

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Comportamiento Geológico del Cuerpo Hadas 1, Mina**

**Raura**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor: Bach. Robert Percy LOPEZ PANEZ**

**Asesor: Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI**

**Cerro de Pasco – Perú – 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Comportamiento Geológico del Cuerpo Hadas 1, Mina**

**Raura**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg Luis Arturo LAZO PAGAN**

**PRESIDENTE**

---

**Mg Javier LOPEZ ALVARADO**

**MIEMBRO**

---

**Mg Ramiro DE LA CRUZ FERRUZO**

**MIEMBRO**

## DEDICATORIA

La presente tesis va dedicado a dios y también a todas las personas que me apoyaron y confiaron en mí para que este sueño se haga realidad.

A mi amada esposa Rosi Gregorio, por ser la mujer ideal que tanto tiempo busqué; aunque hubo algunos momentos difíciles, siempre ha estado brindándome su comprensión, respeto y amor.

A mis 2 amados hijos, Bastián y Eimy por ser mi fuente de inspiración y motivación para superarme y ser cada día mejor.

A mis amados padres y hermanos que con su apoyo incondicional no me dejaban decaer para seguir adelante y ser perseverante para cumplir con mis ideales

A mis docentes y amigos de trabajo, que compartieron sus conocimientos y me dieron el soporte para crecer profesionalmente.

## RECONOCIMIENTO

A Dios por brindarme los medios necesarios para realizar mis proyectos de vida.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por haberme permitido formarme en ella y a sus docentes quienes me entregaron una serie de conocimientos y valores, personas que fueron partícipes de este proceso, gracias a todos ustedes.

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo conocer el comportamiento geológico del cuerpo Hadas 1 de la Mina Raura.

Uno de los objetivos del geólogo de Mina es el incremento de recursos, por lo que es necesario determinar el comportamiento geológico de la mineralización del mencionado Cuerpo, para establecer la estimación de recursos.

Los rasgos característicos geológicos para la identificación de este Cuerpo en la Mina Raura ha sido básicamente la litología para encontrarnos en una zona favorable para la mineralización así mismo las zonas de contacto metasomático entre las calizas e intrusivos pórfidos cuarcíferos con importantes leyes de Zn, Pb y Cu. El control estructural está asociado con la mineralización.

Es necesario conocer los controles geológicos de mineralización del Cuerpo Hadas 1 y determinar la estimación de recursos.

La estimación de recursos se realiza utilizando una serie de parámetros para la estimación.

**Palabras clave:** Comportamiento geológico, Conocimiento del control estructural, Estimación de recursos.

## ABSTRACT

This present thesis has as aims to know the geological behavior of the body Hadas 1 mine Raura.

One of the aims of Mina's geologist is the increase in resources, so it is necessary to determine the geological behavior of the said Body's mineralization, to establish the relationship of resources.

The traits characteristic geological for the identification of this Body in the Raura Mine have been basilly identified in the lithology to find in a favorable zone for mineralization as well as the zones of metasomatic contact between limestone and intrusive porphyry quartziferous with important laws of Zn, Pb and Cu. Structural control is associated with mineralization.

It is necessary to know the geological controls of mineralization of the Body Hada 1 and determine the variation of resources.

The estimate of resources is done using a series of parameters for the estimate.

**Keywords:** Geological behavior, knowledge of structural control, resource estimation

## INTRODUCCION

La Mina Raura, se encuentra en la secuencia sedimentaria mesozoica de la cordillera occidental, es clasificado como un yacimiento del tipo Skarn de Zn-Pb, que se desarrolló en un ambiente de óxido-reducción.

Por la profundidad debajo de las tobas de lapilli soldadas del cenozoico.

Además la mina Raura de emplazamiento de las series magmáticas pertenece a un nivel mesotermal, que fueron generados de intrusivos precursores de trasarcos correspondientes al batolito de la cordillera blanca, generando cámaras de magma parental que proporcionaron el magma necesario para la formación de stocks granodioríticos y monzoníticos de 10-15 Ma y diques sub volcánicos de cuarzo monzonita y dacita porfirítica de 7-10 Ma respectivamente, ambos con una composición calco alcalina que se encuentran se halla en el borde oeste de la Faja Corrida, Plegada y Fallada del Marañón, que se halla limitada regionalmente por la Falla Chonta y Sistemas de Fallas Marañón; localmente se encuentra relacionada por el oeste a la Falla Chonta y por el este a la Falla Raura que tienen rumbo andino NW-SE, estos sistemas están conformados por dos o más fallas, de las cuales se puede decir que, las fallas inversas y de corrimiento tienen un buzamiento menor, y las fallas con buzamiento sub verticales son fallas transcurrentes; existe un segundo sistema fallas transversales de las cuales se diferencian tres familias NWW-SEE, E-W y NE-SW, las dos primeras conforman un corredor estructural transversal al rumbo andino.

La paragénesis del yacimiento es Cu-Zn-Pb-Ag, la mineralización se encuentra ligada a las zonas de contacto con stocks de cuarzo monzonita y granodiorita con rocas carbonatadas pertenecientes a la formación Jumasha del Cretáceo Superior; se puede distinguir una etapa de mineralización progradada de granate-piroxeno cálcico y una fase

retrograda con calcita, epidota, cuarzo, clorita, y sulfuros. Los minerales metálicos son la calcopirita, esfalerita, galena, galena argentífera, pirita, y freibergita.



# INDICE

DEDICATORIA .....	3
RECONOCIMIENTO.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUCCION.....	7
CAPITULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	13
<b>1.1. Identificación y Determinación del Problema.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Delimitación de la investigación.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3. Formulación del Problema .....</b>	<b>14</b>
1.3.1. Problema general.....	14
1.3.2. Problemas específicos.....	14
<b>1.4. Formulación de objetivos .....</b>	<b>15</b>
1.4.1. Objetivo General .....	15
1.4.2. Objetivos Específicos .....	15
<b>1.5. Justificación de la investigación.....</b>	<b>15</b>
<b>1.6. Limitaciones de la investigación.....</b>	<b>15</b>
CAPITULO II.....	16
MARCO TEÓRICO .....	16

<b>2.1. Antecedentes de estudio</b> .....	16
<b>2.2. Bases teóricas -científicas</b> .....	16
2.2.1. Definición científica .....	16
2.2.2. Método geológico .....	23
2.2.3. CRITERIOS Y FACTORES DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS .....	23
<b>2.3. Definición de términos básicos</b> .....	44
<b>2.4. Formulación de hipótesis</b> .....	50
2.4.1. Hipótesis General .....	50
2.4.2 Hipótesis específicas.....	50
<b>2.5. Identificación de Variables</b> .....	51
2.5.1. Variable Independiente .....	51
2.5.2. Variable Dependiente .....	51
2.5.3. Variable Interviniente .....	51
<b>2.6. Definición operacional de variables e indicadores</b> .....	51
CAPÍTULO III.....	52
METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACION .....	52
<b>3.1. Tipo de Investigación</b> .....	52
<b>3.2. Método de investigación</b> .....	52
3.2.1. Método de Logueo Geológico.....	52
3.2.2. Petrografía .....	52
<b>3.3. Diseño de la Investigación</b> .....	53

<b>3.4. Población y Muestra</b> .....	53
<b>3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</b> .....	53
<b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos:</b> .....	53
<b>3.7. Tratamiento estadístico</b> .....	53
<b>3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación</b> .....	54
<b>3.9. Orientación ética</b> .....	54
<b>CAPITULO IV</b> .....	55
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	55
<b>4.1. Descripción del trabajo de campo</b> .....	55
4.1.1 GENERALIDADES .....	55
4.1.2. GEOLOGIA REGIONAL .....	61
4.1.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	61
4.1.4. GEOLOGIA LOCAL .....	81
<b>4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados</b> .....	92
4.2.1. Recursos Minerales .....	92
4.2.2. Reservas Minerales.....	96
4.2.3. Método Geoestadístico.....	99
4.2.4. Comportamiento De La Mineralización Del Cuerpo Hadas 1 .....	109
<b>4.3. Prueba de Hipotesis</b> .....	119
<b>4.4. Discusión de resultados</b> .....	119

CONCLUSIONES.....	121
RECOMENDACIONES .....	122
BIBLIOGRAFIA.....	123

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

#### **1.1. Identificación y Determinación del Problema**

El objetivo de la presente tesis es conocer el comportamiento geológico de la mineralización del cuerpo Hadas 1 de la Mina Raura.

