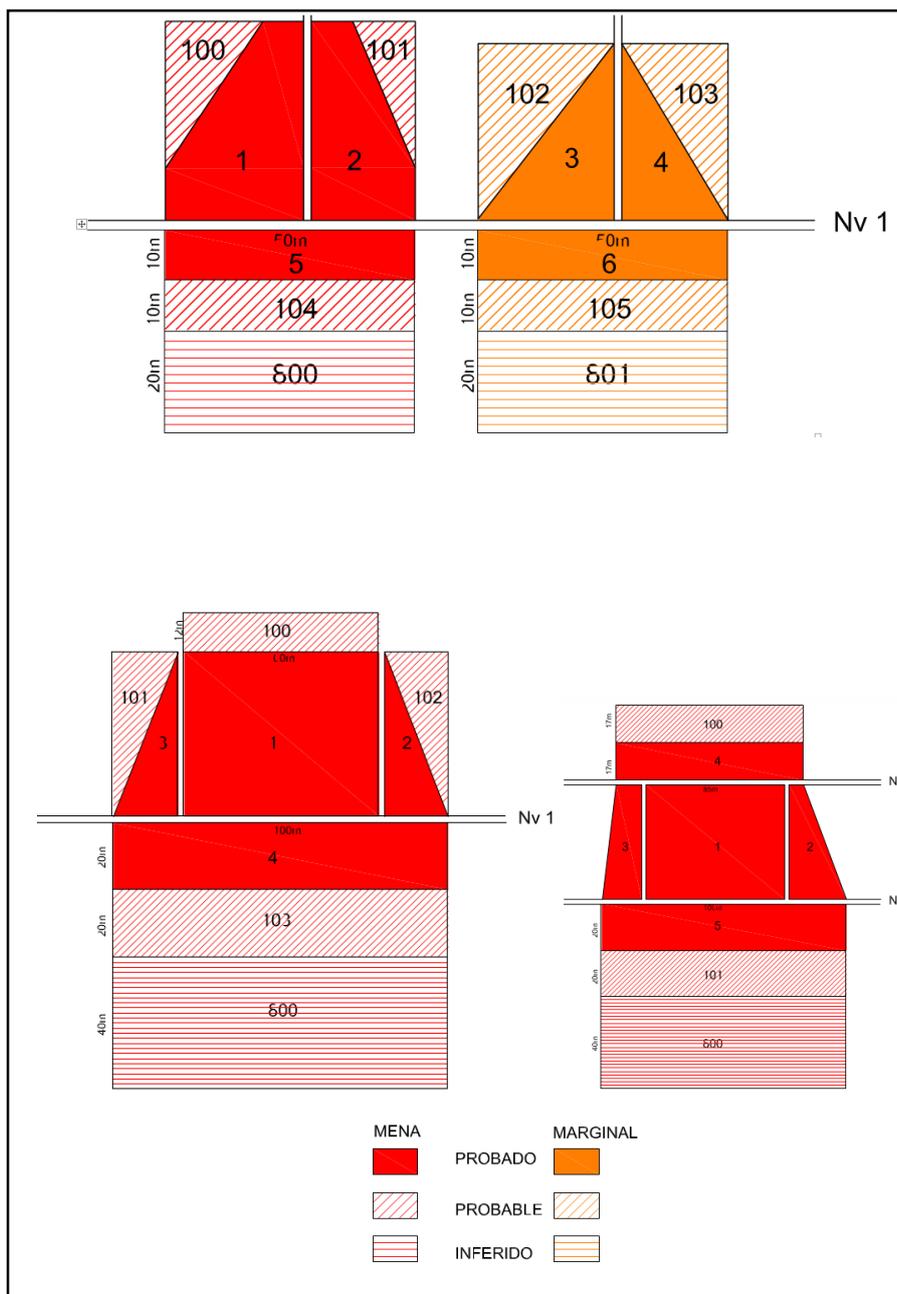


Figura N° 06. Bloques probados para 2 o más labores

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

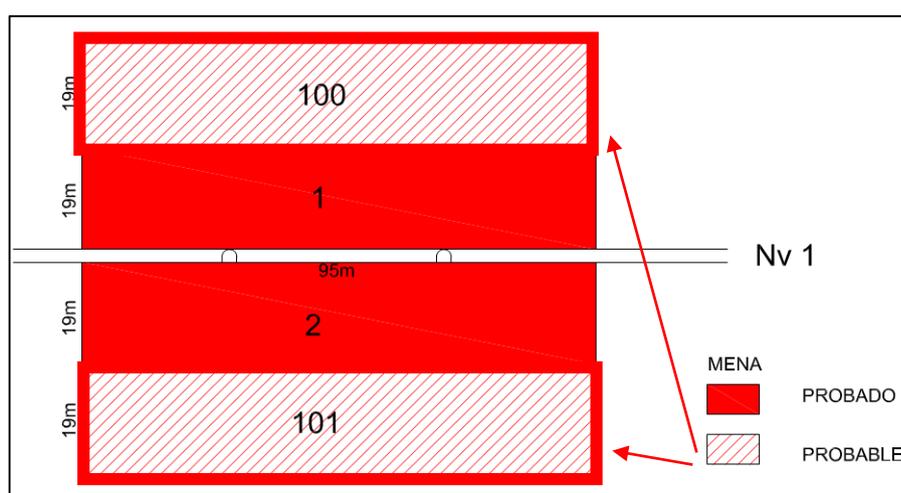
### a.2. Reserva Mineral Probable.

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, rajos, 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. Los Bloques Probables se pintan achurados con líneas inclinadas a la izquierda, del color correspondiente a su valor.



**Figura N° 07.** Bloques probables

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

**b) Clases de reservas minerales según su valor.**

De acuerdo al Valor las Reservas Minerales se clasifican como sigue:

**b.1. Reserva mineral de mena.**

Es una Reserva Mineral que siempre genera utilidades, cuyo valor excede todos los siguientes gastos:

- i.* Costo de Producción (Incluye depreciación y amortización).
- ii.* Gastos de Venta.
- iii.* Gastos Administrativos.
- iv.* Gastos Financieros.
- v.* Regalías (si es que la tienen, es el 10% u otro porcentaje, de la suma de i, ii, iii y iv).

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 rojo.

**b.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 el cual es el 10% de la suma de i+ii+iii+iv.

El Mineral Marginal se presenta en cuadros aparte, de modo que cuando se planea explotarlo se sepa su tonelaje y ley, con el cual se puede hacer una mezcla adecuada con el Mineral de Mena, debiendo ser el promedio de ley mayor que el Cut-Off de Mena.

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

**c) Clases de reservas minerales según su 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/o desarrollados por labores subterráneas (galerías, chimeneas, sub-niveles) y/o complementados por sondajes, que generalmente están listos para entrar a la etapa de preparación y su consiguiente explotación económicamente.

**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, 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/o rehabilitación (costos de desarrollo) para hacerlos accesibles, están cubiertos por el saldo entre el valor de dichos bloques y los costos totales.

#### **2.2.10.2. 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 “perspectivas razonables 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 “perspectivas razonables 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 y/o Marginal.

Los recursos minerales se les clasifican como sigue:

**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, rajos, 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.

El nivel de confianza geológica y el grado de certeza del Recurso Mineral Medido es similar al requerido para la determinación de Reserva Mineral Probado.

Si se eliminan las incertidumbres en los factores modificantes un Recurso Mineral Medido puede convertirse en 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.**

Es aquella parte de un Recurso Mineral cuyo tonelaje, ley, densidad, forma, tamaño y otras características geológicas pueden ser estimados 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.

El nivel de confianza geológica y el grado de certeza del Recurso Mineral Indicado es similar al requerido para determinar una Reserva Mineral Probable. Si se eliminan las incertidumbres en los factores modificantes un Recurso Mineral Indicado puede convertirse en Reserva Mineral Probable. El Coeficiente de Certeza de este mineral es entre 90% y 100%.

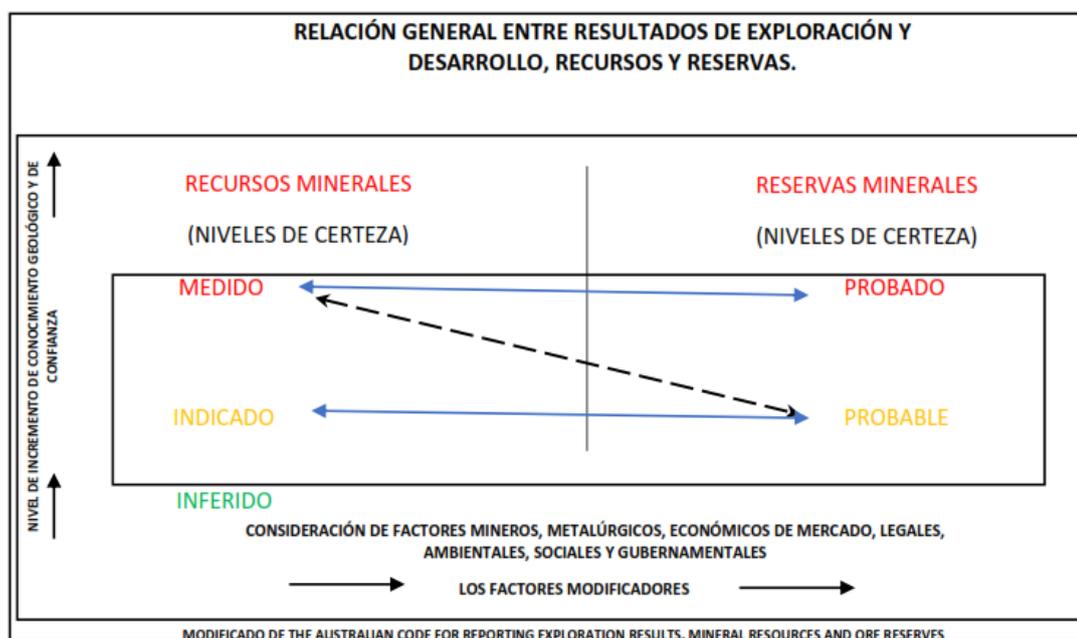
En Proyectos Brownfield de una mina en Producción, en la estimación de este Recurso, se puede utilizar las mismas Leyes Mínimas de Explotación consideradas en la evaluación de Reservas de la Mina, siempre y cuando sean de mineralizaciones similares.

**c) Recurso Mineral Inferido (Prospectivo o Posible).**

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, y 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, rajos, 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/o 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 (ver **Cuadro N° 03**).

**Cuadro N° 03.** Estimación de recursos y reservas

Fuente: E.M.F.S.A. Informe Interno.

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

- i. Diagramas de Curvas de Isovalores.
- ii. Aislados sondajes.
- iii. Áreas de influencia de Recursos Indicados o de Reservas Probables.
- iv. Indicios de buena valorización en afloramientos con muestreos muy espaciados en trincheras, labores, rajos, etc.

Generalmente se les dimensionan en la extensión inmediata no explorada de 1 o varios bloques de Reservas Probables o de Recursos Indicados con valores de Mena o Marginal. Asimismo, se delimitan con la información de uno o más sondajes muy espaciados y/o combinando ambas situaciones. Otras veces se delimitan a partir de afloramientos muestreados en trincheras y cateos,

en los cuales los resultados de los muestreos dan información sobre la existencia de mineralización económica hacia abajo. Si se tuviera un solo sondaje muy aislado, sin relación a bloques Probables o Indicados o a afloramientos bastante anómalos, éste no generaría un Recurso Inferido.

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/o 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.

Referente al Coeficiente de Certeza aplicable al tonelaje del Recurso Inferido, se sugiere dos rangos:

- ✓ Cuando el Bloque Inferido está ubicado en la continuación de un Bloque Probable, pero con información de muestreos de sondajes, de labores (correspondientes al Bloque Probado respectivo) o de afloramientos respectivos, el Coeficiente de Certeza será entre 50% y 70%, lo que depende de la regularidad de la mineralización y de la cantidad y/o espaciamiento de los lugares de muestreo.
- ✓ Cuando el Bloque Inferido está situado solamente en la continuación de un Bloque Probable o sea que no hay sondajes, o si los hay son escasos, en cuyo caso las muestras son también escasas, o sea que su delimitación está basada en la interpretación estructural y mineralógica principalmente, el Coeficiente de Certeza será entre 30% y 50%.

- ✓ Algunas veces, cuando se tienen escasos sondajes (uno ó dos) que no están dentro la influencia inmediata de bloques probables ni de afloramientos, en vetas con estructuras en Rosario como en las se ven claramente clavos y clavitos de continuidad vertical o subvertical entre niveles, se podría dimensionar un Bloque Inferido de ancho igual al promedio de anchos de los clavos conocidos de cada veta, asimismo la altura sería igual a mitad del promedio de alturas de los clavos de las respectivas vetas. En este caso el coeficiente de Certeza será de 30% o menor.
- ✓ Espacialmente análogamente al caso anterior, pero teniendo más de dos sondajes correlacionales, se definirán Bloques Inferidos con anchos y alturas que dependan de las influencias del conjunto de esos sondajes y de la interpretación geológica. El Coeficiente de Certeza será de 30% o menor.

Los Bloques de Recursos Minerales Inferidos se achuran con líneas horizontales del color de mena o marginal según el caso.

### **2.2.10.3. Otros minerales (No reservas ni recursos)**

Estos Otros Minerales que vamos a mencionar 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.**

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:

- i.* Presencia de Recurso Mineral Inferido en cuya extensión puede dimensionarse.
- ii.* Curvas de Isovalores y/o rangos verticales de mineralización que se extiendan fuera del Recurso Inferido.
- iii.* Controles Lito estructurales.
- iv.* Anomalías geofísicas y/o geoquímicas que se correlacionan bien con la geología superficial.
- v.* 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, ensambles y alteraciones favorables, valores anómalos interesantes, y estructuralmente sean de interés y correlacionables con anomalías geofísicas y/o geoquímicas. En este caso se puede asumir la presencia de Mineral Potencial en profundidad con mineralización económica y/o 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. En este caso 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 geostadística, profundización de estructuras vecinas, 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/o 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 en Rosario en los que los clavos mineralizados son verticales o subverticales, se pueden dimensionar Bloques Potenciales a

partir del sondaje, con anchos igual al promedio de anchos de los clavos conocidos, y altura igual a la mitad del promedio de las alturas de los clavos respectivos.

Respecto al Coeficiente de Continuidad y Certeza del Mineral Potencial se sugiere aplicar dos rangos al tonelaje:

- ✓ Cuando el Bloque Potencial está en la continuación de un Bloque Inferido, pero con información de muestreos de sondajes, de labores (correspondientes al Bloque Probado respectivo), o de afloramientos respectivos, el Coeficiente de Continuidad y Certeza será entre 40% y 50% y dependerá de las evidencias geológicas favorables que se tiene.
- ✓ Cuando el Bloque Potencial está solamente situado en la extensión del Bloque Inferido o sea no hay sondajes, o si los hay en el Bloque Inferido son escasos, en cuyo caso las muestras son también escasas, o sea que su delimitación está basada en la interpretación estructural y mineralógica. El Coeficiente de Continuidad y Certeza será entre 25% y 50%.

Este mineral no constituye ni Reservas ni Recursos y sus bloques tendrán un achurado de líneas verticales con el color correspondiente a Mena o Marginal, según el caso. Si bien este mineral no constituye ni Reservas ni Recursos, su presencia indica la magnitud y posible vida operativa de un yacimiento.

No hay Mineral Potencial con valores de submarginal ni de Baja Ley.

**b) Según el valor.****b.1. 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. En los planos se les pinta de color 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 y cuyo Límite Mínimo es menor que el costo de Producción. En los planos se coloreará de verde.

No hay Mineral Inferido ni Mineral Potencial para este Mineral.

**c) Según la accesibilidad.****c.1. 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 ubicados debajo de una laguna, o los situados en zonas cuya explotación afectará a instalaciones cercanas a piques, 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.

En los planos no se les colorea.

### 2.2.10.4. Simbología del inventario de minerales

Se refiere a la representación 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° 04**).

**Cuadro N° 04.** Simbología de inventario de minerales

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

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

### 2.2.10.5. Bloqueo de mineral

Una vez determinadas las Leyes Mínimas (Cut-Offs) para cada tipo de mineral de acuerdo a su valor (Mena, Marginal, Submarginal y Baja Ley), se procederá 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 ancho de muestras, y también disponer de los planos de muestreo.

#### a) 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.1. 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:

$$\frac{\text{Suma de Ancho de Muestra x Ley}}{\text{Suma de Anchos de Muestra}} = \text{Ley Promedio del Canal}$$

**a.2. 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.

**a.3. 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-Offs determinados, de modo si su ley pueda corresponder a valor de Mena, Marginal, Submarginal, o Baja Ley, para luego definir que 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 5 canales como Mineral Submarginal o Baja Ley según el caso.

**a.4. 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, pueden 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.

#### **a.5. Cálculo del Ancho y Leyes de muestras de un Tramo.**

En estructuras angostas el cálculo de anchos y leyes pueden hacerse por el método tradicional, antes de definir el tamo, 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:

$$\text{Ancho promedio diluido del tramo} = \frac{\Sigma \text{Anchos Diluidos de Canales}}{N^{\circ} \text{ Canales}}$$

$$\text{Ley promedio diluido del tramo} = \frac{\Sigma \text{Ancho de canales} \times \text{Ley Diluida de Canales}}{\Sigma \text{Anchos diluidos de Canales}}$$

#### **b) 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-Offs 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.

#### **b.1. Dimensión de Bloques.**

- ✓ El caso más simple es cuando el mineral ha sido desarrollando 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 FIDAMI, se ha establecido lo siguiente:

- Los Bloques tendrán una longitud mínima de 5m., para mineralización de oro.
- El Mineral Probado (o el Mineral Medido) con longitudes entre 10m y 25m tendrá una altura de 5m (**Figura N° 05**); los de 25m a 100m, tendrán el 20% de la longitud correspondiente (**Figura N° 05**); y para longitudes mayores a 100m la altura será 20m. (**Figura N° 06**).

- 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 menor que el mismo.
- El Recurso Inferido, en el caso que esté en la continuación del Mineral Probable (o del Indicado), podrá tener una altura igual a la suma de las alturas de los bloques probados y probables.
- El mineral potencial, en caso que esté en la continuación del Recurso Inferido, tendrá una altura igual que aquel.
- 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, 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 sondeos muestran valores de interés económico, claro que no todos, pueden estimarse ya sea Reservas Minerales o Recursos Minerales.