Por lo tanto, es necesario determinar el comportamiento geológico de la mineralización del mencionado Cuerpo, para luego establecer la estimación de recursos.

Los rasgos característicos para la identificación de este Cuerpo en la Mina Raura ha sido básicamente encontrarnos en una zona favorable para la mineralización como zonas de contacto metasomático entre las calizas e intrusivos pórfidos cuarcíferos con importantes leyes de Zn, Pb y Cu. Asimismo, es importante el control estructural asociada con la mineralización.

Es necesario conocer los controles geológicos de mineralización del Cuerpo Hadas 1 y determinar la estimación de recursos.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

Luego de haber descrito la problemática del estudio la investigación se ha delimitado en los siguientes aspectos.

### **Delimitación espacial**

Esta investigación está comprendida dentro de las regiones Huánuco, Lima y Pasco dentro de la mina Raura

### **Delimitación temporal**

El periodo que comprende la investigación corresponde al periodo 2019

### **Delimitación social**

Para la realización de esta investigación se realizó con softwares que nos ayudan al modelamiento de dicha veta

## **1.3. Formulación del Problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿El comportamiento geológico de la mineralización del Cuerpo Hadas 1, determinará el incremento de reservas minerales en la Mina Raura?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las características geológicas del yacimiento?
- ¿Cuáles son los controles estructurales para la mineralización del cuerpo Hadas 1?
- ¿Cuáles son los controles litológicos, estratigráficos y mineralógicos de la mineralización del cuerpo Hadas 1?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### 1.4.1. Objetivo General

- Determinar el comportamiento geológico el Cuerpo Hadas 1 de la Mina Raura.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la geología del cuerpo Hadas 1 de la Mina Raura.
- Conocer los controles estructurales de la mineralización.
- Conocer los controles litológicos, estratigráficos y mineralógicos.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Es importante señalar que la justificación para realizar el presente estudio es de dar a conocer el comportamiento geológico de la mineralización del Cuerpo Hadas 1, contribuyendo a la geología de la zona y contribuye al incremento de reservas de minerales creando un aporte benéfico y económico para la unidad minera.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La información solo es para el yacimiento estudiado y el cuerpo mineralizado Hadas

1.

Un mal control en la base de datos antigua, donde no se tiene información completa de los sondajes.

La poca información relacionada al tema de la tesis.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Se tiene la tesis intitulada “Aplicación del programa de aseguramiento y control de calidad (QA&QC) en el muestreo geológico de la mina subterránea Raura S.A.” de M. A. Guerrero S. donde se propone los parámetros para efectuar un muestreo con calidad y eficacia en la mina Raura.

#### **2.2. Bases teóricas -científicas**

##### 2.2.1. Definición científica

El depósito es considerado de tipo Skarn emplazado en rocas sedimentarias y volcánicas asimismo tiene zonas de mineralización epitermal



## **SKARN COMO ORIGEN DE LA MINERALIZACIÓN**

La ubicación de acuerdo a la tectónica de placas, un ambiente orogénico temprano puede ser visualizado como un arco magmático asociado con un empujado ángulo en la zona de subducción en un ambiente oceánico dominante. En algunos casos estos terrenos son subsecuentemente acrecionados creciendo márgenes continentales. Magmatismo de arco de islas incluye rocas volcánicas basálticas y andesíticas las cuales pueden localmente interdigitarse con rocas clásticas de tras-arco o con arcos volcánicos bajo el nivel del mar, con rocas marinas superficiales clásticas incluyendo arrecifes calcáreos. Rocas intrusivas con rangos de gabro a granodiorita con menores rocas alcalinas. Depósitos de skarn ricos en magnetita son asociados con tales plutones y se forman en andesitas volcánicas y en calizas. Algunas de las características claves de que grupo de estos skarn aparte de estas asociaciones con magmas más evolucionados y corteza son su asociación con plutones gabroicos y dioríticos, los grandes volúmenes de endoskarn y los más difundidos metasomatismos de sodio, la mayor parte de composición ricos en Fe y pobres en magnesio, y la presencia de elementos anómalos Fe, Co, Au, (Ni) y (Zn) y la ausencia de Sn, W y Pb reflejan la primitiva naturaleza oceánica de la corteza, roca caja y plutones. Arcos magmáticos desarrollados en corteza continental representan un más evolucionado ambiente orogénico que los arcos de islas oceánicos; plutones son granodiorita a diorita, y las composiciones de estroncio y oxígeno isotópico muestran una mayor característica continental. Estos estados pueden continuar el estado orogénico temprano si un arco de islas es acrecionado a un margen continental.

Variaciones en el ángulo de subducción pueden tener efectos significantes, incluyendo migración de arcos magmáticos, cambios en la composición del magma y cambios en el estilo estructural de los emplazamientos de magma. Estas variaciones combinadas con perturbaciones causadas por cambios de facies estratigráficas, profundidad de las formaciones y otras variables pueden dar aumento en la variación en la geometría de depósitos skarn, mineralogía y contenido del mineral dominante. Evidencia disponible sugiere que el ángulo de subducción podría disminuir con el tiempo y en algunos casos exhibir alguna inclinación reversa. La presente discusión considera dos casos generalizados: un orogénico medio, caso en el cual la inclinación moderada causa subducción en un dominante arco magmático tipo-I, y el caso en el cual la transición de tectonismo post-subducción causa más discontinuidades magmáticas de tipo I y S, rocas más lejos hacia el cratón interior.

Skarns asociados con subducción relacionados a plutones de granodiorita y cuarzo monzonita son los más comunes y más estudiados de todos estos depósitos. Donde el magma es emplazado a relativamente grandes profundidades (5 a 15 km), grandes batolitos de grano grueso resultan como causa típica de extenso metamorfismo, pero, carece de cantidad significativa de alteración de baja temperatura. Skarns asociados con plutones son minados mayormente para tungsteno, con menores cantidades para cobre y molibdeno; zinc y plata pueden estar presentes en skarn distales. Skarn de tungsteno son caracterizados por relativamente reducido calco-silicato y asociación de minerales opacos, menores cantidades de alteración de baja temperatura y generalmente pequeñas cantidades de sulfuros de baja sulfuración.

Donde el magma es emplazado a profundidades intermedias a superficiales de la corteza (1 a 6 km), stocks porfiríticos y plugs de granodiorita a cuarzo monzonita resulta que comúnmente tienen rocas volcánicas cogenéticas. Aureolas metamórficas no son extensas o con alto grado como en los alrededores de los batolitos más profundos y la alteración de los stocks puede ser muy extendido. Skarns asociados son ricos en sulfuros y son minados mayormente para Cu, Fe-Cu y Zn-Pb, con localmente importantes subproductos de Mo, Au y Ag. La distribución mineralógica y razones de metales de estos depósitos skarn son bastante variables. Correlaciones con los tipos de magma, estado de oxidación, profundidad de formación y distancia de las fuentes intrusivas han sido sugeridas para ocurrencias específicas.

Durante la transición a tectonismo de post subducción, el arco magmático puede ensancharse o migrar más hacia el interior. Las intrusiones pueden ser tipo I o S basados en evidencia isotópica, se supone que tienen mayor interacción con corteza continental que con los arcos magmáticos más tempranos. Los magmas tipo I son de composición de cuarzo monzonita a granito y son asociados con skarns que son minados para una variedad de metales; W y Mo son generalmente dominantes con mayores cantidades de Cu y Zn y menores cantidades de Bi, Pb, Ag y Au. En algunos casos la intrusión también contiene mineralización de molibdeno.

Los intrusivos tipos S asociados con este estado orogénico tardío son de composición granítica; rocas volcánicas cogenéticas o aureolas metamórficas extensos son raras. Los plutones son generalmente de grano grueso y contienen megacrístales de cuarzo gris oscuro, cavidades miarolíticas, canales pegmatíticos y alteración de tipo greisen. Skarn asociados son minados para Sn, aunque otros

elementos son usualmente presentes y pueden ser de importancia económica. Estos incluyen Be, B, F, Bi, W, Cu, Zn, Pb y U.

La disposición de los depósitos skarn depende de la ocurrencia de rocas carbonatadas. De esta forma, la ocurrencia de los skarn puede ser errática y en algunas porciones mayores del cinturón orogénico ellos son ausentes o notablemente esparcidos.

Ambiente de formación de los Skarn, referido a un arco magmático donde los intrusivos de composición media - ácida entran en contacto con rocas sedimentarias del tipo calizas y dolomitas y de esta interacción suceden fenómenos de metamorfismo de contacto y que posteriormente con el enfriamiento del intrusivo se liberan fluidos que reaccionan con las calizas y sucede el fenómeno de metasomatismo.

(Modificado de Meinert, 1983).

El término skarn fue introducido por petrólogos metamórficos suecos para designar rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de Ca, Mg y Fe derivados de un protolito de calizas y dolomitas en las cuales se ha introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Al, Fe y Mg.

De modo que se entiende por skarn rocas que contienen minerales calcosilicados, tales como, por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas. A este tipo de rocas metamórficas se asocia un variado grupo de depósitos minerales extremadamente irregulares, los que pueden formar lenguas de mena que se extienden a lo largo de cualquier estructura planar (estratificación, diaclasas, fallas, etc.) y su distribución dentro de la aureola de contacto de un intrusivo es a menudo caprichosa. Los cuerpos de

mena pueden terminar abruptamente cambios en la estructura. Los depósitos de tipo skarn han sido denominados también: metamórficos hidrotermales metamórficos ígneos metamórficos de contacto pirometasomáticos (Lindgren, 1922) Sin embargo, el término SKARN es ampliamente utilizado y es adecuado para referirse a este tipo de depósitos relacionados a aureolas de contacto de intrusiones dentro de secuencias calcáreas (calizas, dolomitas). Estas últimas rocas formadas por calcita o dolomita ( $\text{CaCO}_3$  y  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) se convierten en mármoles, rocas córneas calcosilicatadas (hornfels) y/o skarns por el efecto del metamorfismo de contacto. La producción principal de depósitos de tipo skarn incluye: Fe, Cu, W, C (grafito), Zn, Pb, Mo, Sn, U, Au., granate, talco y wollastonita.

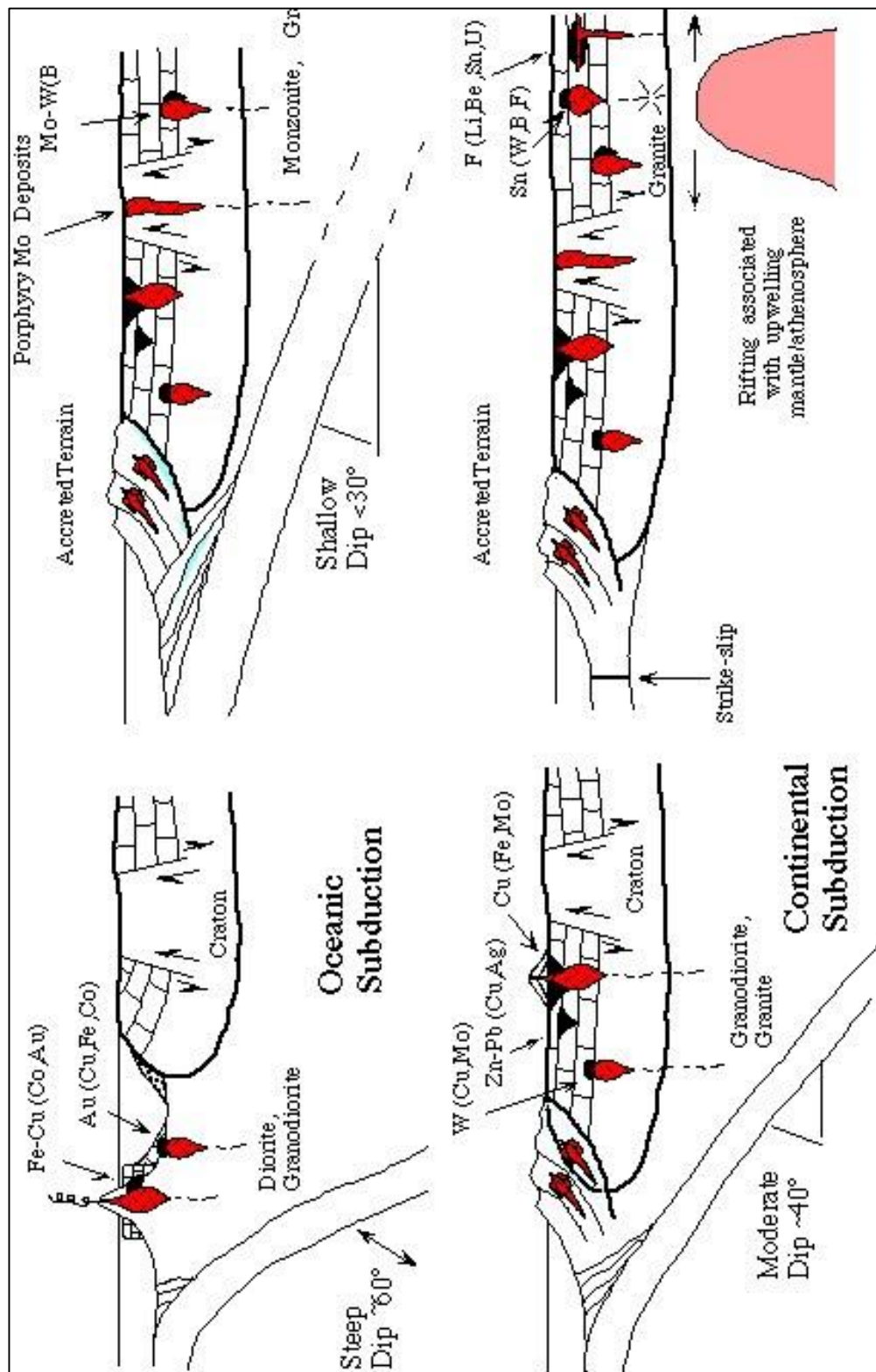


Fig. 2.1 – Ambiente de formación de losSkarn, referido a un arco magmático

### 2.2.2. Método geológico

Es un método directo de prospección o exploración respectivamente (levantamiento geológico y estructural en el terreno) y la base para todos los demás métodos. Este método se constituye del levantamiento geológico y estructural de la superficie, de los afloramientos y como posible del subsuelo (sondeos) en el área de interés.