### **b.2. 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-offs correspondientes y las leyes promedios 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 con estructura tabular, primero se debe determinar su volumen para lo cual se calcula el área del bloque en sección longitudinal (muchas veces con planímetro) y el ancho promedio diluido respectivo como se mencionó antes; entonces para calcular el volumen se utiliza la fórmula:

$$\text{Volumen} = \text{Área del bloque} \times \text{Ancho promedio Diluido}$$

Del 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:

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

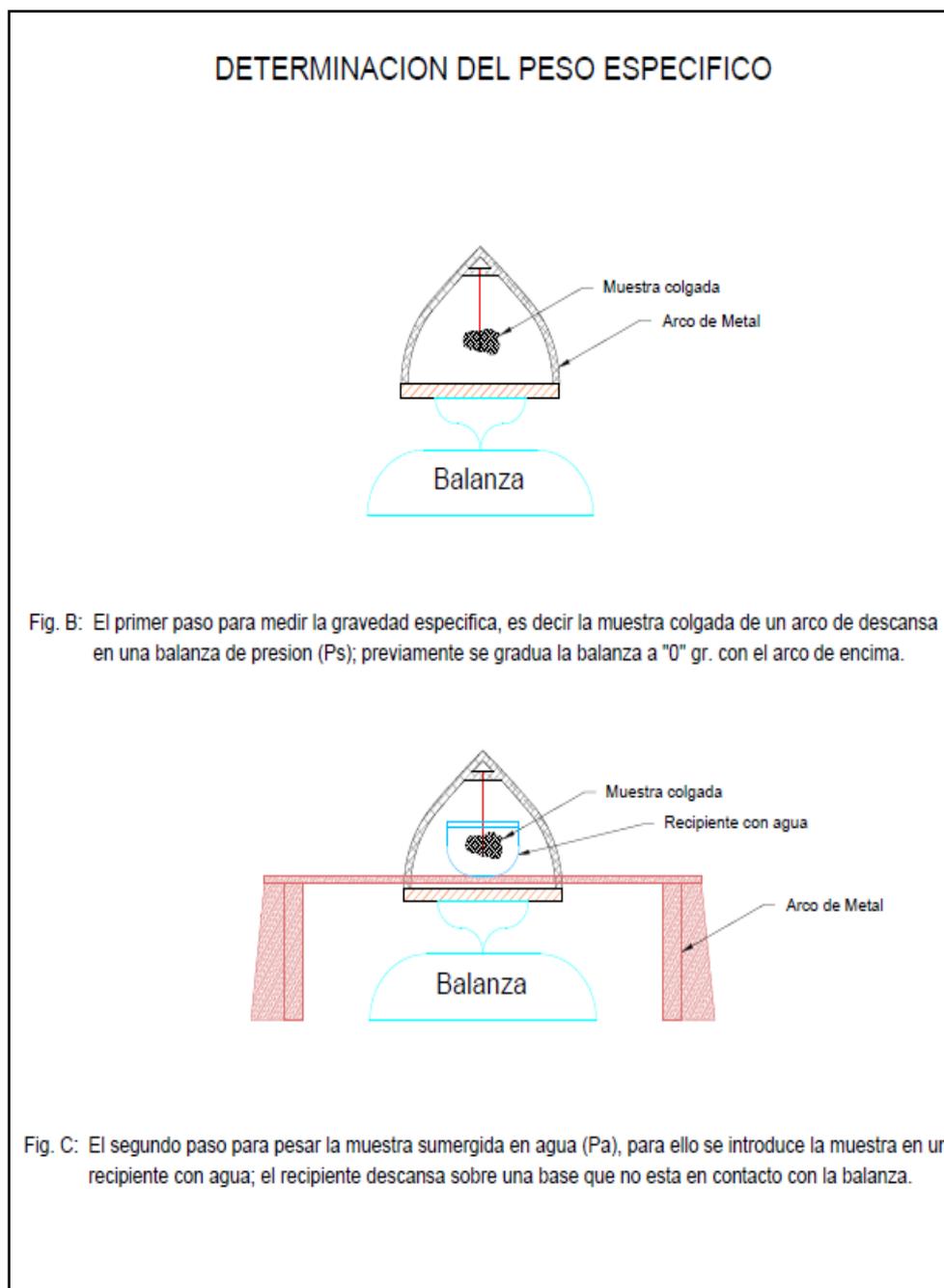
Para el peso específico de los minerales en la U.E.A. Mina FIDAMI se considera solo un valor promedio que es 2.80, tanto para minerales de sulfuro y óxidos.

El proceso para medir el Peso Específico de los minerales de las minas en general es:

- ✓ Tomar varias muestras de cada zona mineralizada (sulfuros y óxidos).
- ✓ Pesar cada muestra colgada en un marco de metal en una balanza de precisión. A este peso se le denomina **Ps**. (Figura B del **Cuadro N° 05**).
- ✓ Pesar 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 N° 05**).

A esta medida se le denomina **Pa**; luego se aplica la fórmula:

$$\text{Peso Específico} = \frac{Ps}{Ps-Pa}$$

**Cuadro N° 05.** Esquema de determinación de peso específico

Fuente: E.M.F.S.A. Informe interno.

**b.3. 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).

#### **b.4. Codificación de Datos.**

Esta información se registra en una Tarjeta de Inventario de Minerales (**Tabla N° 03 y 04**) (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, Factor de tonelaje, Referencias, Longitud, Ancho de estructura, Leyes, Ancho diluido, Leyes diluidas.

Ejemplo de una Tarjeta de Inventario de Minerales se da en la **tabla N° 03 y 04**.

**Tabla N° 03.** Modelo de tarjeta de bloqueo sin dilución

<b>CÁLCULO DE RECURSOS</b>											
<i>Block: 1</i>			<i>Veta: Perico</i>				<i>Calculado: Y.</i>				
<i>Castillo</i>											
<i>Nivel: 2311</i>			<i>Fecha: 05-Nov-16</i>				<i>Revisado: J. Murillo</i>				
<i>Labor: Gal 678</i>											
Fecha					Ensayes		E	Prom. Canales		B	Cálculos preliminares
	Canal	Dist	L	COD.	Ancho	g/t Au		Ancho	g/t Au		
28/07/2015	1	F/ch+	2	Z00000228	0.15	1.08		0.15	1.08		<b>Cub. Block 1</b>
28/07/2015	2	F/ch+	4	Z00000229	0.25	0.11		0.25	0.11		De 1
28/07/2015	3	F/ch+	6	Z00000230	0.15	12.65		0.15	12.65		A 24
28/07/2015	4	F/ch+	8	Z00000231	0.10	25.59		0.10	25.59		Long 25
28/07/2015	5	F/ch+	10	Z00000232	0.30	12.90		0.30	12.90		Ancho 0.17
28/07/2015	6	F/ch+	12	Z00000233	0.10	4.25		0.10	4.25		g/TM Au 19.07
28/07/2015	7	F/ch+	14	Z00000240	0.20	27.30		0.20	27.30		
28/07/2015	8	F/ch+	16	Z00000241	0.10	0.40		0.10	0.40		
28/07/2015	9	F/ch+	18	Z00000242	0.20	0.97		0.20	0.97		
28/07/2015	10	F/ch+	20	Z00000243	0.20	9.05		0.20	9.05		
28/07/2015	11	F/ch+	22	Z00000244	0.15	16.33		0.15	16.33		
28/07/2015	12	F/ch+	24	Z00000245	0.20	17.48		0.20	17.48		
28/07/2015	13	F/ch+	26	Z00000246	0.20	82.80		0.20	82.80		
28/07/2015	14	F/ch+	28	Z00000247	0.20	22.27		0.20	22.27		
28/07/2015	15	F/ch+	30	Z00000248	0.20	1.24		0.20	1.24		
28/07/2015	16	F/ch+	32	Z00000249	0.10	0.20		0.10	0.20		
28/07/2015	17	F/ch+	34	Z00000250	0.20	0.79		0.20	0.79		
28/07/2015	18	F/ch+	36	Z00000251	0.20	15.70		0.20	15.70		
28/07/2015	19	F/ch+	38	Z00000252	0.20	21.89		0.20	21.89		
28/07/2015	20	F/ch+	40	Z00000253	0.20	18.10		0.20	18.10		
28/07/2015	21	F/ch+	42	Z00000254	0.10	12.81		0.10	12.81		
28/07/2015	22	F/ch+	44	Z00000255	0.05	7.34		0.05	7.34		
28/07/2015	23	F/ch+	46	Z00000283	0.20	3.86		0.20	3.86		
28/07/2015	24	F/ch+	48	Z00000284	0.05	2.57		0.05	2.57		
28/07/2015	25	F/ch+	50	Z00000285	0.20	61.20		0.20	61.20		
28/07/2015	26	F/ch+	52	Z00000286	0.20	33.00		0.20	33.00		

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

**Tabla N° 04.** Modelo de tarjeta de bloqueo con dilución

Leyes corregidas		Dilución Techo		Dilución Piso		Leyes diluidas		B	Cálculos	
Ancho	g/t Au	Ancho	g/t Au	Ancho	g/t Au	Ancho	g/t Au		Promedio Diluido	
0.15	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.81		<b>Cub. Block 1</b>	
0.25	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.14		De	1
0.15	12.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	9.49		A	24
0.10	25.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	12.80		Long	25
0.30	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	19.35		Ancho	0.20
0.10	4.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.13		g/TMAu	17.05
0.20	27.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	27.30			
0.10	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20			
0.20	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.97			
0.20	9.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	9.05			
0.15	16.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	12.25			
0.20	17.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	17.48			
0.20	82.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	82.80			
0.20	22.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	22.27			
0.20	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.24			
0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.10			
0.20	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.79			
0.20	15.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	15.70			
0.20	21.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	21.89			
0.20	18.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	18.10			
0.10	12.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	6.41			
0.05	7.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.84			
0.20	3.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	3.86			
0.05	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.64			
0.20	61.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	61.20			
0.20	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	33.00			

Fuente: E.M.F.S.A. y 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:

Localidad: cada unidad tiene su localidad.

Mina: cada mina tiene su 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. Sub marginal.
4. Baja ley.

N° de Bloque: Con el que se designa al Bloque.

Cota del Bloque: Correspondiente al punto centro del Bloque.

Nivel: de acuerdo a la ubicación de la labor.

Año: correspondiente al año de cálculo.

Área: la calculada en m<sup>2</sup> utilizando dos decimales.

#### En Leyes Diluidas.

Referencias: labores que conforman el Bloque.

Longitud: longitud de los tramos de la labor.

Ancho de estructura diluida: Ancho de la estructura + dilución.

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

#### Procesamiento computarizado.

Las informaciones registradas en las tarjetas de bloqueo son procesadas utilizando una serie de plantillas de Excel 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, 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.

**Tabla N° 05.** Ingreso de base de datos-estimación de recursos

CUBICACION AL 31 de Noviembre 2015																								
HOJA DE CALCULOS																								
VETA: Valentin																								
ZONA: FIDAMI																								
CLAVO:																								
<table border="1" style="float: right; margin-left: auto;"> <tr><td>3.500</td><td>Inferido</td></tr> <tr><td>7.500</td><td>Baja Ley</td></tr> <tr><td>8.500</td><td>Indicado</td></tr> <tr><td>12.000</td><td>Medido</td></tr> </table>														3.500	Inferido	7.500	Baja Ley	8.500	Indicado	12.000	Medido			
3.500	Inferido																							
7.500	Baja Ley																							
8.500	Indicado																							
12.000	Medido																							
Nivel	Block	Referencia Labor	SIN DILUIR			DILUIDO			Altura block m.	Area m2	Buza m.	Area Corregida	T.M.S.	Observacion	Nivel	Block	Poten	g/t Au	T.M.S.	Clasificación del Mineral				Event. Acces
			Pot. m.	Ley g/t Au	Long. m.	Pot. m.	Ley g/t Au	valor												Certeza	Acceso	Operativo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	2005	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	1950	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probable	Acces.	2005	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	2005	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probable	Acces.	2005	corto plazo		
								0.00	60	0	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	1950	corto plazo		
								0.00	75	0	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	1950	corto plazo		
								0.00	68	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probable	Acces.	1950	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	1950	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Acces.	1950	corto plazo		
								0.00	60	0.00	0		0	0	0.00	0.00		Blanco	Probado	Ev. Acces.	1950	corto plazo		

Fuente: E.M.F.S.A. Informe Interno.

### 2.2.11. 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 términos 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 circula 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.

#### **2.2.11.1. 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 de 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 de existir:

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

- ✓ Preservación.

### 2.2.11.2. 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 volcánicas 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.

### 2.2.11.3. 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 continuamente, en realidad los minerales de alteración no se presentan individualmente, sino que forman 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 tomo para lograr un equilibrio termodinámico entre la roca y el fluido.

### **2.2.12. Los Cimoides**

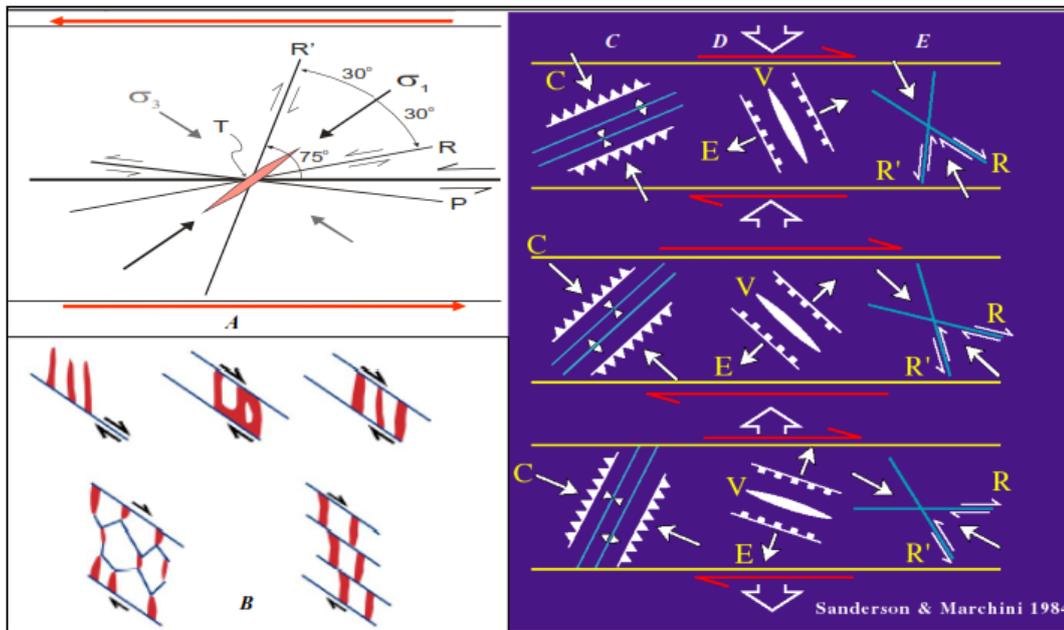
Conocidos también como vetas o filones lenticulares. Ocurren cuando una falla de desplazamiento se divide en dos ramales, desviándose una lateralmente formando una curva cimoides, mientras que la otra continúa en línea recta durante una corta distancia para luego describir una curva similar y reunirse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

### 2.2.13. Sistema de fracturamiento en una zona de cizallamiento-modelo de Riedel

Closs y 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  $45^\circ$  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  $45^\circ$  con el cizallamiento principal y perpendiculares a las fracturas de tracción T. Determinadas por Wilson (1970).
- ✓ Desarrollo de esquistocidad perpendicular a los planos de fracturas de tracción

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° 08.** Modelo de fracturamiento RIEDEL

Fuente: Modelo de fracturación (modificado Quispe, 2006). A) Modelo de fracturación de Ridel, 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 Transtensión. D) Zona de Transgresión E) Ejes de compresión sistema de fallas conjugadas.

#### 2.2.14. 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 (Figura 3C). Mientras que, si el movimiento fuese dextral se producirían ejes de pliegues y fallas inversas, llamadas zonas de transpresión.

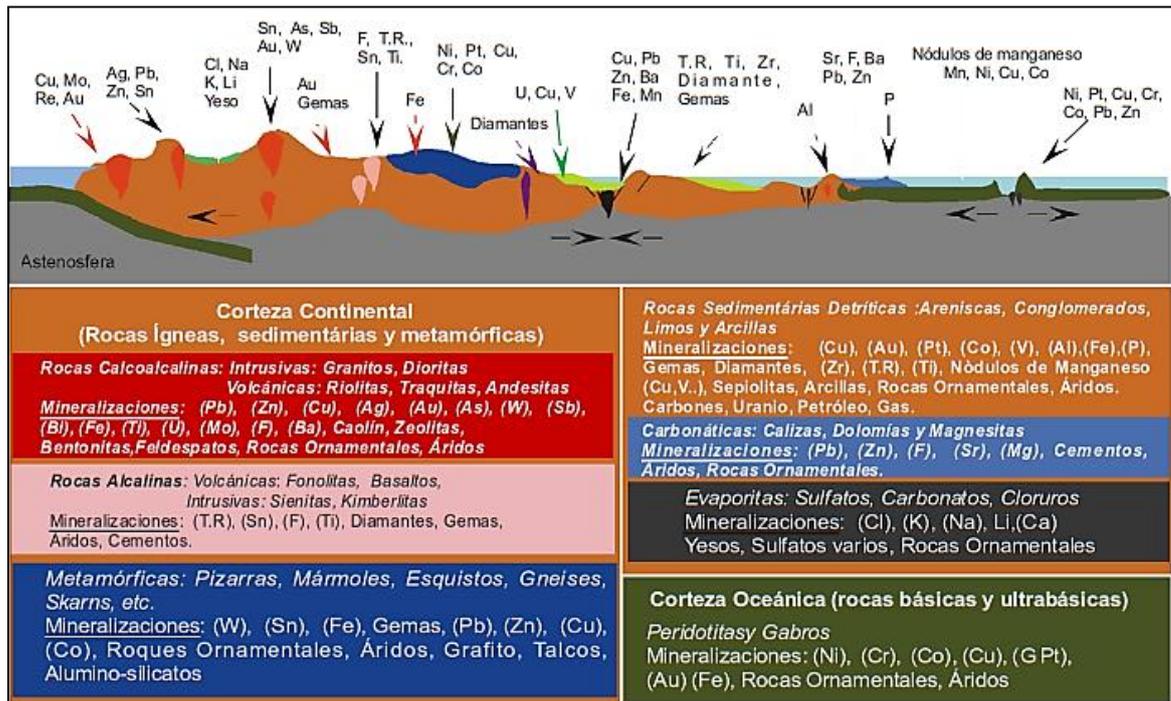
### 2.2.15. Prospección geoquímica

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 el tiempo, de las anomalías geoquímicas que indican la presencia de minerales, agua, combustible, 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 metalogenéticas de las que derivan.