Por medio del método geológico se logra el reconocimiento de un depósito mineral, en lo que concierne su estructura, su petrografía y mineralogía y los procesos de formación del mismo (Thompson, J.F.193). Por medio de un muestreo profundo de calicatas y trincheras se puede comprobar si existe una relación geoquímica entre el suelo y el cuerpo mineralizado subyacente o no.

### 2.2.3. CRITERIOS Y FACTORES DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS

#### 2.2.3.1 Bloques De Cubicación

Los bloques de Cubicación han sido definidos según los siguientes parámetros:

- ✓ Potencia de las Estructuras
- ✓ La existencia de zonas estériles
- ✓ Dirección de Fluidos (Isovalores)
- ✓ Criterios Geológicos
- ✓ Labores de Preparación

#### 2.2.3.2 Cálculo De Leyes

Las leyes de muestreo han sido calculadas usando la siguiente fórmula:

$$\text{Ley Promedio} = \frac{\Sigma(\text{Ancho Veta} \times \text{Ley})}{\Sigma (\text{Anchos})}$$

### 2.2.3.3 Muestreo, Método Y Procedimientos

Es el proceso de coger parte, generalmente pequeña, representativa de una población cualquiera, siguiendo una técnica optimizada de tal forma que la proporción y distribución de su calidad para análisis sean representativas del conjunto. El muestreo da información sobre la ley y espesor de una parte del depósito y tiene como objetivo el precisar su geometría con vistas a la evaluación general del conjunto mineralizado. En este sentido el muestreo también puede ser dirigido a distinguir zonas estériles, determinar zonas con minerales refractarios a la metalurgia (óxidos, silicatos,.), determinar zonas con elementos contaminantes dentro de la MENA (Hg, As, Bi...), o determinar zonas con metales que proporcionen beneficio como subproductos (Au).

En todo muestreo, debe estar bien establecido lo siguiente:

1. Objetivo del muestreo.
2. Población a muestrear
3. Datos a recolectar
4. Manera de recolectar los datos
5. Grado de precisión deseado
6. Método de medida.

Para cumplir bien con la definición inicial de muestreo, se debe cumplir el hecho siguiente, de vital importancia:

**“El muestreo debe ser equiprobable”**



El muestreo es equiprobable cuando todos los fragmentos que constituyen el lote tienen la misma probabilidad de ser elegidos para la constitución de la muestra.

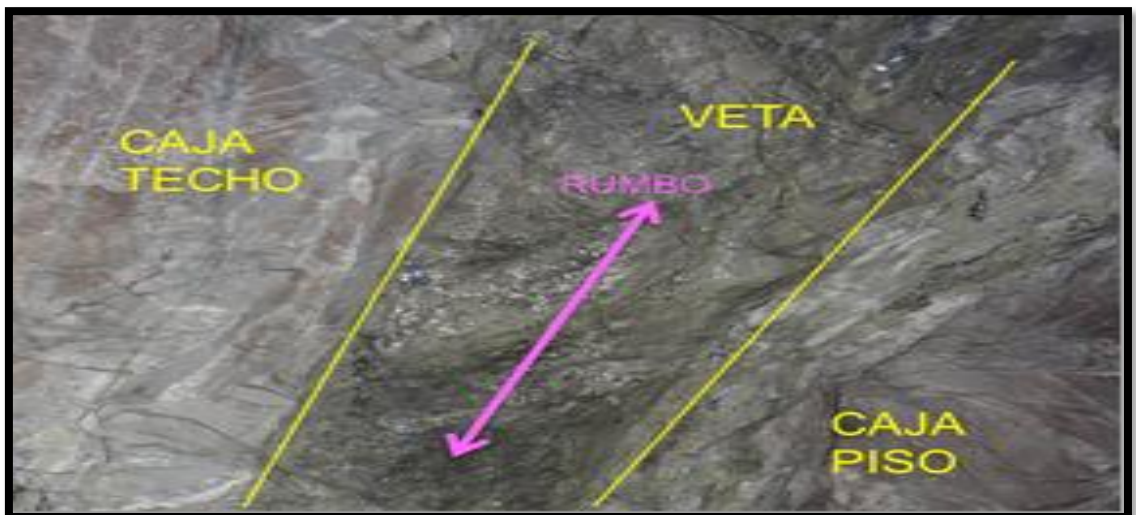
#### a. Muestreo Sistemático Por canales

Como primer paso se verifica el terreno y se desarrollan las herramientas de Gestión de Seguridad antes de comenzar con el proceso de muestreo en sí.

Luego se realiza el proceso de Ventilación, desatado y regado para asegurar las condiciones de trabajo, según el procedimiento de trabajo seguro.

El procedimiento de muestreo de tajos y Galerías por el método convencional (SOS/P/G/CIA/MTGMC), se realiza bajo el siguiente proceso:

- Se identifica el Buzamiento de la estructura para definir caja piso y caja techo y poder comenzar con la extracción de la muestra (De piso a techo para evitar posible contaminación de la muestra).



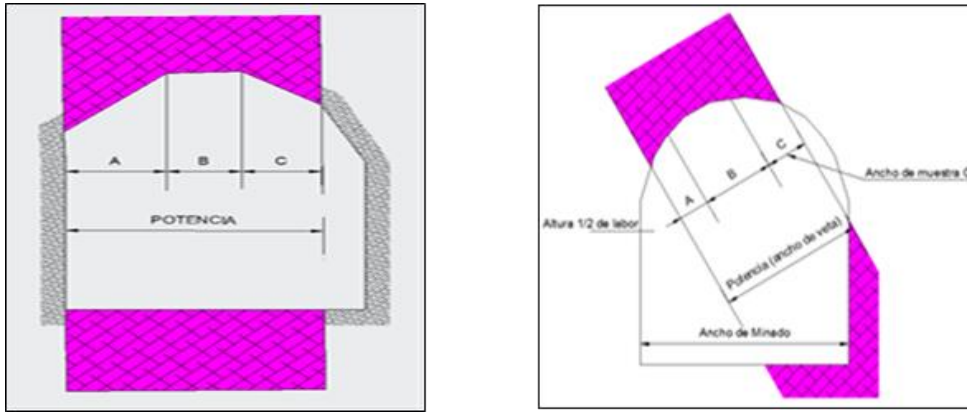
*Fig. 2.2. Se observa la estructura mineralizada limitada por la caja techo y caja piso.*

- Para el muestreo en Galerías y Sub-niveles se consideran progresivas a cada 2 metros partiendo del punto Topográfico de Referencia, mientras que para tajos las progresivas serán a cada 4 metros, siempre en forma perpendicular al rumbo de la estructura.