**Figura N° 09.** Asociaciones geoquímicas de los yacimientos minerales.

Fuente: Asociaciones Geoquímicas de los distintos tipos de Yacimientos minerales (Viladevall, 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.

**2.2.16. Análisis cinemático**

El análisis cinemático está basado en el estudio del movimiento de las fallas sea transcurrente, normal o inverso, tomando como base la identificación y entendimiento de unas pequeñas estructuras asociadas a las estrías en los planos de fallas llamadas tectoglifos. ( Ver **Figura N° 10**).

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

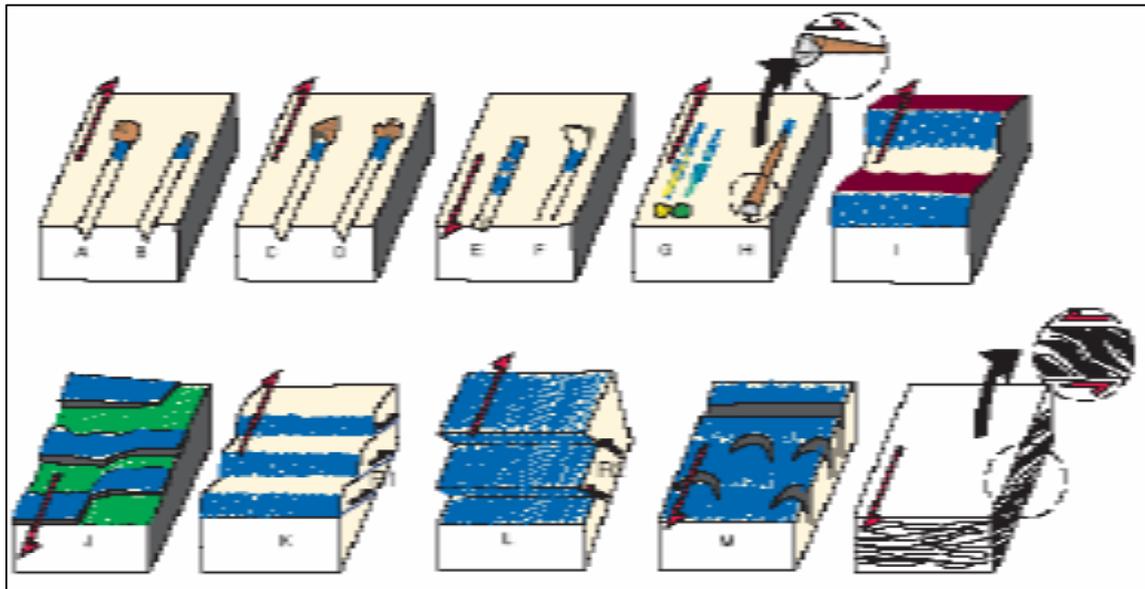
estuvieron activas durante la mineralización sirvieron como zona de precipitación de los fluidos y en caso contrario si son post mineralización modifican la geometría inicial del yacimiento.

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 Pich 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.
- ✓ Pich 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° 10.** 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 ondulados: facetas estriadas VS. J) Cristalización al abrigo. K) Ridel R1. L) Ridel R2. M) Lunulas de Tracción. N) Lenticulaciones.

### 2.2.16.1. 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.
- Escama de arranque. Cuando se presentan 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 y lustradas ó no estriadas y con presencia de óxidos. El sentido de movimiento, será determinado por la orientación de las facetas estriadas.
- Cristalización al abrigo. Dentro de las estrías se producen ciertos desniveles y se produce el crecimiento de minerales como el cuarzo, calcita, zeolitas o sulfatos, en la dirección del movimiento.

- Fallas de Ridel. Este tipo de falla se produce por esfuerzos de cizalla en la proximidad del plano de falla. Se generan dos tipos de fallas una denominada R1 y otra R2. Las R1 forman un ángulo de  $15^\circ$  a  $20^\circ$  con el plano principal y son cinéticas (movimiento en el mismo sentido que la falla mayor). Las R2 forman un ángulo de  $70^\circ$  a  $80^\circ$  con el plano de falla principal y son antitéticas.
  
- Lúnulas de tracción. Son fracturas abiertas algunas veces a manera de semicírculos. La superficie de fractura es irregular y no presenta estrías. Forman un ángulo entre  $30^\circ$  y  $40^\circ$  con el plano de falla principal. La dirección de buzamiento de las fracturas o la parte cóncava de los semicírculos nos indican el sentido de movimiento.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la siguiente investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos (Ver **cuadro N° 06**).

**Cuadro N° 06.** Recursos para desarrollar el proyecto

<b>RECURSOS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
INFRAESTRUCTURA	Campamento minero, laboratorio para análisis químico de muestras
EQUIPOS	GPS, brújula Brunton, cámara fotográfica, Lap top.
HERRAMIENTAS	Lápiz rayador, picas, lupa de 20x, protactor, tablero de mapeo, comba de 4 lbs, punta de diamante de 30 cm, wincha métrica de 30 m, flexometro de 5 m.
MATERIALES	Bolsas de muestreo, pintura roja, talonario de muestreo, mochila de lona, tiza, engrapador, grapas, útiles de escritorio.
PERSONAL TECNICO	Muestreros y chofer
MEDIOS DE TRANSPORTE	Camioneta 4x4 y combustible.

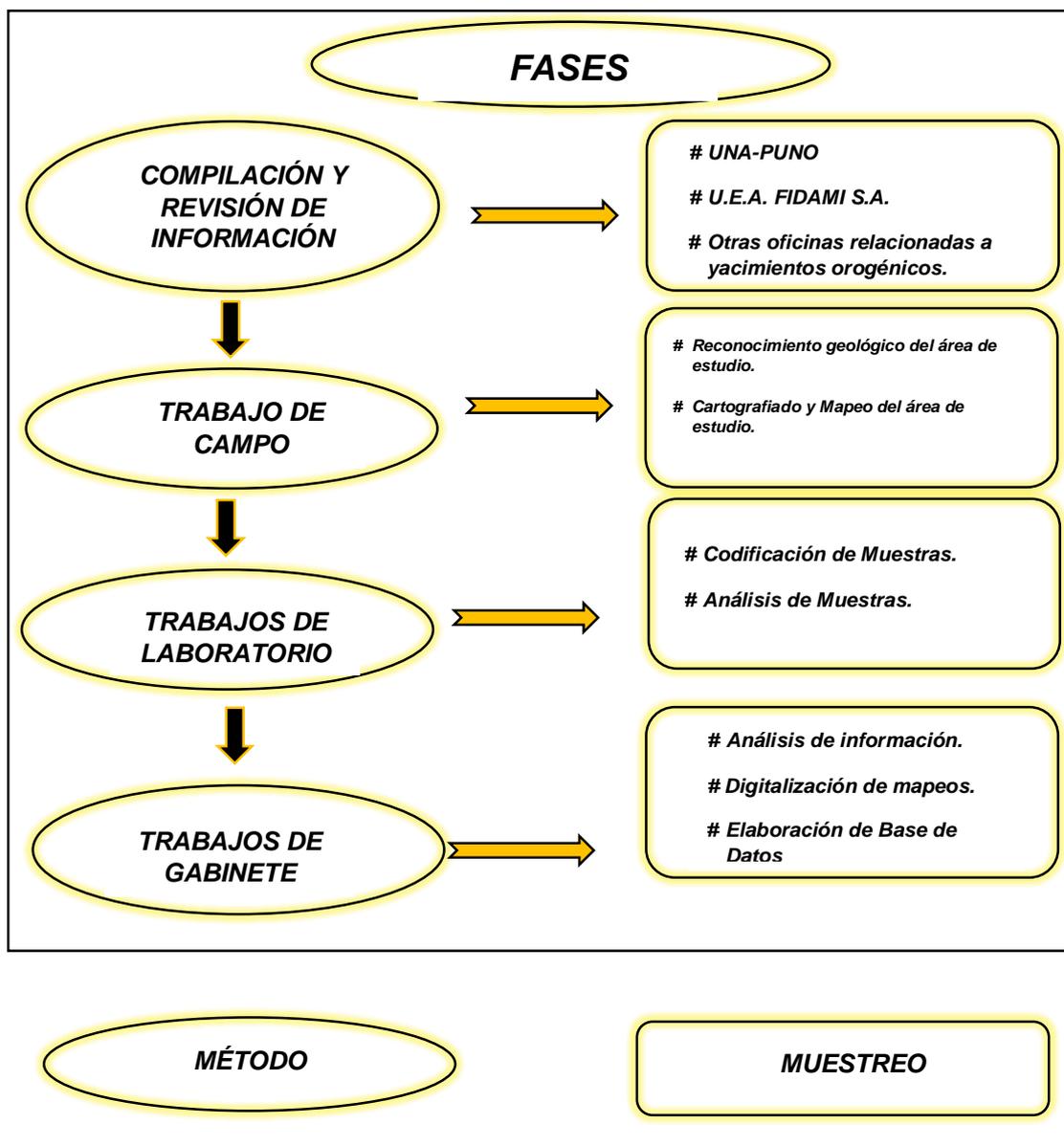
Fuente: elaboración propia.

### 3.2. METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente estudio es de tipo descriptivo, considerando para ello diferentes etapas o fases durante la investigación.

El **cuadro N° 07**, presenta el flujograma metodológico para la elaboración de cada uno de los productos.

**Cuadro N° 07.** Flujograma metodológico para la elaboración del proyecto de investigación



### **3.2.1. Fases de la investigación**

#### **3.2.1.1. Compilación y revisión de información**

Se inició con el procesamiento y recolección de toda la información bibliográfica referida a la zona de estudio, utilizando informes internos y externos como diversas fuentes de información, adquisición de planos geológicos regionales cartas geológicas del INGEMMET, planos satelitales, consideración de estudios regionales cercanos a la zona de estudio, como también información web grafica referentes al trabajo realizado.

#### **3.2.1.2. Trabajo de campo**

El trabajo de campo consistió en el reconocimiento del área de estudio, mapeos geológicos superficiales como de interior mina, identificación y registro de estructuras, muestreo superficial de estructuras, muestreos sistemáticos en labores de producción y desarrollo.

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 ellas los métodos de muestreo que se usaron son:

- ✓ Muestreo por canales.
- ✓ Muestreo por puntos.
- ✓ Muestreo por astillas.
- ✓ Muestreo agarrado (carga común).

Las muestras extraídas en el trabajo de campo, se procedieron con el registro y codificación para él envío hacia el laboratorio químico de la U.E.A FIDAMI S.A. 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.

### **3.2.1.3. 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, elaboración de secciones geológicas, interpretación y evaluación de muestras de valor económico.

## **3.3. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **3.3.1. Muestreo**

El muestreo en minería, es una de las actividades más importantes y necesarias para el Ing. geólogo, quien, en base a los resultados de los ensayos de las muestras, evalúa si un yacimiento es económicamente explotable o no. Procesando los resultados de muestreo se planea y controla una adecuada exploración, explotación y tratamiento metalúrgico. Un muestreo cuidadoso y preciso garantiza 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 permita 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 muestreros, 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 muestrero (Maestro Muestrero, Capataz de Muestreo, Geólogo de Sección y Geólogo de Control de Calidad) hasta el Jefe de Departamento de Geología o el Jefe de Brownfield, o Jefe de Proyectos de Exploraciones Greenfield.

Proyecto Brownfield es aquel que se encuentra dentro de un radio de 30 Km de una mina en producción; y proyecto Greenfield es aquel que se encuentra fuera de ese ámbito.

#### **3.3.1.1. 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 las estructuras mineralizadas que se tiene en el yacimiento aurífero Mina FIDAMI, se tiene:

##### **a) Muestreo por canales.**

Este Método de Muestreo se usa prácticamente en todas las minas de Perú, cuando se trata de vetas u otras estructuras tabulares como mantos, crestones y cuerpos elongados, y a veces también en cuerpos irregulares con o

sin orientación de la mineralización. Es el de más uso para la estimación de reservas, por lo que todo muestrero, primero debe dominar su aplicación.

El método consiste en extraer muestras en canales rectangulares previamente marcados en el terreno en forma transversal al rumbo de las estructuras tabulares o cuerpos elongados a intervalos regulares. En el caso de Mina FIDAMI el CANAL, además de ser transversal a la estructura, debe ser HORIZONTAL (no se hará perpendicular a la estructura) en cualquier tipo de labor subterránea o afloramientos o en trincheras de afloramientos cubiertos (la longitud del canal o de la muestra será la proyección horizontal de la misma), a excepción de vetas y mantos con buzamiento menores a  $45^\circ$ , donde el canal debe ser VERTICAL, así como en la zanjas (trincheras en canchas) o pozos que se hacen en canchas nuevas o antiguas.

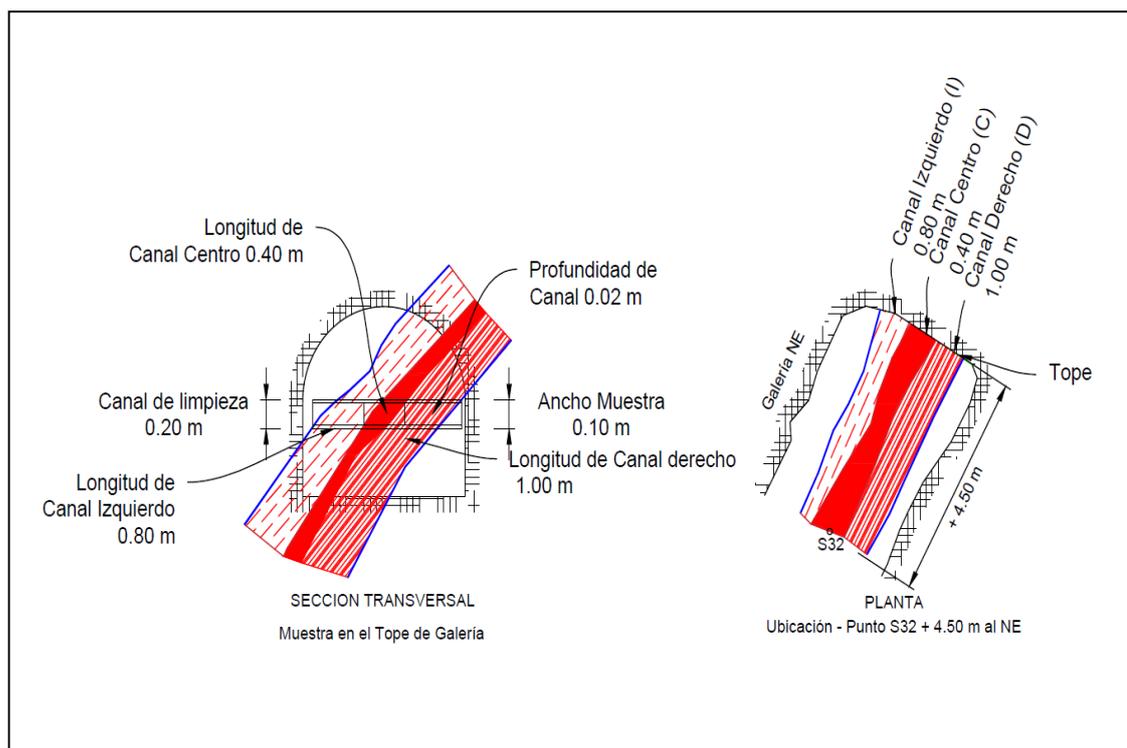
#### a.1. Dimensiones y Cantidad de Muestra.

Las dimensiones del CANAL dependerán del tipo de mineralización y del ancho de la estructura, pudiendo tenerse más de un canal contiguo en la misma ubicación (Ver **Figura N° 11**).

En mineralización de oro y plata, las dimensiones de canales de muestras 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)	0.05 m
Peso mínimo/m:	2.0 Kg.	

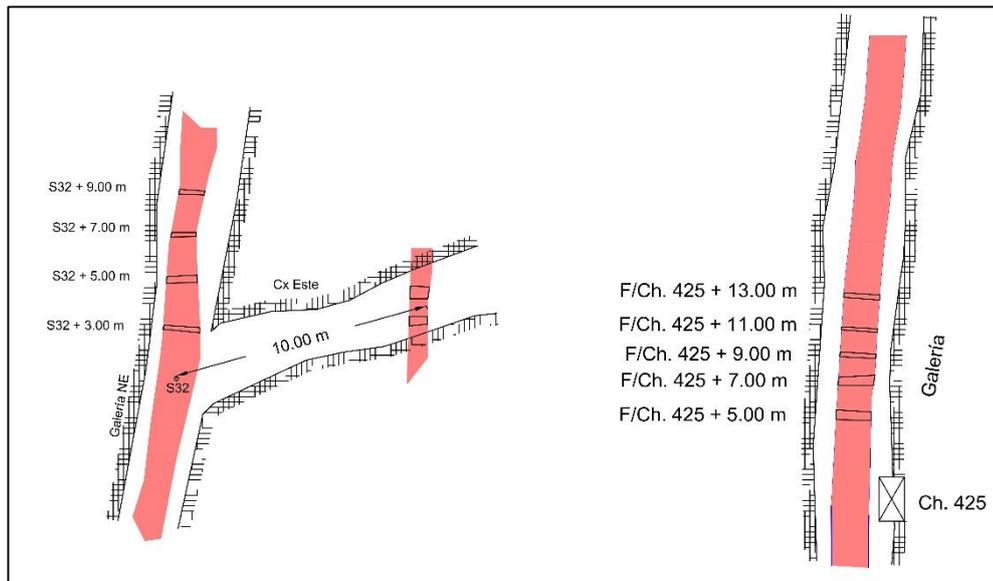


**Figura N° 11. Muestreo por canales**

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración propia.

**a.2. Ubicación.**

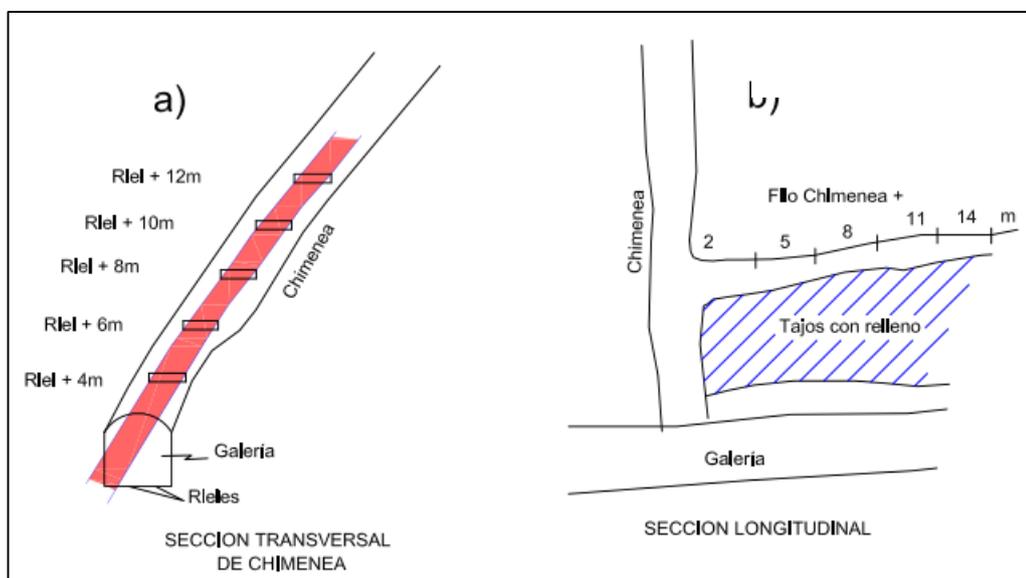
La ubicación de los canales en galerías, cruceros, Sub niveles y piques debe estar referida a puntos topográficos (**Figura N° 12**). En caso que no se tenga esta información, las referencias serán las chimeneas, etc. (**Figura N° 13**).



**Figura N° 12.** Ubicación de canales en galerías y ventanas

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración propia.

En las chimeneas la ubicación de los canales está referida al 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° 13.** Ubicación de canales en chimeneas y tajos

Fuente: E.M.F.S.A. y 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 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 la U.E.A. Mina FIDAMI 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.

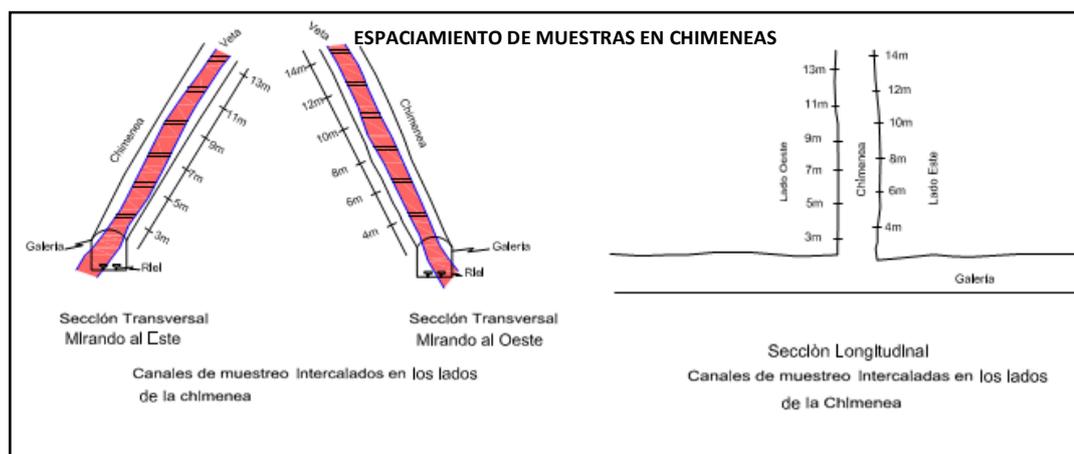
En general, en estructuras anchas o con bandas de diferente mineralización, el canal debe ser HORIZONTAL y se subdividirán en varios canales, debiendo tener cada división una longitud mínima de 0.10 metros y máximo de 2.20 metros en galerías.

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 contiguas en todo el ancho de la estructura.

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



**Figura N° 14.** Espaciamiento de canales de muestreo

Fuente: E.M.F.S.A y 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 cuerpos 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 tabulares cuando hay diseminaciones o venilleo irregular de mineral.

**b.1. Dimensiones.**

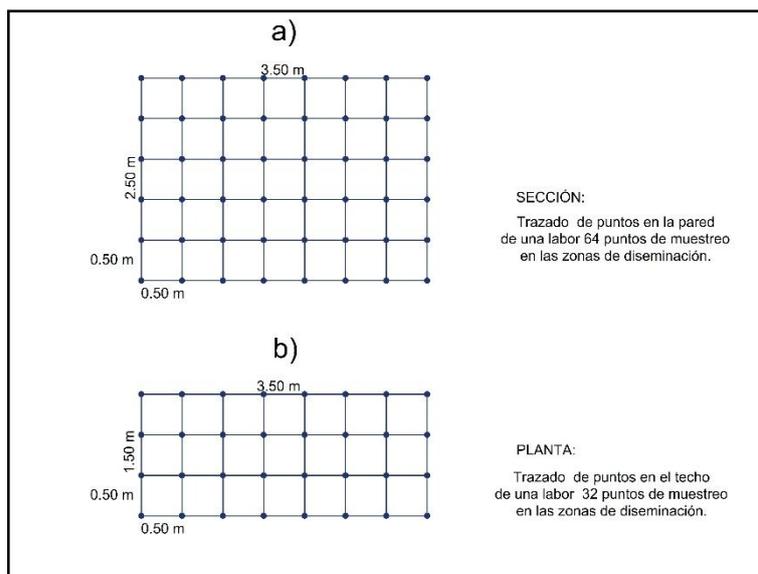
La dimensión para este tipo de muestreo es definida según el área de mineralización, específicamente se emplea en la prospección superficial del yacimiento que contenga estructuras diseminadas o alteraciones asociadas a las vetas que tengan un ancho mayor a 5.00 metros, para el muestreo se definirá la 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 superficial y labores subterráneas (**Figura N°15**).



**Figura N° 15.** Muestreo por puntos

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración propia.

### c) Muestreo por astillas (Chip Sampling).

Este método se aplica mayormente en superficie cuando se trata de yacimientos diseminados, cuerpos irregulares o estructuras tabulares 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.

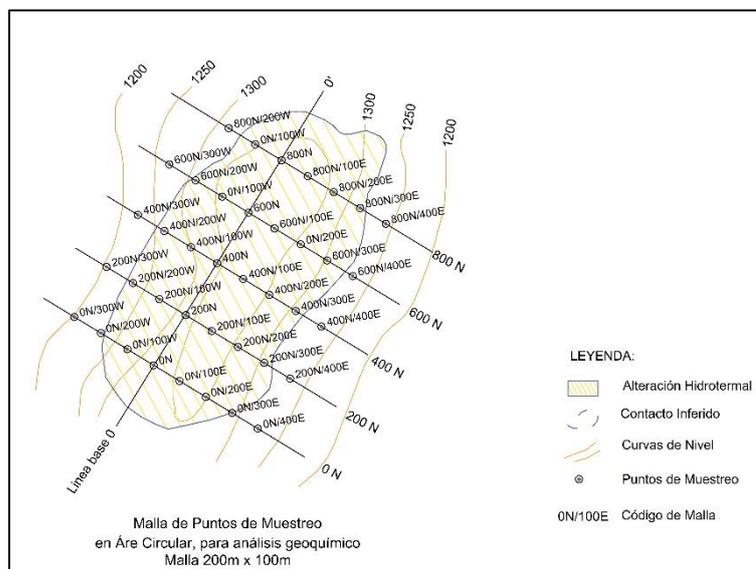
Consiste en extraer fragmentos de material a lo largo de una línea que cubre transversalmente a la estructura. Esta línea representa al eje de un supuesto canal de muestreo.

### c.1. Ubicación.

Igual que los demás métodos, para ubicar las muestras se utilizan los puntos y detalles topográficos o el uso de GPS, en superficie. 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.



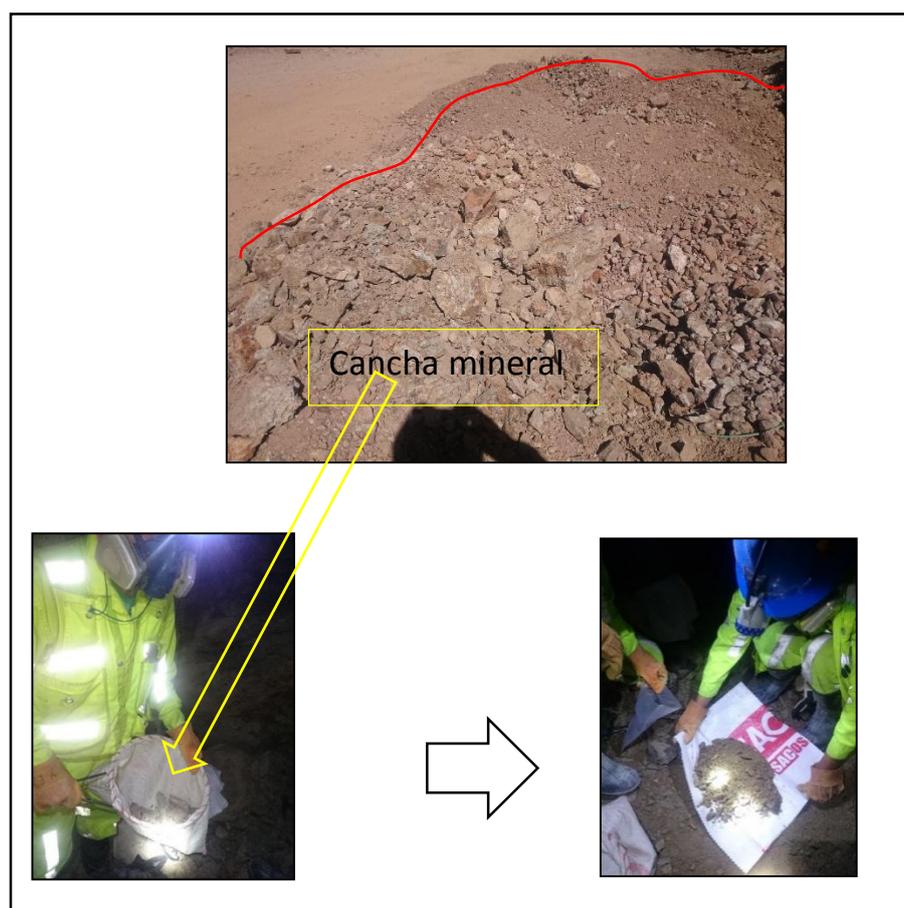
**Figura N° 16.** Muestreo por astillas (CHIP SAMPLING)

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración propia.

### d) Muestreo agarrado (carga común).

Este muestreo se aplica cuando teóricamente se supone que el mineral está uniformemente distribuido en todo el material que se muestrea, tanto en, canchas en planta, como en carros mineros, tolvas, etc. El método consiste en extraer al azar, sin escoger, algunas porciones del montón, cuyos resultados

darán una idea aproximada de la concentración del mineral. No es un método de muestreo confiable en el sentido estricto de la palabra, ya que siempre hay el peligro de un enriquecimiento inconsciente de la muestra. Es un medio de controlar en forma rápida la producción. No es recomendable el uso de este método.



**Figura N° 17.** Muestreo agarrado (Carga Común)

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.2. Control de calidad

En el yacimiento aurífero de la Mina FIDAMI, el “CONTROL DE CALIDAD” es una actividad mediante el cual se dirige y supervisa estrictamente el proceso productivo de una mina en producción 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 tajeado y la ley que reporta la planta concentradora, motivo por el cual se debe implementar un Control de Calidad en las minas que no lo tienen, más aún si se trata de yacimientos de oro. La técnica usada se basa en el curso dictado por el profesor Francis Pitard titulado “Control de la Ley de Oro” (Héctor Barrionuevo T – 1999)

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 oro, mediante estudios de análisis por retalla para definir los porcentajes (%) de oro para cada malla.
- ✓ Hacer estudios de Microscopia 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 y la plata puede estar muy fino, debe

implementarse “Control de Calidad” en operaciones mineras 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 emplean este método), muestreo de canchas y muestreo de lotes (volquetes), enviados a plantas de procesos.
- ✓ Establecer procedimientos para chequear altas leyes, erraticidad y autochequeo del muestreo.
- ✓ Protocolos de Preparación de Muestras, en cuya sala, la muestra está generalmente expuesta a contaminación.
- ✓ Evaluar los diferentes procesos en la mina: Labores del personal de geología, muestreo, control del marcado de tajeos, control de la dilución.
- ✓ La responsabilidad de la Sección de Control de Calidad a cargo de un Geólogo, quien hará el seguimiento y control de los procesos planificados (muestreos en tajeos, labores de desarrollo, preparación, canchas, fajas). El procesará las muestras de los tajeos y determinará en coordinación con los Geólogos de Sección y el Jefe de Departamento las partes del tajeo 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 tajeo, para lo cual se tendrá en cuenta la estabilidad de las cajas, fallas, inclinación de los taladros, etc.



**Figura N° 18.** Control de calidad en labores

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración propia.

#### 3.3.2.1.1. Normas en control de calidad

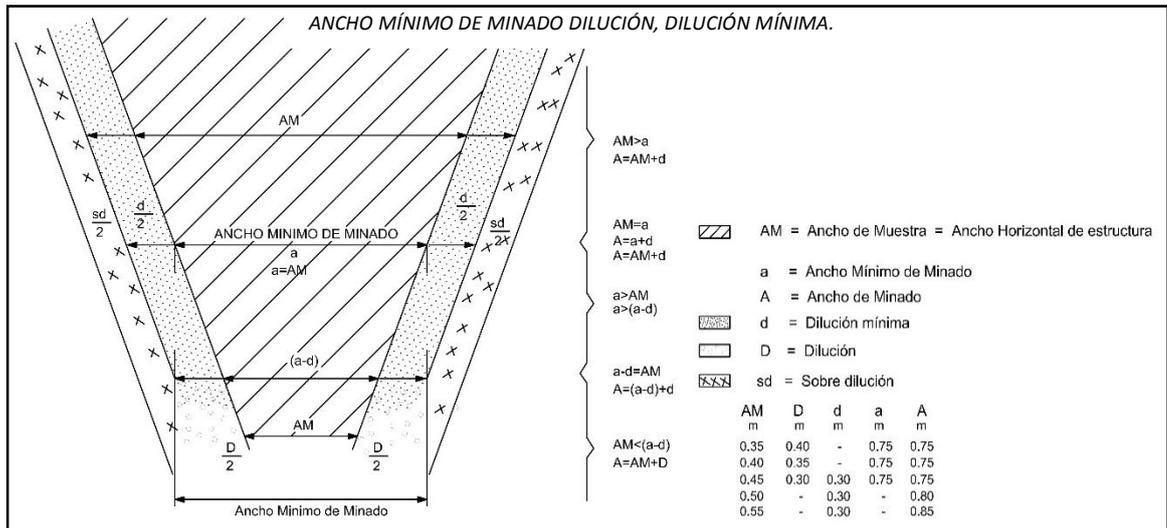
##### a) Ancho de minado.

Durante la explotación de una estructura mineralizada, de acuerdo al método de explotación, el tipo de equipo que se usa y la dilución en que se incurre se tiene un Ancho de Minado (**Cuadro N° 08**).

El ancho Mínimo de Minado, es aquel que permite el minado en un Ancho lo más Angosto Posible de manera que el hombre o el equipo puedan accionar libremente durante la explotación. Mucho depende del ancho de la estructura y del equipo que se usa.

En la U.E.A. Mina FIDAMI, el ancho mínimo de minado es de 0.30 metros, debido a las estructuras angostas, este ancho mínimo de minado ha sido propuesto y aprobado entre áreas operativas (Geología, Mina y Planeamiento).

**Cuadro N° 08. Características de minado**



Fuente: E.M.F.S.A. y 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.

Dilución Mínima depende del ancho de estructura y de la naturaleza de las cajas. En cajas deleznable o brechadas habrá mayor dilución. (Ver **tabla N° 06**).

Tabla N° 06. Dilución mínima

Ancho	Dilució	Dilució	Anch	
0.3	0.4	-	0.7	0.7
0.3	0.4	-	0.7	0.7
0.4	0.3	-	0.7	0.7
0.4	0.3	0.3	0.7	0.7
0.5	-	0.3	-	0.8
0.5	-	0.3	-	0.8
0.6	-	0.3	-	0.9

*Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.*

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

**c) Marcado de áreas mineralizadas y control de dilución.**

Con la información de las leyes de muestras de Canales y/o Puntos, el pintor debe marcar en los tajeos 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, orientar 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° 19.** Marcado de estructuras

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

##### 4.1.1. Introducción

La U.E.A. Mina FIDAMI es un yacimiento filoniano, que produce principalmente oro y como sub-producto plata que no es considerado dentro de su producción, a sus alrededores, afloran predominantemente rocas intrusivas de composición granodiorítica con variaciones tonalíticas y cuarzo monzoníticas, en las cuales se emplazan las vetas cuarzo auríferas de orientación NW-SE y NE-SW con buzamientos altos al SW y SE. Las estructuras mineralizadas presentan internamente estrechos halos (0.10 a 0.15 metros.) de alteración argílica (sericita) y en el borde externo predomina la alteración propilítica. El ensamble característico de la mineralización es cuarzo-óxidos de Fe-pirita con valores de oro y calcita-cuarzo-óxidos, en profundidad estos ensamblajes gradan débilmente a cuarzo-pirita con indicios de minerales de cobre. Las potencias van de 0.10 a 0.20 metros.

Los resultados vertidos en este reporte, fueron calculados teniendo en consideración los procedimientos aplicables al **CÓDIGO JORC**.