***Fig. 2.3. Progresivas cada 2 metros para el muestreo de galerías.***



- En coordinación con el geólogo de zona, el maestro muestrero determinará los límites de las muestras dentro del canal, tomando en cuenta la litología y mineralogía. Se delimitarán al menos una muestra en la veta. Se respetará lo mencionado en el estándar SOS/E/G/CIA/MTG: las muestras tendrán una longitud de máximo 1.50 x 0.15m. Las cajas se muestrearán si el geólogo lo estima necesario. También se tomará en cuenta las irregularidades de las labores mineras: si éstas presentan diferentes inclinaciones de exposición se delimitarán varias muestras.



**Fig. 2.4. Potencia del ancho de la veta y de los anchos de las muestras.**

- El ayudante muestrero colocará una bolsa de muestreo dentro de la cuna cazamariposas de manera que su interior este forrado con la bolsa.



**Fig. 2.5. Cuna cazamariposas con bolsa de muestreo.**

- El maestro muestrero procederá, con comba y cincel, a extraer la muestra, yendo de caja piso a caja techo. El ayudante muestrero tendrá la precaución de aproximar la cuna lo más cerca posible a la punta del cincel para recuperar la mayor cantidad de muestra. Se tratará de sacar esquirlas de un diámetro de 1” a 2”.

**Fig. 2.6. Recolección de muestras con las herramientas y EPP's adecuadas.**



- La muestra se colocará en bolsas plástica libre de contaminación se adjunta la etiqueta con código de barras y la parte desglosable de la tarjeta de muestreo para que se encuentre completamente identificada, serán selladas junto a la bolsa con los precintos de seguridad y proceder al pesado de la muestra. El código a utilizarse debe ser correlativos.



*Fig. 2.7. Etiquetado, pesado y amarrado de las bolsas con muestras.*

- Proceder al llenado de la tarjeta de muestreo registrando: Nivel, Labor, Veta, Punto de Referencia (Punto topográfico), Potencia de la muestra, Ancho de labor, Peso de la Muestra, Análisis por Ensayar, Tipo de Mineralización, Nombres de los Muestreros, Geólogo Responsable Observaciones, Fecha de Muestreo y la elaboración del croquis respectivo será detallado al reverso de la tarjeta de la primera muestra.

**TARJETA DE MUESTREO**

ENSAYES: Cu - Pb - Zn - Ag

Nº 0102000001

Veta: 01-12-2013

Fecha: 01-12-2013

Muestra de:  Mina  Superficie

Tipo de muestreo:  Sistemático  ODH-CORE  Carotita  Otros

Controles de Calidad:  M.G.  E.G.  D.G.  E.A.  B.F.  D.F.  Densidad  Otros

Método de Muestreo:  Canal  Puntos  Blast Hole  JACK CHIPS  Otros

Divis Calidad: Tiempo: 15 min Peso muestra: 15 kg Geólogo responsable: Sul Briceño

Labor: G.F. 450 E No: 22 Pza: 0

US: 1100 Ref: PL 113 Orden:

A.Muestra (Pot): 1.00 A.Labor: 1.50

Muestra en:  Frente  Corona  H.D.  H.L.

Codigo de ODH: \_\_\_\_\_ De: \_\_\_\_\_ A: \_\_\_\_\_

A.Muestra ODH: \_\_\_\_\_ Recup. Muestra ODH: \_\_\_\_\_

Muestreros: \_\_\_\_\_

ENSAYES:  Cu  Pb  Zn  Ag  Ni  Bi  Sb  \_\_\_\_\_

Retorno de Rechazo:  No  Si

Retorno de Pulpa:  No  Si

ENSAYES:  Ni  Bi  Ag  Ni  Bi  Sb  \_\_\_\_\_

Retorno de Rechazo:  No  Si

Retorno de Pulpa:  No  Si

Fecha: 01-12-2013 Nº 0102000001

**CROQUIS**

Diagrama de muestra con una brújula y una línea que indica una veta con un ángulo de 0.430 E.

Armut Muestra: \_\_\_\_\_ Ángulo Muestra: \_\_\_\_\_

Mineralogía:  Pz  Sp  An  Pl  St  \_\_\_\_\_

Roca Caja/Matriz:  Intrusivo  Metamórfico  Volcánico  Sólido  Hornfels  Caliza

Observaciones: \_\_\_\_\_

Nº 0102000001

Fig. 2.8. Modelo de tarjeta de muestreo.

- Se procederá al marcado de la ubicación del canal.



*Fig. 2.9. Marcado de la ubicación del canal.*

- La muestra obtenida de la labor, será enviada íntegramente al laboratorio. El encargado de recibir las muestras en el Laboratorio Químico se le entregará 02 copias de la Guía de Remisión firmada por la Superintendencia de Geología con los códigos y pesos de las muestras por analizar; el encargado de Laboratorio Químico dará conformidad de las muestras recepcionadas y firmará ambas copias. Una copia para Laboratorio Químico y la otra copia como respaldo para Geología.



*Entrega de muestras a laboratorio.*

## **b. Muestreo Mecanizado**

Para el periodo 2015 dieron inicio al muestreo mecanizado según nuestro procedimiento elaborado: P/G/CIA/MMLA (Muestreo mecanizado en labores de avance).

Este tipo de muestreo reemplazará al método convencional, para tal efecto se hace uso del Taladro BOSCH GBH11.



*Fig. 2.11. Muestreo mecanizado con el uso del Taladro BOSCH GBH11.*



### c. Muestreo Cores DDH

El muestreo de cores es un trabajo de coordinación entre el Geólogo Responsable de Logueo y el muestrero de cores, el Geólogo determinará los tramos a cortar.



*Fig. 2.12. Sala de Logueo con cajas de testigos.*

Se genera una orden que incluye la relación de taladros programados para el corte, por parte del supervisor de Logueo, se ubican las cajas correspondientes del taladro y se trasladan de manera ordenada y apilada hacia un costado de la máquina cortadora (Petrótomo) para iniciar el corte con la ayuda de la transpaleta o carreta.

Se codifica las bolsas de muestreo con plumón indeleble de acuerdo a la relación de muestreo.

Se ubica en forma ordenada las cajas porta testigos en la mesa marcadas previamente por el Geólogo de Logueo, indicando con plumón especial los tramos e intervalos a muestrear en las paredes de las canaletas de las cajas porta testigos además de verificar la información de la lámina permita la conformidad del número de la

muestra y el intervalo por muestrear (partes mineralizadas, diseminadas, zonas de falla, estructura, caballos entre otros).

Además, el Geólogo responsable debe de indicar la línea de corte en los cores diamantinos por la mitad utilizando lápiz de cera.



*Fig. 2.13. Sala de Logueo con cajas de testigos.*

Después se procede a encender la máquina, se apertura la válvula de agua, se secciona el core en tramos de 15 a 20 cm; se inicia la maniobra de corte del testigo siguiendo la línea de corte, (15 a 20 cm), presionando lentamente hacia delante; en referencia al disco circular el cual partirá en 02 mitades distribuidas de la siguiente manera una depositada en la bolsa de muestreo y la otra será devuelta en su posición original, en la canaleta correspondiente, donde estuvo inicialmente el testigo.