Para la evaluación o cubicación de reservas y recursos minerales, se ha creado un archivo de Tarjetas de Cubicación en la que se va a encontrar toda la población de muestras de labores que sirvieron de base para la cubicación y estimación de recursos en su gran mayoría de acuerdo al historial de explotación que tiene cada veta. Así mismo, las tarjetas contienen las correcciones aplicadas y los parámetros de cubicación. Para los futuros reportes será más fácil insertar información actualizada en las tarjetas, hecho que permitirá terminar el informe en un tiempo prudencial.

#### **4.1.2. Ubicación**

La U.E.A. Mina FIDAMI se ubica en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental, en la parte meridional de la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho; en las cabeceras del río Yauca, el área de estudio se encuentra a una altitud comprendida entre las cotas 2,424 msnm y 2,206 msnm. En la Carta Nacional 31-ñ (Jaqui). (*Ver ANEXOS, Lámina UB\_01 Plano de Ubicación*).

Políticamente se encuentra en:

- Departamento : Ayacucho.
- Provincia : Sancos.
- Distrito : Lucanas.
- Lugar : Santa filomena.

Los terrenos superficiales no corresponden a ninguna comunidad campesina registrada en el lugar. Las coordenadas centrales del área de estudio son:

**Cuadro N° 09.** Coordenadas de ubicación

<i>Unidad/Proyecto</i>	<i>COORDENADAS UTM-WGS 84-Zona 18 s</i>		<i>ALTITUD m. s. n. m.</i>
	<i>NORTE</i>	<i>ESTE</i>	
<i>Mina FIDAMI</i>	<i>8'300,851</i>	<i>577,554</i>	<i>2,424</i>
			<i>2,206</i>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Accesibilidad

La U.E.A. Mina FIDAMI tiene como acceso principal la carretera Panamericana sur, siendo la ruta Lima-Arequipa hasta el distrito de Yauca con una distancia de 570 Kilómetros, desde el distrito de Yauca hasta el distrito de Jaqui con una distancia de 27 Kilómetros, y desde el distrito de Jaqui hasta la unidad minera se accede por una vía afirmada con una distancia de 33 Kilómetros. (Ver **Cuadro N° 04**).

**Cuadro N° 10.** Vías de acceso

<i>RUTA</i>	<i>KM</i>	<i>TIPO DE VIA</i>	<i>TIEMPO</i>	<i>MEDIO</i>
<i>LIMA- YAUCA</i>	<i>570</i>	<i>carretera asfaltada</i>	<i>8 horas</i>	<i>camioneta</i>
<i>YAUCA- JAQUI</i>	<i>27</i>	<i>carretera asfaltada</i>	<i>1/2 hora</i>	<i>camioneta</i>
<i>JAQUI- MINA</i>	<i>33</i>	<i>trocha</i>	<i>1hora</i>	<i>camioneta</i>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Concesiones

La empresa Minera FIDAMI S.A. tiene las concesiones mineras tal como muestra en los siguientes cuadros, dentro de las cuales se ubica la zona de interés minero en su totalidad. (Ver **Cuadro N° 05**).

**Cuadro N° 11. Concesiones**

CONCESIÓN	HAS	VERTICE	COORDENADAS PSAD 56		Condición	Situación
			NORTE	ESTE		
MILAGROS 100	100	1	8302000	577000	titulado	Vigente
		2	8302000	578000		
		3	8301000	577000		
		4	8301000	578000		

CONCESIÓN	HAS	VERTICE	COORDENADAS PSAD 56		Condición	Situación
			NORTE	ESTE		
FILOMENA 100	100	1	8301000	577000	titulado	Vigente
		2	8301000	578000		
		3	8300000	578000		
		4	8300000	577000		

CONCESIÓN	HAS	VERTICE	COORDENADAS PSAD 56		Condición	Situación
			NORTE	ESTE		
DATTELI 6	100	1	8301000	578000	titulado	Vigente
		2	8301000	579000		
		3	8300000	579000		
		4	8300000	578000		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5. Geografía

Las peneplanicie subandina de superficie, posiblemente comenzó a formarse en el Terciario medio 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 cuaternarios.

La cota más baja es de 1,305 msnm en la localidad de Laytaruma, en el lecho del río y la más alta de 2,452 msnm en el punto conocido como San Luis, al NE.

#### 4.1.6. Hidrografía

Los principales cursos fluviales de la zona, están dados por los ríos Acarí, Yauca. El río Acarí, que nace en Puquio y recorre en nuestra área una distancia de 32 km. pero en muy poco caudal.

El río Yauca nace en la laguna de Ancascocha, distrito de Chaviña y toma diferentes nombres, tales como Sangarara en su curso superior, Lampalla en su curso medio y Yauca en su curso inferior hasta su desembocadura. Como afluentes recibe, en su margen derecha a los ríos Puchcoyaco, Huilcane, Para, Sancos y Pararmayo, y en su margen izquierda a los ríos Tastamayo, Acros, Tampa y Acaville; este último nace en las alturas de Malco, pero sólo tiene agua en épocas de lluvia.

#### **4.1.7. Clima y vegetación**

El clima que presenta la zona es seco y cálido, similar al de las zonas desérticas de la costa peruana con escasas precipitaciones pluviales se ha determinado que en los meses de invierno (julio a setiembre) debido al descenso de la temperatura se presenta una densa neblina, ocasionalmente una luminosidad muy baja a diferencia de la mayoría de los otros meses del año en que existe muy buena luminosidad.

Según el estudio de ONERN considera como clima de la zona baja, influenciado por nubes de origen marino con un índice hídrico negativo y precipitaciones reducidas, que no alcanzan para satisfacer las necesidades agrícolas, asimismo presenta temperaturas elevadas con grandes fluctuaciones y baja concentración durante toda la época estival.

De acuerdo al comportamiento térmico se ha establecido que el verano se extiende de diciembre a abril, en períodos normales son superiores de 21° C y de mayo a noviembre 16° C, de temperatura media del 2016 en la localidad de Santa Filomena. (SENAMHI).

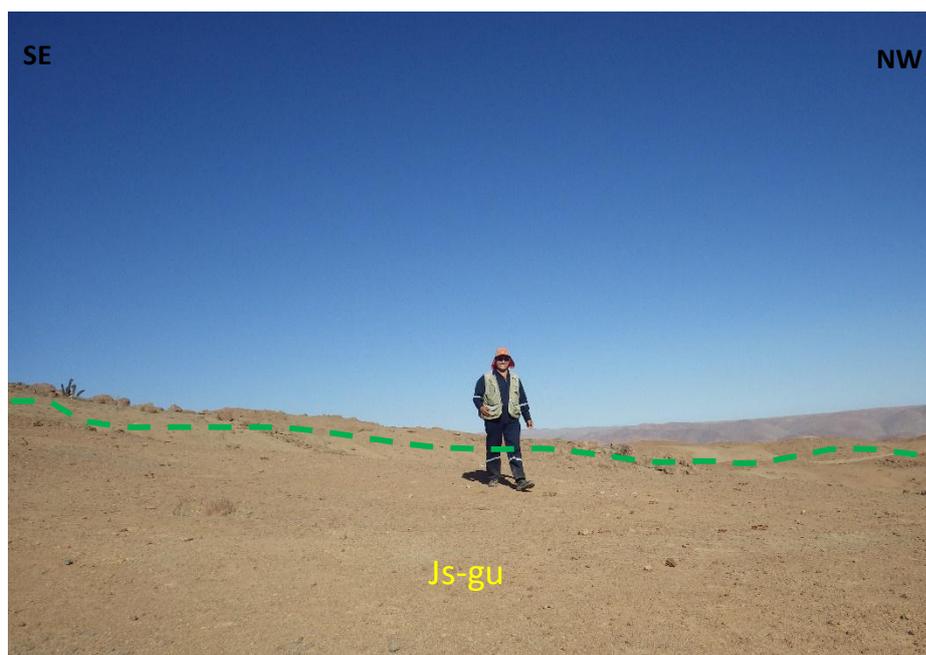
#### **4.1.8. Geología local**

La Geología del yacimiento aurífero Mina FIDAMI, está conformado por las siguientes formaciones litológicas.

##### **4.1.8.1. Mesozoico**

###### **4.1.8.1.1. Formación Guaneros (Kimmeridgiano – Caloviano) (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, 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 – cordierita, corneanas de cuarzo, micas y andalucita determinados este estudio puede ser mejor definido haciendo una sección delgada.



**Figura N° 20.** Vista de la Formación Guaneros

Fuente: E.M.F.S.A. Fotografía, Mirando al SurOeste, Se observa la Formación Guaneros (Js-gu), compuesto por Andesitas color gris verdoso, al SurOeste de las instalaciones de la Mina Fidami.

#### **4.1.8.1.2.1. Gabros (Patap)**

Dentro de la propiedad minera su exposición es bastante reducida, encontrándose algunos afloramientos en el extremo NE del área estudiada, estos afloramientos están a manera de relictos o techos colgantes y se caracterizan por estar compuestos de plagioclasa (labradorita – bitonnita), hornblendas, augitas, textura fanerítica, grano medio, color negro, moderadamente magnéticos.

#### **4.1.8.2. Cenozoico**

##### **4.1.8.2.1. Depósitos recientes (Qh-al, Qh-c)**

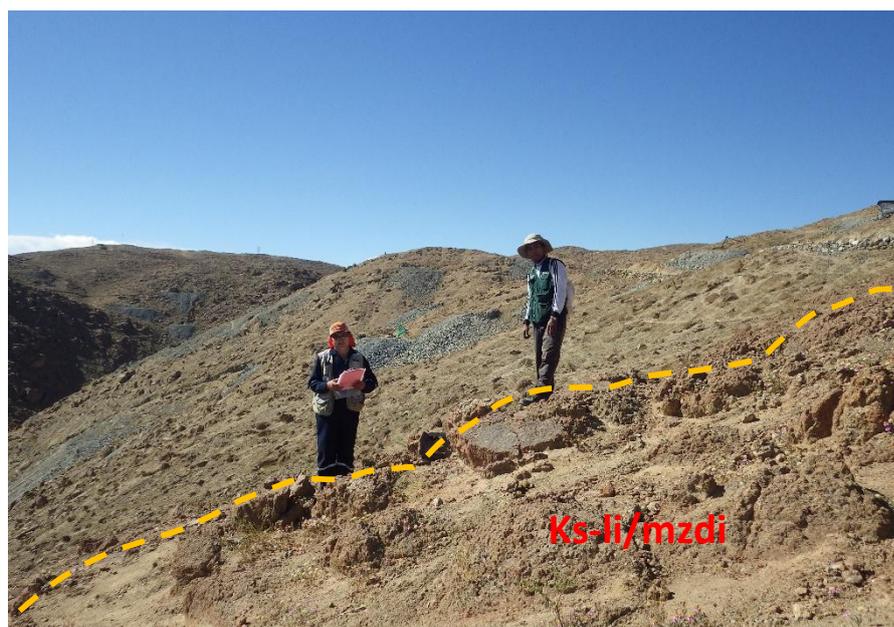
En el área de estudio se observan depósitos aluviales en las quebradas, coluviales y eluviales en las laderas y/o pendientes de los cerros conformados por bloques angulosos y subangulosos que varían en el tamaño desde

centímetros hasta metros, estos depósitos en algunas áreas cubren los afloramientos de las estructuras mineralizadas.

#### 4.1.8.3. Rocas Intrusivas

##### 4.1.8.3.1. Súper-unidad Linga (Ks-li/mz, Ks-li/mzdi)

Aflora como pequeño stock al NW del área de estudio, está conformada por monzodioritas leucocratas (plagioclasas – ortosas, hornblendas, cuarzo), textura fanerítica de grano medio a grueso, color rosa a blanco, con venillas de cuarzo hialino – lechoso, venillas de epidota y algunas estructuras NW – SE gossinizadas.



**Figura N° 21.** Vista de la Súper Unidad Linga

Fuente: E.M.F.S.A. Fotografía, Mirando al NorOeste, Se observa el intrusivo Monzodioritas de textura fanerítica de grano medio a grueso, color rosado a blanco, con venillas de cuarzo hialino-lechoso.

#### 4.1.8.3.2. Súper-Unidad Tiabaya (Ks-ti/to-gd, Ks-ti/di)

Es la de mayor distribución en la zona de estudio. La granodiorita presenta un color blanco rosáceo a gris oscuro por el mayor contenido de minerales ferromagnesianos, y ocurre generalmente en forma homogénea, con moderado fracturamiento; la roca es de grano medio, tiene una textura holocristalina, fanerítica, siendo la plagioclasa el mineral dominante seguido de la ortosa y cuarzo.

Esta roca es la que hospeda a la mayoría de las vetas que ocurren en el Yacimiento FIDAMI. Su edad de emplazamiento según dataciones radiométricas, corresponde al Cretáceo superior – Terciario inferior. (**Ver ANEXOS, Lámina GL\_01 Mapa Geológico Local**).



**Figura N° 22.** Vista de la Súper Unidad Tiabaya

Fuente: E.M.F.S.A. Fotografía, Mirando al NorEste, Se observa el intrusivo Granodiorita de textura holocristalina, fanerítica, Al NW se observa la Veta Escorpión y la veta Ana.

#### **4.1.9. Geomorfología local**

##### **4.1.9.1. 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:

###### **4.1.9.1.1. Substrato geológico**

El substrato geológico considerado especialmente como litología y posición estructural en el área de estudio 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 en el área de estudio, pero puede decirse que, esencialmente, su actuación se realiza de tres maneras:

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

#### **4.1.9.1.2. 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 Yauca y Jaqui.

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

#### **4.1.9.1.3. Relieve**

La superficie que se observa en el área de estudio, son de diferentes naturalezas líticas con pendientes empinadas y abruptadas en la parte superior la que favorece los procesos de denudación que realiza el escurrimiento superficial.

#### **4.1.9.1.4. Antrópicos**

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

### **4.1.9.2. Unidades geomorfológicas**

#### **4.1.9.2.1. 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 cerros llamados Santa Ana y Chulve, 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  $65^\circ$ , se observa con mayor frecuencia en las partes bajas de las altas cumbres del cerro Santa Ana.

**4.1.9.2.2. 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).**

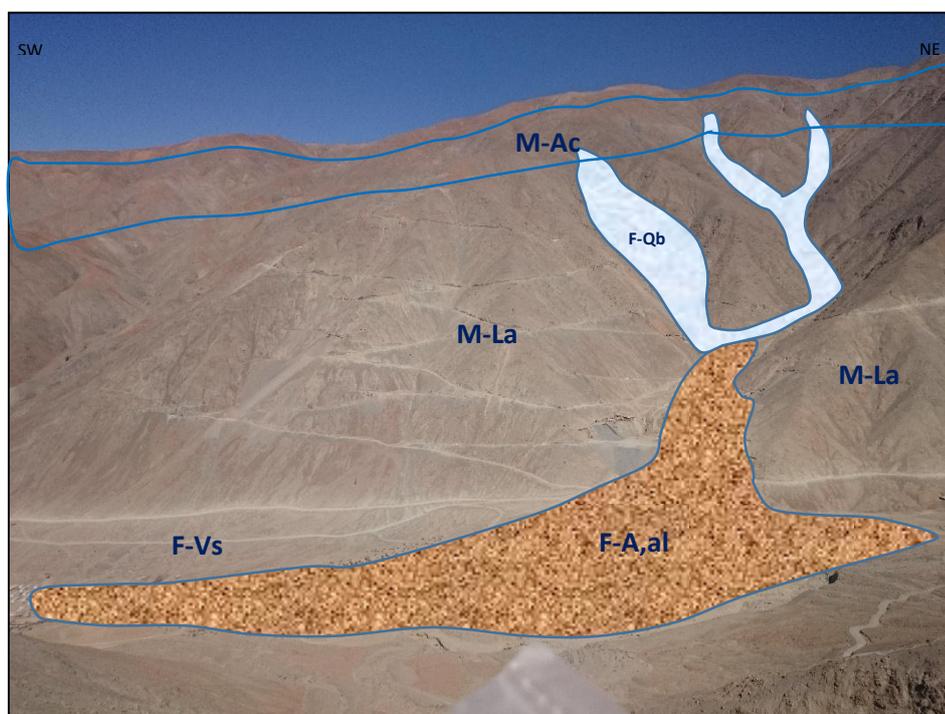
La unidad como es el Valle en forma de V atraviesa en el área de estudio con la dirección N-S, típico en los cursos de los ríos con pendiente moderado hacia la vertiente del Pacífico, este valle carece de agua en la actualidad, pero existe la probabilidad de que en las épocas de lluvias tenga un caudal 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 solida transportada por una corriente fluvial allí donde esta pierde súbitamente fuerza debido a la brusca disminución del gradiente topográfico. (**Ver ANEXOS, Lámina GML\_01 Mapa Geomorfológico Local**).

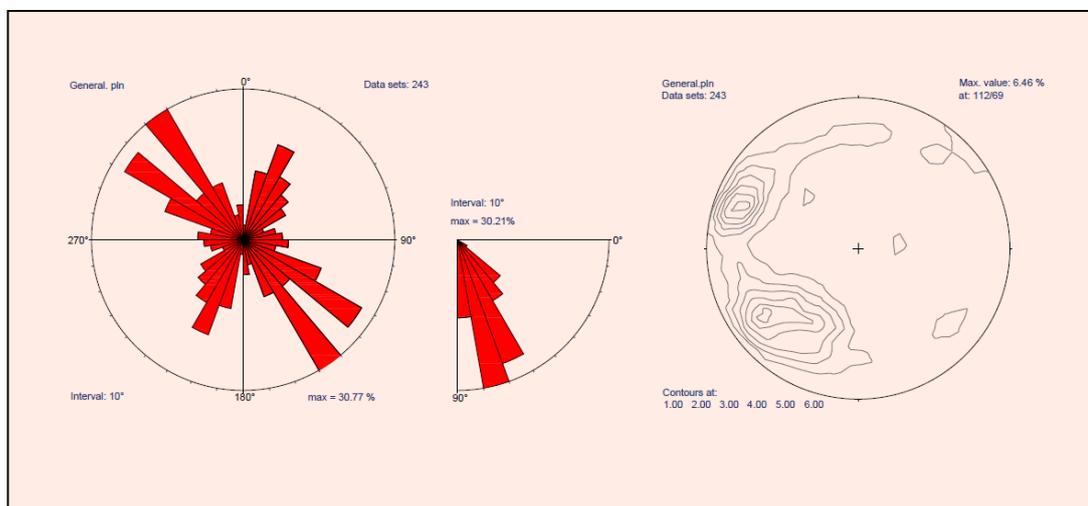


**Figura N° 23.** Vista de las unidades geomorfológicas

Fuente: E.M.F.S.A. Fotografía. Mirando al Nor-Oeste: se observa las unidades Geomorfológicas en la Mina FIDAMI.

#### 4.1.10. Geología estructural local

El área en estudio se encuentra localizada dentro de la zona de fallamiento en bloques, donde se manifiestan estructuras mesoscópicas que se extienden de 30 a 40 km. de rumbo E-W con variaciones NW-SE. Fallas como Santa Rita y San Luis, generando un bloque deprimido donde se ubica la Mina FIDAMI, Sancos-Lucanas-Ayacacucho. (**Ver ANEXOS, Lámina GEL\_01 Mapa Geológico Estructural Local**).



**Figura N° 24.** Diagrama de rosetas

Fuente: E.M.F.S.A., Derecha, diagrama de rosetas, muestra clara tendencia N60-80W de estructuras mineralizadas y N40-50E de fallas post mineralización. Izquierda, diagrama de contornos de puntos señala mayor preponderancia de tendencia NW sobre las NE corroborando el diagrama de rosetas.

Se han observado diversos sistemas de fallas, están caracterizados por las fallas de rumbo N10°-30°W buzando de 60°-80° con dirección al NE, con anchos variables de 0.80 metros hasta 10.00 metros y estructuras de rumbo N60°-70°W subverticales y longitudinales de afloramiento de 300 metros, mostrando gran cantidad de arcillas y brechas en superficie (fallas de primer

orden). Existe otro grupo de fallas (segundo orden) de rumbo  $N30^{\circ}-60^{\circ}E$  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 dos segmentos dominados por dos fallas por mineralización de rumbo NW-SE. Estas fallas de primer orden muestran diversos movimientos de naturaleza sinistral inicial con una reactivación dextral. A continuación, se describirá algunas fallas de importancia de alcance local distrital. La denominación las fallas de primer, segundo y tercer orden, están en función de la dimensión o envergadura de la falla y no indican ninguna relación cronológica.

#### **4.1.10.1. Fallas de primer orden**

##### **4.1.10.1.1. Falla Santa Rita**

Es una falla de rumbo  $N10^{\circ}-30^{\circ}W$  con buzamientos  $60^{\circ}-80^{\circ}NE$ , con anchos que varían desde 0.75 metros hasta 9.35 metros, esta falla es considerada como post-mineral con un movimiento sinistral y una reactivación dextral, desplazando al sistema NW desde 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 rellenada de panizo de unos 20.00 metros (arcillas, material triturado, abundantes venillas rellenas de

arcillas) ubicada al NW de la localidad de San Luis extendiéndose por el SE de la localidad de Santa Filomena.

Esta falla interrumpe los sistemas mineralizados como la Veta Ana, Veta Perico, Veta Escorpión y Veta Mónica, como de diversas estructuras tensionales.

#### **4.1.10.1.2. Falla San Luis**

La falla tiene un rumbo  $N10^{\circ}-40^{\circ}W$ , con buzamientos  $70^{\circ}-75^{\circ}SW$  con un ancho aproximado de 10.00 metros, mostrando gran cantidad de arcillas brechas en superficie, corta y desplaza (150 a 200 metros) de manera dextral al sistema de vetas de la Mina FIDAMI. La traza de la falla se puede seguir por 3.00 kilómetros aproximadamente.

Esta estructura tiene el mismo sistema que la falla Santa Rita, concentrándose entre estas dos fallas importantes las estructuras mineralizadas de la Mina FIDAMI.

#### **4.1.10.2. Fallas de segundo orden**

Este sistema de fallas de menor importancia, originadas por el movimiento de las fallas de primer orden, muestran rumbos de  $N40^{\circ}-60^{\circ}W$ , se reconocen trazas de unos pocos de metros hasta 300.00 metros, teniendo efectos reducidos en el desplazamiento sobre las estructuras mineralizadas desde 2.00 hasta 5.00 metros.

#### **4.1.11. Geología económica del batolito de la costa: Franja Nazca – Ocoña**

El tectonismo por efecto de la convergencia de las Placas referidas en la orogenia del Cretáceo Superior-Cenozoico Inferior dio lugar a la emersión de la

Cordillera Occidental de los Andes con un magmatismo intenso en su borde Oeste de la Cordillera Occidental provocando el emplazamiento del Batolito de la Costa principalmente, cuyas soluciones residuales fueron ricos en Cu, Au-Cu originando la Provincia Metalogenética de Cu del Batolito de la Costa y Planicie Costera y de la Subprovincia Metalogenética de Au-Cu del Batolito de la Costa en Nazca-Ocoña. El Batolito de la Costa es mayormente de composición intermedia a ácida.

Basándose en las características mineralógicas y geométricas, se han catalogado 7 tipos de depósitos minerales claramente relacionados al magmatismo y los intrusivos del batolito. De estos 2 son volcanogénicos (IOCG) y los 5 restantes tienen una afinidad plutónica (Vidal, 1980).

Los depósitos de afinidad volcanogénica (IOCG) se definen como capas con concentraciones de baritina, metales base y sulfatos, o cuerpos estratiformes de anfibolitas-pirita-calcopirita. Ambos ocurrieron con predominancia de rocas volcánicas durante el cretáceo medio-tardío.

Los depósitos de afinidad plutónica probablemente están mayormente asociados a los gabros tempranos que a los granitoides tardíos, y estos comprenden cuerpos y vetas irregulares de anfibolitas-magnetita-calcopirita. Los granitoides están asociados a vetas de cuarzo-especularita-calcopirita-(turmalina-K, feldespatos), skarns de calcopirita-molibdenita-schelita, vetas de cuarzo-carbonatos-pirita aurífera, zonas de stockwork y diseminados de calcopirita-molibdeno-pirita-(cuarzo-sericita) del tipo pórfido de cobre.

Regionalmente estos distritos auríferos mesotermiales del Batolito de la Costa están relacionados a las súper unidades félsicas Linga, Incahuasi y

Tiabaya del Batolito de la costa, asociados a los pórfidos de Cu-Mo teniendo esta alguna vinculación con la mineralización de Au.

Para una adecuada comprensión de la distribución espacial de las mineralizaciones de Au-Ag, Cu-Fe; de la franja Nazca – Ocoña se procederá a describir los principales yacimientos y ocurrencias del sector. (**Ver ANEXOS, Lámina\_02 Mapa de Distribución de Minas de Au**).

#### **4.1.11.1. Mina Ishihuinca**

El depósito se ubica en el cerro Sunihuilca, distrito y provincia de Caravelí región Arequipa. El yacimiento presenta estructuras de relleno, con mineralización de Au-Cu de origen hidrotermal facies mesotermal, con texturas de relleno de fracturas y micro fisuras.

La mineralización supergénica se caracteriza por bornita, calcosita, digenita, covelita, malaquita, hematita y limonita. La mineralogía hipógena se observa oro nativo, pirita, calcopirita, arsenopirita, esfalerita, tetraedrita, cuarzo, calcita y esfena o titanita.

La pirita es el sulfuro predominante en la veta principal, ocurre diseminada irregularmente en el cuarzo, los cristales de pirita son euhedrales, subhedrales y anhedrales micro fracturadas, siendo la pirita el receptáculo fundamental del Au en las estructuras.

#### **4.1.11.2. Mina Diluvio**

Ubicada en el distrito de Otoa (Lucanas – Ayacucho), es un yacimiento de relleno de fisuras y brechas, con una mineralización de Au-Pb-Zn-(Cu) de origen hidrotermal, facies mesotermal.

El ensamble de mineralización está dado por cuarzo lechoso-pirita-arsenopiritaesfalerita (exsoluciones de calcopirita), calcopirita granular-galena-oro nativo.

Existe una relación directa entre el Pb-Zn y Au, debido que al incrementarse los valores de Pb-Zn se incrementa a su vez los de Au.

La galena es el principal receptáculo de la mineralización aurífera, el oro se encuentra como inclusiones y en contactos de los diferentes minerales de mena. No se observan inclusiones de oro en la pirita.

#### **4.1.11.3. Mina Calpa**

Situada en el distrito de Atíco, provincia de Caravelí, región Arequipa. La mineralización de Au (Ag – cu) se han emplazado en fracturas formando vetas de origen hidrotermal, facies mesotermal.

Las características mineralógicas en el nivel supergénico son calcocita, digenita, covelita, bornita, marcasita y limonita; nivel hipógeno oro nativo, calcopirita, pirita, galena, esfalerita, pirrotita, arsenopirita, tetraedrita, boulangerita, esfena, sericita, cuarzo y calcita; agrupando a minerales de mena, ganga y alteración.

#### **4.1.11.4. Mina León**

Se encuentra en el distrito y provincia de Caravelí, región Arequipa. Depósito vetiforme Au de origen hidrotermal, facies mesotermal; roca encajonante de composición tonalítica.

La pirita es el sulfuro predominante, se presenta en cristales subhedricos y euhedricos, se encuentra diseminado irregularmente en el cuarzo blanco y grisáceo. Los agregados granulares de pirita están microfracturados, parcialmente rellenos y reemplazados por limonita. La pirita exhibe inclusiones de oro nativo, calcopirita, cuarzo y limonita.

#### **4.1.11.5. Mina Posco**

Se ubica en la parte inferior de la quebrada Posco, entre los cerros Infiernillo y Cruz Blanca, en la margen derecha del río Ocoña, provincia de Condesuyos, región Arequipa.

Depósito vetiforme de Au – Cu – (Ag) de origen hidrotermal, facies hipotermal superior a mesotermal. La mineralización hipógena está dada por cuarzo, esfena o titanita, pirita, oro nativo, electrum, nagyajita, pirrotita, calcopirita, bismutinina, esfalerita (con exsoluciones de calcopirita), galena, tetraedrita, calcita, sericita, clorita y biotita hidrotermal; muestra ensambles de mena, ganga y alteración.

La pirita microfracturada es el principal receptáculo del oro nativo, la tonalidad del oro es variable desde amarillo, blanco amarillento hasta crema.

#### **4.1.12. Alteraciones hidrotermales**

La acides del sistema ha provocado moderada a fuerte alteración argílica (cuarzo sericita) de las estructuras mineralizadas, cuya característica es la coloración blanquecina tanto en interior mina como en superficie. La alteración argílica alcanza anchos que van desde unos pocos centímetros hasta 2.0 m.

Como envolvente externo de las estructuras mineralizadas ocurre una moderada alteración propilítica que en algunas zonas va acompañada de muy débil piritización y micro venillas de carbonatos. El halo de alteración propilítica va desde 0.20 m hasta unos 5 m hasta en superficie.

La alteración supérgena ha afectado a todo el sistema de vetas con la oxidación de los minerales sulfurados primarios. La intemperización de los óxidos produce en superficie las características coloraciones rojizas y amarillentas que ayudan a ubicar estructuras mineralizadas.

#### **4.1.12.1. Alteración argílica**

Esta alteración comúnmente forma parte de los depósitos minerales por su relación directa con la mineralización económica y su individualización no es muy notoria, ya que normalmente la argilitización y la sericitización se interdigitan, de tal manera que los límites entre ambos no son claros y usualmente muy difíciles de establecer (Creasey, 1959).

Son grados intermedios a avanzados del proceso de alteración hidrotermal. Se caracterizan por la formación de arcillas y sericita, reemplazando a las plagioclasas destruyendo totalmente los rasgos primarios de la roca.

En la zona donde predomina esta alteración, las rocas pierden su dureza, volviéndose suaves y totalmente blanquecinas, con potencia de pocos cm hasta 1 m. en las vetas del yacimiento FIDAMI la mineralización económica se asocia a este tipo de alteración, en las estructuras mineralizadas, esta alteración es notoria afectando más al techo de la estructura haciéndola más inestable en algunos tramos.



**Figura N° 25.** Alteraciones

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.12.2. Alteración propilítica**

Esta alteración se caracteriza por la presencia de clorita, epidota y/o calcita, en el yacimiento la alteración es débil. En las cajas las plagioclasas aún se observan con incipiente alteración, mientras que los ferromagnesianos presentan un halo de epidotas, cloritas y piritas diseminadas, dándole un color más verde intenso a la roca.

#### **4.1.12.3. Silicificación**

Esta alteración se define como la introducción de sílice en las rocas, dando como resultado que estas se endurezcan y se hagan impermeables. La introducción de sílice proveniente tanto de las soluciones residuales de lo misma roca liberadas por reacciones químicas, como de la sílice que provienen de las soluciones mineralizantes, dan como resultado que la granodiorita tienda a ser más dura y cambie a un color blanquecino. En las estructuras mineralizadas del

yacimiento este tipo de alteración es bastante notoria y diferenciada ya que con ella se relacionan áreas de interés económico.

En las estructuras mineralizadas esta alteración está asociada a los clavos mineralizados, localmente ocurre la limonita, junto a valores de alta ley.

#### **4.1.13. Controles de mineralización**

FIDAMI es un yacimiento filoniano de comportamiento lenticular (en rosario) tanto horizontal como vertical. Las vetas fallas que alcanzan centenares de metros albergan “clavos” que alcanzan longitudes de 20 m a 30 m y verticalmente llegan de 200 a 300 metros de manera irregular, a pesar de que la profundización del nivel cuarzo-sulfuros aún no está bien determinada. Las potencias alcanzan desde 0.10 a 0.15 metros (veta Ana) hasta de 0.10 a 0.20 metros (parte baja de vetas Mónica y Perico).

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

##### **4.1.13.1. Control de alteración**

La alteración argílica (cuarzo sericita) cuya característica es la persistente coloración blanquecina, es un buen indicador para ubicar lentes con valores de oro. La alteración propilítica que presenta una notoria coloración verdosa, evidencia actividad hidrotermal cercana a los canales de mineralización.

#### **4.1.13.2. Control mineralógico**

En FIDAMI como en otros yacimientos de la franja Nazca – Ocoña el oro se asocia directamente a la mineralización de pirita de textura fina y al cuarzo blanquecino. En profundidad el ensamble de pirita-calcopirita-cuarzo es indicador de valores de oro.

La oxidación en forma de hematita, limonita y jarosita es una guía determinante para prospectar mineralización de oro.

#### **4.1.13.3. Control estructural**

Los cambios de buzamiento y de rumbo favorecieron a la mayor concentración de valores de oro, lo mismo sucede con los horizontes brechiformes.

#### **4.1.14. Geología estructural**

##### **4.1.14.1. Análisis Geométrico del Sistema de Vetas-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 N50°-60°W y buzamientos variables de 68°-80°NE principalmente, con excepciones como la veta-falla Ana que tiene un buzamiento de 70°NE.

#### 4.1.14.1.1. Geometría - Veta Falla Ana

Esta estructura tiene un rumbo de  $N50^{\circ}-60^{\circ}W$ , buzamiento  $68^{\circ}-80^{\circ}NE$ , potencias variables de 0.10 hasta 0.20 metros 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 sigmoides. La veta está siendo desplazada por fallas post mineralización de rumbo de la estructura 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  $N50^{\circ}-60^{\circ}W$  y buzamiento  $68^{\circ}-80^{\circ}NE$  que la desplazan de 0.5 a 5 metros de ocurrencias puntuales.

Los clavos mineralizados dentro de la estructura se distribuyen erráticamente con extensiones de 20 a 30 metros y la separación entre clavos mineralizados está dada por unos 5 a 15 metros en la horizontal, los clavos son subverticales y se muestran de manera similar en las estructuras paralelas.

Dentro de estos clavos existen zonas estériles de 10 a 20 metros de longitud, que vienen a ser zonas con menor permeabilidad secundaria debido a posibles esfuerzos locales que generan zonas de transpresión.

#### 4.1.14.1.2. Geometría - Veta Falla Perico

La estructura tiene un rumbo de  $N20^{\circ}-60^{\circ}W$ , buzamiento  $70^{\circ}-75^{\circ}NE$ , potencias variables de 0.10 a 0.20 metros en algunos casos, la potencia promedio sería de 0.10 metros. La veta vista en planta muestra ramificaciones y pequeños sigmoides de algunos metros, siguiendo un modelo de lasos

sigmoides y ramificaciones tipo rosario, la mineralización es errática y se presenta como pequeños bolsones que van de 20 a 40 metros 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 en la misma dirección de la veta de naturaleza dextral y sinistral que llegan a desplazar la veta algunos metros y finalmente se observaron fallas con rumbo  $N60^{\circ}W$  buzando  $70^{\circ}-75^{\circ}SW$  que desplazan la veta 0.5 metros.

#### **4.1.14.1.3. Geometría - Veta Falla Escorpión**

Esta estructura tiene un rumbo de  $N40^{\circ}-60^{\circ}W$ , buzando  $75^{\circ}-80^{\circ}NE$ , potencias variables de 0.10 a 0.20 metros. La estructura vista en planta presenta formas sinuosas y pequeñas ramificaciones mineralizadas, siguiendo un modelo tipo rosario, que se muestra en el poco desarrollo que se tiene sobre la estructura, la veta está siendo desplazada de 1 a 10 metros de longitud por fallas post mineralización de naturaleza inversa y otras fallas de rumbo que afectan la geometría de la estructura.

En este sector superficialmente se observan aproximadamente 10 vetas de menor dimensión sub paralela a la estructura principal (Ana), estas estructuras muestran un relleno interesante de óxidos de hierro que al ser evaluados podrían ser económicos ya que son como tensionales y que los valores de Au son buenos.

#### **4.1.14.1.4. Geometría - Veta Falla Mónica**

La veta tiene un rumbo de  $N30^{\circ}-60^{\circ}W$ , buzando  $60^{\circ}-70^{\circ}NE$ , potencias variables de 0.10 a 0.40 metros. La veta vista en planta tiene forma sinuosa

similar a las ya descritas y están controlados litológicamente con dique andesítico, con ramificaciones a techo y piso que se extienden hacia el NW y SE, no todas las ramificaciones muestran relleno mineral. La estructura está siendo cortada y desplazada en la misma dirección que la estructura propia aproximadamente por fallas post mineralización de rumbo a la estructura.