***Fig. 2.14. Equipo Petrotomo en la sala de corte.***

Una vez realizado el corte de los cores del intervalo indicado cerrar la bolsa en pliegues desde la boca de la bolsa con el talón de muestreo de manera que se muestre el número de muestra claramente en la esquina superior de la bolsa, proceder a etiquetar y cerrar la bolsa. Pasar a la siguiente muestra.

Una vez culminada la jornada o guardia de trabajo ordenar, colocar en sacos y rotularlos (incluidos los Controles del QA/QC por saco).

Se registra los tiempos de parada de la máquina según formato para verificar las horas máquina.

Se realiza orden y limpieza en la sala de corte es decir del Petrótomo, canaletas de drenajes etc., alcanzar el reporte de muestreo firmado (Documento de custodia) por el responsable DDH para él envío de las muestras al respectivo laboratorio químico.

Precisión en la ubicación de muestras.

En interior mina el muestreo será sistemático:

- Cada 2m en labores de avance
- Cada 4m en tajos

Dependiendo de la regularidad mineralógica de la zona a muestrear y se tomará desde un punto de referencia (punto topográfico).

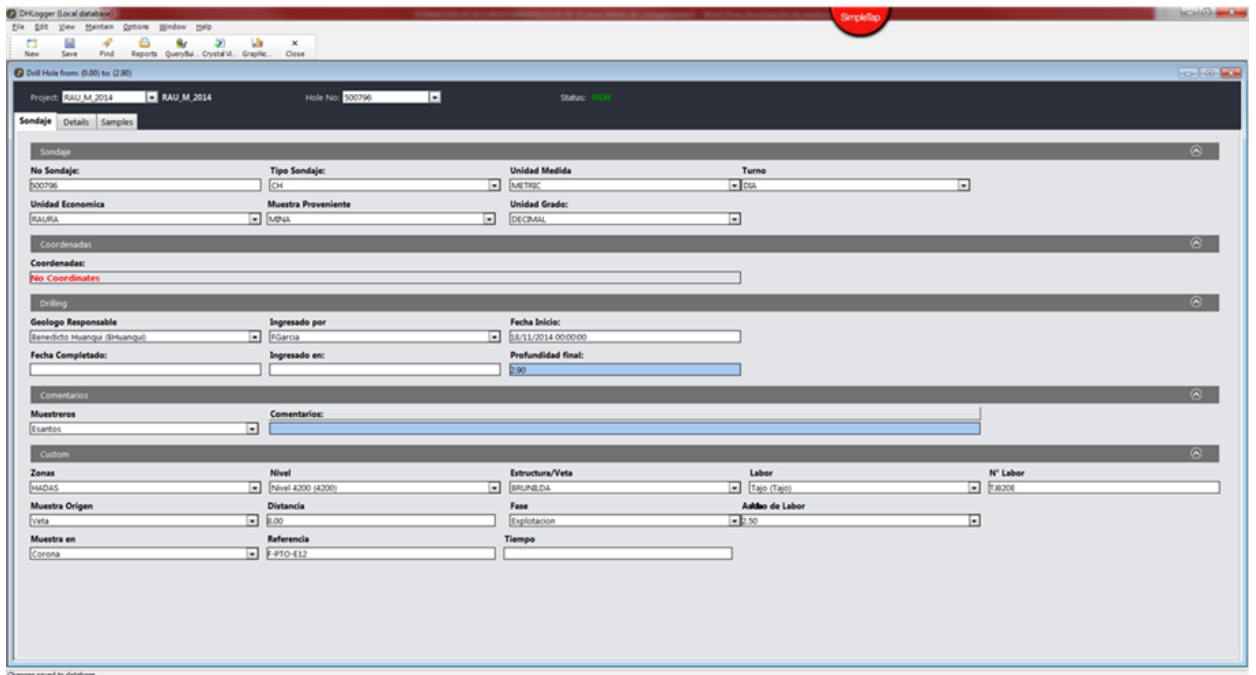
En gabinete el personal de digitalización, es el que verifica la topografía actualizada, para colocación correspondiente de los canales de muestreo, para obtener las coordenadas correspondientes a su ubicación.

#### **d. Registros de muestras y verificaciones**

Los registros de muestras se basan a la data de las tarjetas de muestreo el cuál, son verificadas por el geólogo de la zona, por el geólogo de QAQC que dan el visto bueno del relleno de la tarjeta de muestreo y esta luego es entregada a los digitalizadores del área de modelamiento.

Los digitalizadores ingresan la data al sistema GDMS, los resultados de leyes son importados directamente del formato \*csv reportado por laboratorio MINLAB.

Se están realizando backups, diariamente de las muestras con sus respectivas leyes, estas leyes son reportadas a los geólogos de zona, de exploraciones y QA-QC.



**Fig. 2.14. Interfaz del software FUSION - GDMS**

#### **e. QAQC De Data Geológica**

A partir de octubre 2011 se realizó QA/QC pero de forma parcial sólo para Sondajes de Exploraciones, se insertaban: Estándar de Ley Alta (ST1100025), Blanco fino y Muestra Gemela de ¼ de testigo, no hubo qa/qc en muestras de mina; En el período 2012 el QA/QC también fue parcial y se realizaron inserciones solo para sondajes pero en este caso de exploraciones y también de operaciones, se insertaron: Estándar de Ley Alta (ST1100025), Estándar de Ley Baja (ST1100026), Blanco

fino y Muestra Gemela de ¼ de testigo, no hubo qa/qc en muestras de mina.

A inicios del 2013 el manejo del muestreo estaba dividido en: Exploraciones y Operaciones cada uno manejaba su propio muestreo. Las muestras de Operaciones tanto de sondajes como de mina no tenían QA/QC. El principal método de muestreo era por puntos/paneles en mina y de ½ testigo en caso de DDH, las muestras eran analizadas en el laboratorio Minlab-Raura, el método de análisis de las muestras enviadas a Minlab Raura es digestión por agua regia y terminación por EAA (Espectroscopia por Absorción Atómica).

Las muestras de exploraciones tanto de Sondajes como de mina eran despachadas al laboratorio ALS Lima y tenían un QC parcial: se introducían sólo estándares (Ley alta), blancos finos y muestras gemelas en el caso de muestras de mina cuyo método de muestreo era por puntos/paneles y en el caso de DDH estándares (Ley Alta, Ley Baja), blancos finos, muestras gemelas (1/4 de testigo), duplicados gruesos y duplicados finos, el método de muestreo era medio testigo. El método de análisis de las muestras enviadas a ALS es digestión multiácida y terminación ICP-OES, los límites de detección son bajos. En setiembre del 2013 se uniformizó el muestreo tanto de DDH como de Mina, en el caso de mina se cambió el muestro por paneles/puntos a muestreo por canales y se unificó el laboratorio y el método de ensayo: todas las muestras eran despachadas a Minlab Raura para ser analizadas por digestión por agua regia y terminación por EAA.

Para ese entonces las muestras de DDH tenían un QA/QC parcial de aproximadamente un 30% del total.

En octubre del 2013 se inició la inserción de controles para las muestras de mina, de tal forma que tanto las muestras de mina como de DDH tenían QA/QC parcial, se insertaban: Estándares (ley alta-ley baja), blanco fino y muestras gemelas (a partir del 23 de setiembre se cambió en el caso de DDH la extracción de muestra gemela de  $\frac{1}{4}$  de testigo a  $\frac{1}{2}$  testigo). Los duplicados finos y gruesos se introdujeron desde el 23 de noviembre del 2013.