## 4.2. ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS

### 4.2.1. 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 Mónica. Al norte de la zona de estudio hay presencia de malaquita y crisocola (veta Ana), en la veta Escorpión existen horizontes de mineral primario como el cuarzo, pirita el cual reporta valores altos de Au, tiene acompañamiento variable de Clorita, sericita, epidota, especularita, calcita. En la Veta Perico hacia el SE se observa calcita, siderita y eventualmente turmalina.

#### 4.2.1.1. Mineral De Mena

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

- ✓ **Au nativo:** Ocurre en forma nativa dentro de los óxidos de fierro (limonita), junto con el cuarzo semiporoso a poroso, de color blanco hialino. El oro visible es observable en las vetas en forma de puntos y escamas, llegando

a tener dimensiones de 0,5 mm a 2.5 mm. Se caracteriza por su color amarillento y brillo metálico intenso, Pe 19,3 y dureza 2.5.

- ✓ **Hematita:** Resultado de la lixiviación de la pirita, se forma en condiciones de oxidación en los más distintos tipos genéticos de yacimientos y rocas; composición química Fe 70%, cristaliza en el sistema trigonal, el color es negro de hierro al gris de acero, la raya es roja-guinda, brillo semimetálico, dureza 5-5.6, es frágil, peso específico 5.0-5.2, su ocurrencia es más restringida, su relación con el oro es menos directa, aunque se han observado regulares valores junto a ella.
- ✓ **Jarosita:** Este mineral se forma en depósitos de mena por la oxidación de sulfuros de hierro. La aparición de jarosita se asocia en la Tierra a las aguas termales de carácter ácido (pH por debajo de 6); por tanto, su presencia indica la existencia de agua durante su formación y por el pH requerido es incompatible con la de los carbonatos.
- ✓ **Limonita:** Es de origen secundario, formado por alteración de las piritas y otros sulfuros de hierro, se presenta mayormente en variedades terrosas, de color pardo amarillento. Se relaciona con valores altos de Au y su ocurrencia es abundante, por lo que da un tinte amarillento al cuarzo.
- ✓ **Pirita aurífera:** Sulfuro de hierro, composición química Fe 46.6%; S 53.4%; cristaliza en el sistema cúbico, el color es amarillento de latón, la raya es negra pardusca o negro verdusca, brillo metálico intenso, dureza 6-6.5 pesado relativamente frágil, peso específico 4.9-5.2, este sulfuro es el más común en los yacimientos hidrotermales, también se asocia al Au.

- ✓ **Calcopirita:** Es un mineral muy común en los filones de sulfuros diseminados por las rocas ígneas. Puede formarse y encontrarse en: rocas pegmatitas neumatolíticas, rocas hidrotermales de alta temperatura, depósitos de metamorfismo de contacto, así como constituyente primario de rocas ígneas básicas. En los yacimientos de cobre suele ser el principal mineral de este metal que aparece.

#### 4.2.1.2. Mineral De Ganga

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

- ✓ **Cuarzo:** Este mineral es el que más abunda en la corteza terrestre, y constituye el relleno de las vetas. Se presenta en forma masiva como cuarzo blanco-hialino, fracturado cavernoso (poroso), brechado y oxidado; ocasionalmente en forma cristalina. Por su persistencia en la estructura mineralizada, sirve de guía en la exploración. Se caracteriza por su dureza 7, Pe 2,65, brillo vítreo incoloro, fractura concoidea se presenta en yacimientos hidrotermales.
- ✓ **Calcita:** es un mineral de carbonato de calcio, Es el mineral más estable que existe de carbonato de calcio, frente a los otros dos polimorfos con la misma fórmula química, aunque distinta estructura cristalina: el aragonito y la vaterita, más inestables y solubles.
- ✓ **Clorita:** Son minerales de origen metamórfico que cristalizan en el sistema monoclinico y que se encuentran en forma de láminas flexibles

de color verde. Se forman por transformación y alteración de la augita, la biotita y la hornblenda.

- ✓ **Epidota:** La epidota es un componente común de las rocas, pero su origen es secundario. El mineral se forma cuando las calizas y esquistos sufren metamorfismo. También puede surgir por alteración hidrotermal de feldespatos, micas, piroxenos, anfíboles, granates y otros, componentes todos ellos de las rocas ígneas.

#### 4.2.2. Mineralización

FIDAMI es un yacimiento filoniano de comportamiento lenticular (en rosario) tanto horizontal como vertical. Las vetas fallas que alcanzan centenares de metros albergan “clavos” que alcanzan longitudes de 20 m a 30 m y verticalmente llegan de 200 m a 300 m de manera irregular, a pesar de que la profundización del nivel cuarzo-sulfuros aún no está bien determinada. Las potencias alcanzan desde 0.10 a 0.15 m (veta Ana) hasta de 0.10 a 0.20 m (parte baja de vetas Mónica y Perico).

#### 4.2.3. 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.

##### 4.2.3.1. Veta Ana

Esta estructura mineralizada con rumbo de N50°-60°W, buzamiento 68°-80°NE, potencias variables de 0.10 hasta 0.20 metros en los sigmoides, con leyes desde 0.18 hasta 78 Gr/TM Au, presenta rellenos de óxidos de hierro (hematita, jarosita), en algunos casos minerales de cobre como crisocola y trazas

de calcosina, los óxidos profundizan hasta unos 291 metros Nv 1920, seguidos por ensambles de sulfuros primarios como pirita, calcopirita, magnetita con valores altos de Au. La longitud explorada y desarrollada en profundidad de esta veta es de 907.51 metros.

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

La veta Ana está emplazada en roca granodiorita.

#### **4.2.3.2. Veta Perico**

Es una estructura mineralizada paralela a la Veta Ana con rumbo N20°-60°W, buzamiento 70°-75°NE, potencias variables de 0.10 a 0.20 metros en algunos casos, la potencia promedio sería de 0.10 metros, con leyes de 0.18 hasta 82.80 Gr/TM Au, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, jarosita) y algunas venillas de calcita y siderita.

Solo se tiene un nivel de desarrollo Nv 2200 teniendo potencial para su explotación en los niveles superiores e inferiores.

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

El emplazamiento de la veta está en roca granodiorita.

#### **4.2.3.3. Veta Escorpión**

La estructura tiene un rumbo de N40°-60°W, buzando 75°-80°NE, potencias variables de 0.10 a 0.20 metros, con leyes desde 0.14 hasta 70.77

Gr/TM Au, la mineralogía está compuesto por óxidos de fierro (hematita, limonita) 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 granodiorita.

#### **4.2.3.4. Veta Mónica**

Esta estructura mineralizada con rumbo de N30°-60°W, buzando 60°-70°NE, potencias variables de 0.10 a 0.40 metros en los sigmoides, con leyes desde 0.13 hasta 158.40 Au(gr/t), presenta rellenos de óxidos de fierro (hematita, jarosita), en algunos casos minerales de cobre como crisocola y trazas de calcosina, los óxidos profundizan hasta unos 201 metros Nv 2070, seguidos por ensambles de sulfuros primarios como pirita, calcopirita, magnetita con valores altos de Au.

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

La veta Mónica está emplazada en dique andesítico como roca caja techo y roca granodiorita como roca caja piso.

#### **4.2.4. Clasificación del yacimiento**

Según la forma, se trata de un depósito filoneano, del tipo relleno de fracturas, por soluciones hidrotermales, con texturas bandeadas y brechadas, tiene una forma tabular continua limitada por dos paredes rocosas.

El tipo de yacimiento es primario, epigenético de origen hidrotermal, de facies mesotermal a epitermal de baja sulfuración, formado en profundidades intermedias, de presión alta a moderada y con temperaturas que van de 150° a 300° C.

#### **4.2.5. Recursos y reservas en la U.E.A. Mina Fidami**

Para la estimación de recursos y reservas mena, se analizó 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 N° 09*). Para el cálculo de reservas en la presente tesis se consideró un nivel de reservas y recursos a potencia diluida.

En la U.E.A. Mina FIDAMI, se tiene las siguientes reservas y recursos de cada estructura mineralizada, el cálculo se realizó a la fecha 30 de Noviembre del 2016.

## 4.2.5.1. Recursos Veta Ana

(Ver ANEXOS, Lámina CVA\_01 Plano de Estimación de Recursos Veta Ana)

VETA	BLOQUE	Ley gr/tAu	POTENCI A	AREA	LEY DIL gr/tAu	POT DIL.	AREA CORREGIDA	TMS
ANA	1	22.31	0.17	1759	18.45	0.20	2031.12	1096.80
ANA	2	20.34	0.18	1575	17.04	0.20	1818.65	982.07
ANA	3	21.94	0.15	1606	18.05	0.20	1854.45	1001.40
ANA	4	24.11	0.16	6429	17.03	0.20	7423.57	4008.73
ANA	5	20.21	0.17	718	17.65	0.20	829.07	447.70
ANA	6	21.23	0.17	1596	18.13	0.20	1842.90	995.17
ANA	7	21.95	0.17	777	17.89	0.20	897.20	484.49
ANA	8	20.39	0.15	448	17.45	0.20	517.31	279.35
ANA	9	18.15	0.17	957	16.44	0.20	1105.05	596.73
ANA	10	33.12	0.17	779	22.34	0.20	899.51	485.74
ANA	11	19.18	0.16	1626	18.13	0.20	1877.54	1013.87
ANA	12	15.87	0.16	5414	14.12	0.20	6251.55	3375.84
ANA	13	22.12	0.17	200	18.13	0.20	230.94	124.71
ANA	14	28.17	0.15	637	18.21	0.20	735.54	397.19
ANA	15	18.43	0.17	2554	17.11	0.20	2949.11	1592.52
ANA	16	22.78	0.18	4603	19.34	0.20	5315.09	2870.15
ANA	17	19.15	0.19	2245	17.32	0.20	2592.30	1399.84
ANA	18	22.11	0.15	3206	19.67	0.20	3701.97	1999.06
ANA	19	23.21	0.16	956	18.88	0.20	1103.89	596.10
ANA	20	24.67	0.17	1103	18.11	0.20	1273.63	687.76
ANA	21	26.78	0.17	5380	22.31	0.20	6212.29	3354.64
ANA	100	21.31	0.18	2291	18.13	0.20	2645.42	1428.53
ANA	101	22.31	0.17	41277	18.45	0.20	47662.57	25737.79
ANA	102	20.34	0.18	4684	17.04	0.20	5408.62	2920.65
ANA	103	21.94	0.15	11662	18.05	0.20	13466.12	7271.70
ANA	104	24.11	0.16	3038	17.03	0.20	3507.98	1894.31
ANA	105	20.21	0.17	7500	17.65	0.20	8660.25	4676.54
ANA	800	10.36	0.19	174327	6.55	0.20	201295.83	108699.75

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

#### 4.2.5.2. Recursos Veta Perico

(Ver ANEXOS, Lámina CVP\_01 Plano de Estimación de Recursos Veta Perico)

VETA	BLOQUE	Ley gr/tAu	POTENCIA	AREA	LEY DIL gr/tAu	POT DIL.	AREA CORREGIDA	TMS
PERICO	1	19.07	0.15	6466	17.01	0.20	6880.97	3715.73
PERICO	2	19.46	0.17	1639	17.03	0.20	1744.19	941.86
PERICO	3	20.31	0.18	1639	18.21	0.20	1744.19	941.86
PERICO	4	19.11	0.19	2688	16.31	0.20	2860.51	1544.68
PERICO	5	18.21	0.18	3189	17.19	0.20	3393.66	1832.58
PERICO	101	19.07	0.15	13615	17.01	0.20	14488.78	7823.94
PERICO	102	19.46	0.17	15095	17.03	0.20	16063.76	8674.43
PERICO	105	18.21	0.18	6953	17.19	0.20	7399.23	3995.58
PERICO	800	7.89	0.17	71897	6.32	0.20	76511.19	41316.04
PERICO	801	7.89	0.17	66670	6.32	0.20	70948.73	38312.32

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

#### 4.2.5.3. Recursos Veta Escorpión

(Ver ANEXOS, Lámina CVE\_01 Plano de Estimación de Recursos Veta Escorpión)

VETA	BLOQUE	Ley gr/tAu	POTENCIA	AREA	LEY DIL gr/tAu	POT DIL.	AREA CORREGIDA	TMS
Escorpión	1	12.97	0.17	204	10.17	0.20	235.56	127.20
Escorpión	2	13.33	0.18	292	11.32	0.20	337.17	182.07
Escorpión	3	11.32	0.16	298	9.78	0.20	344.10	185.81
Escorpión	4	14.21	0.19	298	9.43	0.20	344.10	185.81
Escorpión	100	12.97	0.17	1594	10.17	0.20	1840.59	993.92
Escorpión	101	12.97	0.17	1374	10.17	0.20	1586.56	856.74
Escorpión	800	10.17	0.15	5816	7.49	0.20	6715.74	3626.50
Escorpión	801	10.17	0.15	13974	7.49	0.20	16135.79	8713.32

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

#### 4.2.5.4. Recursos Veta Mónica

(Ver ANEXOS, Lámina CVM\_01 Plano de Estimación de Recursos Veta Mónica)

VETA	BLOQUE	Ley gr/tAu	POTENCIA	AREA	LEY DIL gr/tAu	POT DIL.	AREA CORREGIDA	TMS
Monica	1	21.67	0.14	1230	16.55	0.20	1420.28	766.95
Monica	2	19.54	0.17	5616	17.32	0.20	6484.80	3501.79
Monica	3	25.46	0.14	4091	19.11	0.20	4723.88	2550.90
Monica	4	21.53	0.13	27201	16.01	0.20	31409.01	16960.87
Monica	101	21.67	0.14	3713	16.55	0.20	4287.40	2315.20
Monica	100	21.67	0.14	25188	16.55	0.20	29084.60	15705.68
Monica	800	11.12	0.16	97779	6.00	0.20	112905.46	60968.95

Fuente: E.M.F.S.A. y Elaboración Propia.

## 4.2.6. Resumen de recursos y reservas U.E.A. Mina FIDAMI Sancos- Lucanas-Ayacucho

### 4.2.6.1. Veta Ana

#### RECURSOS MINERALES – VETA ANA

##### MINERAL MENA

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO	20,452	0.20	18.13	11,921
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MENA</b>	<b>20,452</b>	<b>0.20</b>	<b>18.13</b>	<b>11,921</b>

##### MINERAL MARGINAL

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO	21,250	0.20	18.13	12,386
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MARGINAL</b>	<b>21,250</b>	<b>0.20</b>	<b>18.13</b>	<b>12,386</b>
<b>TOTAL MEDIDO e INDICADO</b>	<b>41,702</b>	<b>0.20</b>	<b>18.13</b>	<b>24,308</b>

##### MINERAL PROSPECTIVO

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO	87.165	0.20	6.55	18.36
<b>TOTAL PROSPECTIVO</b>	<b>87.165</b>	<b>0.200</b>	<b>6.550</b>	<b>18.356</b>

##### MINERAL DE RESERVAS

A. por el valor

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Mena	20,452	18.13	0.20	11,921.32	22544	0.529
Marginal	21,250	18.13	0.20	12,386.47	23424	0.529
<b>Total reservas</b>	<b>41,702</b>	<b>18.13</b>	<b>0.20</b>	<b>24,307.79</b>	<b>45,969</b>	<b>0.53</b>

B. por la certeza

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Probado	41,702	18.13	0.20	24,307.79	45969	0.529
Probable	0	0.00	0.00		0	0.000
<b>Total reservas</b>	<b>41,702</b>	<b>18.13</b>	<b>0.20</b>	<b>24,307.79</b>	<b>45,969</b>	<b>0.53</b>

C. por la Accesibilidad

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Accesible	20,452	18.13	0.20	11,921.32	22544	0.529
Ev. Accesible	21,250	18.13	0.20	12,386.47	23424	0.529
<b>Total reservas</b>	<b>41,702</b>	<b>18.13</b>	<b>0.20</b>	<b>24,307.79</b>	<b>45,969</b>	<b>0.53</b>

#### 4.2.6.2. Veta Perico

**RESERVAS MINERALES VETA PERICO  
RECURSOS MINERALES – VETA PERICO**

**MINERAL MENA**

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO	6,283	0.20	17.05	3,444
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MENA</b>	<b>6,283</b>	0.20	17.05	3,444

**MINERAL MARGINAL**

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO	10,246	0.20	17.05	5,617
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MARGINAL</b>	<b>10,246</b>	0.20	17.05	5,617

<b>TOTAL MEDIDO e INDICADO</b>	<b>16,529</b>	0.20	17.05	9,061
--------------------------------	---------------	------	-------	-------

**MINERAL PROSPECTIVO**

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO	69,283.500	0.20	6.32	14,077.89
<b>TOTAL PROSPECTIVO</b>	<b>69,283.500</b>	0.200	6.320	14,077.892

**MINERAL DE RESERVAS**

A. por el valor

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Mena	6,283	17.05	0.20	3,444.15	6926	0.497
Marginal	10,246	17.05	0.20	5,616.55	11294	0.497
<b>Total reservas</b>	<b>16,529</b>	<b>17.05</b>	<b>0.20</b>	<b>9,060.70</b>	<b>18,220</b>	<b>0.50</b>

B. por la certeza

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Probado	16,529	17.05	0.20	9,060.70	18220	0.497
Probable	0	0.00	0.00		0	0.000
<b>Total reservas</b>	<b>16,529</b>	<b>17.05</b>	<b>0.20</b>	<b>9,060.70</b>	<b>18,220</b>	<b>0.50</b>

C. por la Accesibilidad

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Accesible	6,283	17.05	0.20	3,444.15	6926	0.497
Ev. Accesible	10,246	17.05	0.20	5,616.55	11294	0.497
<b>Total reservas</b>	<b>16,529</b>	<b>17.05</b>	<b>0.20</b>	<b>9,060.70</b>	<b>18,220</b>	<b>0.50</b>

### 4.2.6.3. Veta Escorpión

#### RECURSOS MINERALES – VETA ESCORPIÓN

##### MINERAL MENA

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO	477	0.20	10.17	156
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MENA</b>	<b>477</b>	0.20	10.17	156

##### MINERAL MARGINAL

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO	925	0.20	10.17	303
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MARGINAL</b>	<b>925</b>	0.20	10.17	303
<b>TOTAL MEDIDO e INDICADO</b>	<b>1,402</b>	0.20	10.17	458