Asimismo, en octubre 2013 se inició con el envío de muestras de Controles Externos al laboratorio SGS.

A partir de febrero del 2014 se dio inicio a la inserción de 3 nuevos estándares (ELA-ley alta, ELM-ley media, ELB-ley baja) preparados por Inspectorate Service Perú SAC con material del yacimiento de Raura asimismo la inserción de blanco fino, blancos gruesos, muestras gemelas, duplicado grueso, duplicado fino y Controles externos.

En el año 2014 se implementó las tarjetas de muestreo con su respectivo código de barras, protocolos de trabajo y de control de calidad, registro fotográfico de Sondajes diamantinos, se implementó además un ambiente donde se tiene la información de sustento en custodia (evidencia física de levantamiento topográfico de los sondajes diamantinos, medida de desviación de Sondajes, certificado de leyes, Logeos, etc.)

Asimismo, en el 2014 se ha implementado el sistema GDMS, sistema de base corporativo el cuál es nuestro núcleo de registros de data

geológica en la captura de datos. Fundamental para nuestros modelos de recursos.

El 2015 se llevó a cabo a una campaña de validación de datos de muestreo pre-2014, tanto de muestreo de mina como de sondajes.

Se implementó la medida de desviación duplicada cada 10 sondajes.

Se realizó QAQC de muestras de densidad aparente, se envió el 8% de las muestras a otro laboratorio externo (ALS) para que se realice la determinación de DA por el mismo método (Parafina).

Se implementó el envío de controles externos de muestras de Cabeza-Planta. En el 2016 se dio inicio de ingreso de la data de manera sistemática al GDMS de la información de perforación diamantina y se implementó el muestreo mecanizado rotatorio de canales mina al 100%.

### **1. Mejoras QA/QC 2017**

Se dio inicio con las consultas y verificaciones de la data de muestreo canales mina y perforación diamantina desde el GDMS.

### **2. Precisión**

Es la habilidad de reproducir consistentemente una medición en condiciones similares, su evaluación exige reproducir la medición en condiciones tan cercanas como sea posible a las existentes en el momento en que tuvo lugar la medición original.

En el caso del muestreo de canales, tanto la muestra original como la duplicada deben corresponder a iguales intervalos, métodos similares de muestreo y se debe prever su envío simultáneo al mismo laboratorio, de modo que se garantice el empleo de iguales



procedimientos de preparación y análisis, utilizando los mismos equipos y reactivos y en lo posible el mismo personal. Por tanto, es necesario que ambas muestras formen parte del mismo lote.

La precisión se evalúa a través del error relativo (ER), definido como el valor absoluto de la diferencia entre los valores original y duplicado, dividido entre el promedio entre ambos valores, medido en porcentaje, a mayor error relativo, menor precisión, y viceversa.

Límite Práctico de Detección:

El límite práctico de detección, se ha evaluado sobre la base de 980 duplicados de pulpa analizados como parte del programa CC, para ello fueron preparados gráficos de Error Relativo vs Valor promedio para los elementos Cu%, Pb%, Zn% y Ag (Oz/t). El límite práctico de detección se determina visualmente, como el valor donde el Error Relativo alcanza aproximadamente el 100 % de error. En este caso hubo variación respecto al límite de detección establecido por el laboratorio, hubo comportamientos erráticos en este rango de contenidos, por lo que el LPD no coincide con el establecido por el laboratorio. La tabla No. 1 a continuación presenta los valores calculados.

**Tabla No. 1.** Límite de detección práctico para Cu, Pb, Zn y Ag. Laboratorio Minlab-Raura

<b>ELEMENTO</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límite de detección establecido por el laboratorio</b>	<b>Límite de detección práctico (determinado por las pulpas)</b>
<b>Cu</b>	%	0.02	0.04
<b>Pb</b>	%	0.02	0.05
<b>Zn</b>	%	0.02	0.07
<b>Ag</b>	oz/t	0.1	0.16

### **3. Duplicados Gruesos**

Los duplicados gruesos o de preparación, son los duplicados tomados después del chancado primario (usualmente a malla -10) y del primer cuarteo, deben ser analizados en el mismo laboratorio con diferente número y en el mismo lote que la muestra original. Los duplicados gruesos se usan para evaluar el error de cuarteo o de sub-muestreo.

### **4. Duplicados Finos**

Los duplicados de pulpa o duplicados internos son duplicados de muestras ordinarias previamente pulverizadas, estas son enviados con diferente número al laboratorio de la mina para su análisis en el mismo lote analítico que las muestras originales. Los duplicados

de pulpas se utilizan para evaluar la precisión analítica del laboratorio.

## **5. Exactitud**

Se define como la proximidad de los resultados a un valor verdadero o aceptado y se vincula a errores sistemáticos. El concepto de exactitud está indisolublemente vinculado al de valor real. Al determinar la ley de la muestra, nunca se llega a conocer el valor real; sin embargo, es posible preparar estándares en condiciones muy controladas y establecer el mejor valor (MV) del estándar para cada elemento en particular. Por otra parte, el intervalo de confianza (IC), también conocido como error estándar de la media, evaluado con un nivel de significación de 0.05, identifica al intervalo alrededor del MV en el cual la probabilidad de ocurrencia del valor real es igual al 95%. Tanto el MV como el IC que caracterizan al estándar deben ser establecidos a través de múltiples análisis en una serie de laboratorios de elevada reputación técnica (ronda de laboratorios).

Los resultados de exactitud global confirman igualmente la buena exactitud del laboratorio en la determinación de los diferentes elementos, dado ello en los altos valores del coeficiente de determinación  $R^2$ , indicando un buen ajuste entre las determinaciones realizadas y el mejor valor de cada estándar, indicando ello que el laboratorio trabaja con una buena precisión.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Lote:** Se refiere a un conjunto de material cuya composición quiere estimarse.
- **Incremento:** Corresponde a un grupo de partículas extraídos del lote en una sola operación del aparato que toma la muestra.
- **Muestra (M):** Es parte o porción representativa de un lote; generalmente obtenida por la unión de varios incrementos o fracciones del lote, cuyo objetivo es representar el lote en las operaciones subsecuentes.  
  
Sin embargo, una muestra no es cualquier parte del lote, su extracción debe respetar las reglas que la teoría de muestreo establece.
- **Espécimen:** Es una parte del lote obtenida sin respetar las reglas de la teoría de muestreo. Un espécimen debe etiquetarse como tal y no debe usarse para representar el lote, su propósito solo puede ser cualitativo
- **Muestreo:** Es la acción de recoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo o la técnica empleada en esta selección o la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.
- **Muestreo Sistemático:** Muestras que se toman en una malla regular, en intervalos regulares de tiempo o de espacio.
- **Muestreo Aleatorio:** Muestras que se toman en intervalos de tiempo o espacios variables y distribuidos al azar.
- **Equiprobable:** Cuando todos los componentes tienen la misma probabilidad de ser elegido. Cuando el muestreo no cumple la condición de equiprobabilidad sólo se obtiene un espécimen.