##### MINERAL PROSPECTIVO

TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO	9,895	0.20	7.49	2,382.80
<b>TOTAL PROSPECTIVO</b>	<b>9,895.000</b>	0.200	7.490	2,382.804

##### MINERAL DE RESERVAS

A. por el valor

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Mena	477	10.17	0.20	155.85	525	0.297
Marginal	925	10.17	0.20	302.56	1020	0.297
<b>Total reservas</b>	<b>1,402</b>	<b>10.17</b>	<b>0.20</b>	<b>458.40</b>	<b>1,545</b>	<b>0.30</b>

B. por la certeza

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Probado	1,402	10.17	0.20	458.40	1545	0.297
Probable	0	0.00	0.00		0	0.000
<b>Total reservas</b>	<b>1,402</b>	<b>10.17</b>	<b>0.20</b>	<b>458.40</b>	<b>1,545</b>	<b>0.30</b>

C. por la Accesibilidad

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Accesible	477	10.17	0.20	155.85	525	0.297
Ev. Accesible	925	10.17	0.20	302.56	1020	0.297
<b>Total reservas</b>	<b>1,402</b>	<b>10.17</b>	<b>0.20</b>	<b>458.40</b>	<b>1,545</b>	<b>0.30</b>

#### 4.2.6.4. Veta Mónica

MINERAL MENA		RECURSOS MINERALES – VETA MÓNICA			
TIPO				ido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO	16,646	0.20	16.55		8,857
RECURSO INDICADO					
RECURSO INFERIDO					
<b>TOTAL MENA</b>	<b>16,646</b>	<b>0.20</b>	<b>16.55</b>		<b>8,857</b>

MINERAL MARGINAL				
TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO	9,010	0.20	16.55	4,794
RECURSO INFERIDO				
<b>TOTAL MARGINAL</b>	<b>9,010</b>	<b>0.20</b>	<b>16.55</b>	<b>4,794</b>
<b>TOTAL MEDIDO e INDICADO</b>	<b>25,657</b>	<b>0.20</b>	<b>16.55</b>	<b>13,652</b>

MINERAL PROSPECTIVO				
TIPO	TMS	ANCHO DILUIDO	g/t Au Diluido	Oz. Finas Au
RECURSO MEDIDO				
RECURSO INDICADO				
RECURSO INFERIDO	48,889.500	0.20	6.00	9,431.00
<b>TOTAL PROSPECTIVO</b>	<b>48,889.500</b>	<b>0.200</b>	<b>6.000</b>	<b>9,430.997</b>

#### MINERAL DE RESERVAS

A. por el valor

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Mena	16,646	16.55	0.20	8,857.43	18349	0.483
Marginal	9,010	16.55	0.20	4,794.41	9932	0.483
<b>Total reservas</b>	<b>25,657</b>	<b>16.55</b>	<b>0.20</b>	<b>13,651.84</b>	<b>28,282</b>	<b>0.48</b>

B. por la certeza

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Probado	25,657	16.55	0.20	13,651.84	28282	0.483
Probable	0	0.00	0.00		0	0.000
<b>Total reservas</b>	<b>25,657</b>	<b>16.55</b>	<b>0.20</b>	<b>13,651.84</b>	<b>28,282</b>	<b>0.48</b>

C. por la Accesibilidad

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Accesible	16,646	16.55	0.20	8,857.43	18349	0.483
Ev. Accesible	9,010	16.55	0.20	4,794.41	9932	0.483
<b>Total reservas</b>	<b>25,657</b>	<b>16.55</b>	<b>0.20</b>	<b>13,651.84</b>	<b>28,282</b>	<b>0.48</b>

#### 4.2.6.5. Resumen general

### RESUMEN GENERAL DEL INVENTARIO DE RECURSOS AL 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

#### MINERAL MEDIDO POR VETA

VETA	TMS	g/t Au Diluido	Ancho Diluido	Onzas/TM
ANA	20,452	18.13	0.20	11921
PERICO	6,283	17.05	0.20	3444
MONICA	16,646	16.55	0.20	8857
ESCORPION	477	10.17	0.20	156
	<b>43,858</b>	<b>17.29</b>	<b>0.20</b>	<b>24379</b>

#### MINERAL INDICADO POR VETA

VETA	TMS	g/t Au Diluido	Ancho Diluido	Onzas/TM
ANA	21,250	18.13	0.20	12386
PERICO	10,246	17.05	0.20	5617
MONICA	9,010	16.55	0.20	4794
ESCORPION	925	10.17	0.20	303
	<b>41,432</b>	<b>17.34</b>	<b>0.20</b>	<b>23100</b>

#### MINERAL INFERIDO POR VETAS

VETA	TMS	g/t Au Diluido	Ancho Diluido	Onzas/TM
ANA	87	6.55	0.20	18
PERICO	69,284	6.32	0.20	14078
MONICA	48,890	6.00	0.20	9431
ESCORPION	9,895	7.49	0.20	2383
	<b>128,155</b>	<b>6.29</b>	<b>0.20</b>	<b>25910</b>

#### MINERAL DE RESERVAS

A. por el valor

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Mena	43,858	17.29	0.20	24,378.75	48345	0.504
Marginal	41,432	17.34	0.20	23,099.98	45671	0.506
<b>Total reservas</b>	<b>85,290</b>	<b>17.31</b>	<b>0.20</b>	<b>47,478.73</b>	<b>94,016</b>	<b>0.51</b>

B. por la certeza

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Probado	85,290	17.31	0.20	47,478.73	94016	0.505
Probable	0	0.00	0.00		0	0.000
<b>Total reservas</b>	<b>85,290</b>	<b>17.31</b>	<b>0.20</b>	<b>47,478.73</b>	<b>94,016</b>	<b>0.51</b>

C. por la Accesibilidad

	T.M.S	Gr Au	Ancho	Onzas Au	T.M.C	OZ/TMC
Accesible	43,858	17.29	0.20	24,378.75	48345	0.504
Ev. Accesible	41,432	17.34	0.20	23,099.98	45671	0.506
<b>Total reservas</b>	<b>85,290</b>	<b>17.31</b>	<b>0.20</b>	<b>47,478.73</b>	<b>94,016</b>	<b>0.51</b>

#### 4.2.7. Paragénesis y eventos de mineralización

Habiendo realizado el estudio Geológico, correspondientes a diferentes estructuras mineralizadas de la mina FIDAMI (Veta – falla Ana, Perico, Mónica (ex. Anampa)), las muestras para el estudio se tomaron de labores de interior mina. De esto se obtuvo una interpretación preliminar para generar la secuencia paragenética del yacimiento y los posibles eventos mineralizantes dados a lugar en el prospecto.

##### 4.2.7.1. Paragénesis

Paragénesis: La secuencia preliminar determinada es la siguiente, 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. 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 rellenando 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. III) hematita II (tardia) 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, de los 5 presentes (en superficie), el cuarzo contenido como ganga en la vetas probablemente ha transportado el oro en repetidas oportunidades colaborando con el enriquecimiento del yacimiento.

#### 4.2.7.2. Zonación

Se ha identificado una variabilidad lateral (zonación) de este a oeste en las ocurrencias de Au y cobre en las estructuras mineralizadas en profundidad, al oeste se observa mayor presencia de óxidos y valores buenos en Au (veta Mónica, Ana), al Este la presencia de óxidos de cobre disminuye notablemente así también los valores de oro aumentan progresivamente (sector veta Ana a sistema de vetas Perico y Mónica (ex. Anampa)).

Referente a la zonación vertical se tiene poca información, pero algunos indicios de movimiento en bloques en la Veta Ana exponen la siguiente secuencia: niveles someros ensambles de hematita-goetita-jarosita-sílice jaseroide (calcedónica) en vetas mesotermales y ensambles de atacamita-crisocola azurita- hematita asociado a zonas de skarn por escasos 20 a 30 m (zona de óxidos), seguido una zona mixta de ensambles de hematita-goetita, piritacalcopirita y neotocita-covelita-óxidos de manganeso; finalmente se observa un ensamble de magnetita-pirita-calcopirita-covelita (sulfuros primarios, mayor profundidad).

**Cuadro N° 12.** Secuencia paragenética de la mina FIDAMI

EVENTOS	PRE-MINERAL	I	II	III
Oro Nativo			_____?	
Hematita I		_____	-----	
Magnetita		_____	_____	
Pirita		_____	-----	
Calcopirita		_____	_____	-----
Covelina			_____	_____
Hematita II				_____
Cuarzo I			_____	-----
Cuarzo II				_____
Calcita				_____
Sericita		_____	_____	-----
Caolin		_____	_____	-----
Falla	_____	_____	_____	_____

Leyenda	
_____	Abundante
_____	Moderado
-----	Escaso

Fuente: E.M.F.S.A.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** El yacimiento minero aurífero FIDAMI se encuentra emplazado en las granodioritas de la Súper Unidad Tiabaya del Batolito de la Costa, y forma parte de la Franja mineralizada Nazca-Ocoña de Au-Cu de la Provincia Metalogenética de Cu del Batolito de la Costa.

- i.* La metalogenia del yacimiento se caracteriza por la ocurrencia de vetas de Au emplazadas en el intrusivo y volcánico con rumbos de  $N50^{\circ}-60^{\circ}W$  y buzamientos variables de  $68^{\circ}-80^{\circ}NE$  principalmente, en estas estructuras (Veta Ana, Veta Perico, Veta Escorpión y Veta Mónica), se forman concentraciones o “clavos” irregulares con mineralización económica de 0.10 metros hasta 0.20 metros de ancho y de 20 a 80 metros de profundidad conocida hasta ahora que se alinean en “rosario” hasta 350 metros de longitud, a veces en estructura cimoidal, e interrumpidas por fallas realizando movimientos dextrales.
- ii.* Estructuralmente, presenta un sistema de fracturamiento pre-mineral de rumbo NW-SE y E-W con buzamientos al NE y N respectivamente. El tipo de yacimiento, es de relleno de fracturas, epigenético de origen hidrotermal, de facies meso a epitermal, de media a baja temperatura.
- iii.* La mineralización económica está conformada por la ocurrencia de Au (mena) se encuentra asociada e íntimamente ligada a la fase de alteración hidrotermal de silicificación y argilización - seritización, estas alteraciones se encuentran limitadas tanto hacia la roca caja techo como al piso y se distribuye formando halos.

**SEGUNDA.** Realizando el inventario de recursos y reservas minerales se tiene una estimación integral considerado recurso mineral medido entre mena, se tiene como resultado un total de 43,858 TM con una ley promedio de 17.90 grAu/TM. Considerando también la estimación de recursos mineral indicado entre marginal es de 41,432 TM con una ley promedio de 17.34 grAu/TM. Además, la estimación de recursos mineral inferido entre prospectivo es de 128,155 TM con una ley promedio de 6.29 grAu/TM.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** Dar prioridad a las labores de exploración y desarrollos para aumentar las reservas de mena de las estructuras mineralizadas de la Mina FIDAMI.

**SEGUNDA.** Se debe continuar con los mapeos de todas las labores y cateos tanto en superficie e interior mina.

**TERCERA.** Efectuar una campaña de perforación diamantina en interior mina en el Nv. 2228 y en superficie más al NE con dirección SW, con la finalidad de transformar los recursos minerales en reservas y validar los resultados de la geoquímica. Adicionalmente se obtendrá información sobre el comportamiento de las estructuras en niveles profundos.

**CUARTA.** Realizar estudios petrográficos con muestras de superficie e interior mina, con el fin de determinar con mayor certeza los estilos de mineralización existentes.

**QUINTA.** Llevar un control permanente del comportamiento estructural relacionado con las estructuras mineralizadas, para tener un mejor conocimiento de los clavos mineralizados.

**SEXTO.** Considerar la posibilidad de implementar un software en 3D, que permita el modelamiento del yacimiento, así como la cubicación de reservas y recursos mediante este sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agar R. (1978). *La mineralización de Cobre y la Super-Unidad Linga del Batolito de la Costa*. Anales del IV Congreso Peruano de Geología. Bol. Soc. Geol. Perú. Tomo No. 62.
- Bateman, A. M. (1982). *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico*. Quinta edición. Editorial omega. Barcelona, España: 987 p.
- Belousov, V.V. (1974). *Geología estructural*. Editorial MIR. Moscú: 305p.
- Bellido, E., Guevarra, C. (1963). *Geología de los cuadrángulos de la Punta de Bombón y Clemesí*. Bol. Com. Carta Geol. Econ. No. 1 – Serie B.
- Benavides, (1962). *Geología del distrito minero aurífero de Orión, Caravelí-Arequipa*. Resumen extendido.
- Boletín No 34, Serie A, 1980. Hojas 31-ñ Jaqui, 31-0 Coracora, 32-ñ Chala y 32-O Chaparra INGEMMET
- Bueno, J. (2000). *Geología económica del yacimiento minero Gladis V*. tesis ingeniero geólogo. CPIG-FIGIM-UNA-PUNO. 132 pág.
- Bustillo R. M.; López, J. C. (1996). *Recursos minerales, tipología, prospección, evaluación, explotación, mineralúrgica, impacto ambiental*. Entorno grafico S.L. (Madrid).
- Caldas, J. (1978). *Geología de los Cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca*. Bol. Inst. Geol. Min. Met. No. 30, de la Serie A.
- Charles, P., Roy, M. (1981). *Yacimientos Minerales*. EDICIONES OMEGA S.A. pp. 1-500.

- Cloos, H. (1928). *Experimente zur inneren Tektonik*. Centralbl Mineral Pal 5:609-621.
- Cobbing, J. (1974). *Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta*. Serv. Geol. Min. Bol. 26, Serie A.
- Dávila, J. (1999). *Diccionario Geológico*. Primera edición. Impreso en INGEMMET. Lima: 1006p.
- De Montreuil, L. (1990). *Mineralogía de los Yacimientos Auríferos en el Perú*, p 307-343. Resumen extendido Segundo Simposium internacional del Oro.
- De Montreuil, L. (1979). *Ocurrencia de oro y sus asociaciones mineralógicas en la faja aurífera Nazca-Ocoña, p 25-48. Programa Científico-Cultural*. INGEMMET.
- Fisher, R. V. & Schmincke, H. U. (1984). *Pyroclastic Rocks, Berlin, Springer-Verlag*.
- Hedenquist, J. W. (1987). *Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin, in Transactions of the 4th Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, 1986, Oklahoma, Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources, 1-26*.
- Jenks, W. (1948). *Geología de la hoja de Arequipa*. Inst. Geol. del Perú. Bol. No. 9, de la Serie A.
- Jorc, (2012). *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code)*.

- Kesler, S. E. (1994). *Mineral resources, economics and the environment*.  
Maxwell Macmillan International.
- Le Maitre. (2005). *Igneous Rock Classification*.
- Mendivil, S. (1965). *Geología de los Cuadrángulos de Maure y Antajave*. Com.  
Carta Geol. Nac. Bol. No. 10, de la Serie A.
- 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.
- Núñez, 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.
- Oyarzun, R. (2011). *Estimación de Reservas Minerales*.
- Palacios, O. (1995). *Geología del Perú*. Boletín N° 55 Serie A. Primera edición.  
Fimart S.A. editores & impresiones. Lima: 177 p.
- Parker, J. (1962). *Origen, Distribución y Movimiento de las Arenas Eólicas en el  
área de Yauca a Paola*. Bol. Soc. Geol. del Perú. Tomo 37. (p.37-58).
- Riedel, W. (1929). *Zur mechanik geologischer Brucherscheinungen*. Zentralblatt  
Mineral Geol Paläont B:354-368.
- Rivera, R. (1951). *La Fauna de los Estratos Puente Inga*. Bol. Soc. Geol. Lima –  
Perú. T.22,9 pl. 55p.

- 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.
- Shakelton, W. G. (1986). *Economic and applied geology*. Croom Helm. 227pg.
- Smirnov, V. I. (1982). *Geología de yacimientos minerales*. Editorial MIR, Moscú, Rusia: 655p
- Steinmuller, K. (1999). *Los depósitos metálicos en el Perú y sus modelos*. Primera edición. INGEMMET. Lima: 14 p.
- Townley, B. K. (2000). *Yacimientos Minerales y Procesos Geológicos*. Departamento de Geología universidad de Chile.
- Tumialán, P. H. (2003). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*. INGEMMET, Boletín N°10, serie B, 619p.
- Vargas, L. (1970). *Geología del Cuadrángulo de Arequipa Bol. Serv. Geol. Min.* No. 24. Lima-Perú (Serie A).
- Vázquez, F. (1997). *Geología económica de los Recursos Minerales*. Fundación Gómez Pardo; Madrid.
- 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.
- Viladevall, M. (2008). *La Prospección Geoquímica Volum. 1, Número. 273*, pp. 1 – 273.

Wilson, J., Garcia, W. (1962). *Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca*.  
Com. Carta Geol. Nac. Bol. No. 4, de la Serie A.

Wilson, J., Reyes, L. (1964). *Geología del Cuadrángulo de Pataz*. Com. Carta  
Geol. Nac. Bol. No. 9, de la Serie A.

## WEBGRAFIA

Cobertt y Leach, (1998). *Asociaciones de minerales de alteración comunes en  
sistemashidrotermales*.  
<http://www.osc.uchile.cl/%7Evmaksaev/ALTERACION.pdf>.

Echavarría, L. E. (1995). *Depósito Epitermal Cuarzo-Aurífero El Dorado-  
Montserrat*, Prov. de Santa Cruz. Actas. 5º Congreso Nacional de Geología  
Económica, Actas: 414-425. San Juan.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-48222004000100007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222004000100007).

Depósitos epitermales de alta y baja... (PDF Download Available). Available  
from:  
[https://www.researchgate.net/publication/28066159\\_Depositos\\_epitermales\\_de\\_alta\\_y\\_baja\\_sulfuracion\\_Una\\_tabla\\_comparativa](https://www.researchgate.net/publication/28066159_Depositos_epitermales_de_alta_y_baja_sulfuracion_Una_tabla_comparativa).

Stone, J.G. & Dunn, P.G. (1993). *Ore reserve estimates in the real world*. Society  
of Economic Geologists. Special Publication no 3, 150 pp.  
<https://es.slideshare.net/YhonRichardPillco/estimacin-de-reservas>

# ANEXOS