- **Calidad.** - La Calidad es una propiedad o conjunto de propiedades cuantitativas o cualitativas inherentes a algo que permiten juzgar su valor y le confiere la capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas y que permite que ésta sea comparada con cualquier otra de su misma especie. Calidad = Satisfacción Personal.
- **Calidad en la actividad profesional.** - Es un concepto generalmente concreto, objetivo y mensurable. Tiene elevados parámetros de eficacia y trabaja según estándares internacionales. Generalmente mediante una inversión significativa, para estandarizar y mejorar continuamente sus procesos, y con el objetivo de obtener por un lado productos y servicios estandarizados, uniformes, estables y confiables que satisfagan en forma continua al cliente para el cual están diseñados, y por otro lado lograr productividad, competitividad, seguridad, replicabilidad y globalización de las actividades, operaciones, entre otros beneficios.
- **Aseguramiento de la Calidad.** - Es un conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación alcance un grado aceptable de calidad.
- **Protocolos de Muestreo:** Es un conjunto de pasos y operaciones de toma de muestras y preparación.
- **Control de Calidad.** - Son técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado. Monitoreando los posibles errores mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras.

- **Programas de Control de Calidad.** - Evaluar su comportamiento en las etapas esenciales de la secuencia muestreo-preparación-análisis, en un esfuerzo por determinar reducir al mínimo el error total posible.  
  
Las etapas y los parámetros monitoreados en cada una de ellas se muestran a continuación:
  - ❖ Muestreo: error (o precisión) de muestreo.
  - ❖ Preparación: error (o precisión) de sub-muestreo; contaminación durante la preparación.
  - ❖ Análisis: exactitud, precisión y contaminación analíticas.
  - ❖ Entrada de datos: exactitud de la entrada de datos.
- **Precisión:** Es la habilidad de reproducir consistentemente una medición en condiciones similares, vinculada a errores aleatorios, su evaluación exige reproducir la medición en condiciones tan cercanas como sea posible a las existentes en el momento en que tuvo lugar la medición original.
- **Exactitud:** Se define como la proximidad de los resultados a un valor verdadero o aceptado, y se vincula a errores sistemáticos. Este concepto de exactitud está indisolublemente vinculado al de valor real. Al determinar la ley de la muestra, nunca se llega a conocer el valor real; sin embargo, es posible preparar estándares en condiciones muy controladas, y establecer el mejor valor.
- **Contaminación:** Al preparar o analizar algunas muestras, particularmente las muy mineralizadas, es posible que cierta porción de una muestra o de una solución quede retenida accidentalmente en el equipo y contamine las muestras siguientes. La contaminación se determina mediante aplicación

de muestras blancos, que son muestras estériles en las que los elementos a evaluar se encuentran presentes en cantidades inferiores a los correspondientes límites de detección.

- **Errores:** Existen en cualquier procedimiento de estimación. Es necesario diferenciar los distintos tipos de error.
- **Errores Aleatorios:** Fluctuaciones estadísticas en los resultados de las mediciones que pueden producirse en cualquier dirección, debido a limitaciones en la precisión del instrumento de medición, o del método de muestreo del análisis, debido a la inhabilidad del experimentador o del equipo de repetir la misma medición exactamente del mismo modo para obtener el mismo resultado.
- **Errores Sistemáticos:** Son desviaciones de exactitud que generalmente se reproducen y que ocurren consistentemente en la misma dirección. frecuentemente se deben a la persistencia de un problema durante todo el experimento.
- **Errores Groseros:** Se deben a la incorrecta puesta en práctica de los protocolos de trabajo, cuando ocurren no deben de considerarse en el análisis del error experimental, puesto que se asume que los participantes en el experimento son cuidadosos y competentes.
- **Mineral:** Material que tiene un interés económico, en oposición al estéril. Esta definición depende de varios factores.
- **Ley:** Es la concentración de un elemento (elemento principal, subproducto o contaminante) en el subsuelo.
- **Potencia, Acumulación, Ley de corte:** Se trata de un valor de ley que separa categorías distintas de material, por ejemplo, mineral y estéril.

- **Modelamiento geológico:** Determinación de unidades geológicas en base a la litología, mineralogía, alteración, etc. En general, cada unidad se estudia y se estima por separado.
- **Estimación de Recursos:** Consiste en evaluar o predecir el valor de la variable regionalizada en un sitio no muestreado del espacio, utilizando para ellos datos circundantes disponibles.
- **Geoestadística:** La Geoestadística se define como la aplicación de la Teoría de Funciones Aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales (Journel y Huijbregts, 1978), o simplemente, el estudio de las variables numéricas distribuidas en el espacio (Chauvet, 1994),
- **Variables regionalizadas:** Una variable regionalizada es una función que representa el desplazamiento en el espacio de una cierta magnitud asociada a un fenómeno natural.
- **Recurso Mineral Inferido:** Es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta.
- **Recurso Mineral Indicado:** Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante



técnicas apropiadas en ubicaciones como pueden ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar la continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad.

- **Recurso Mineral Medido:** Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada e información confiable sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes.

Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.

- **Reserva Mineral:** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de modificaciones por factores razonablemente asumidos de extracciones, metalúrgicas, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales

- **Reserva Probable de Minerales:** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de factores modificadores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales
- **Recurso Geológico:** Concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. Se habla indistintamente de recursos geológicos, minerales o in situ.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### 2.4.1. Hipótesis General

El comportamiento geológico del cuerpo mineralizado Hadas 1, determinan el incremento de reservas del yacimiento.

### 2.4.2 Hipótesis específicas

1. Las características geológicas del yacimiento determinan la profundización del yacimiento.
2. Los controles estructurales de la mineralización determinan la profundización del yacimiento.
3. Los controles litológicos, estratigráficos y mineralógicos de la mineralización determinan la profundización del yacimiento

## **2.5. Identificación de Variables**

### 2.5.1. Variable Independiente

El comportamiento geológico del cuerpo mineralizado Hadas 1.

### 2.5.2. Variable Dependiente

Incremento de reservas mineralizadas del yacimiento

### 2.5.3. Variable Interviniente

- Leyes de muestreo

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

Cuerpo mineralizado o depósito mineral (ore body) se refiere a la mezcla de mena y ganga y puede encontrarse a profundidad o en la superficie

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACION

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El diseño de investigación es descriptivo y correlacional.

Se describirá todas las características geológicas y estructurales con las respectivas posibilidades económicas que ofrece el Cuerpo Mineralizado

#### **3.2. Método de investigación**

##### 3.2.1. Método de Logueo Geológico

Se toman fotografías, RQD, muestreo de densidad, y muestreo de cores, todos estos procedimientos que se realiza de acuerdo a los protocolos, cumpliendo con los estándares que se demanda.

##### 3.2.2. Petrografía.

Se realiza la descripción macroscópica y microscópica de los diferentes tipos de roca que se encuentran en el yacimiento.

### **3.3. Diseño de la Investigación**

El tipo de diseño que se realizó es no experimental ya que no se manipularon las variables, lo que se hizo es observar los fenómenos tal y como se dieron.

### **3.4. Población y Muestra**

Se considera como población al yacimiento de Raura y la muestra es el cuerpo de Hada 1

### **3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

- En base al cartografiado geológico existente se identificarán la zona de interés, en donde se realizará cartografiado a detalle, selección y toma de datos y muestras.
- Se realizará columnas estratigráficas para diferenciar las facies litológicas y mineralógicas.
- Registro y codificación de datos.
- Para seleccionar los diferentes datos y muestras, se recolectarán muestras de roca, tanto de superficie como de los diferentes sondajes DDH; la recolección estará orientada a las zonas de interés.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos:**

- a. Ejecución de estudios de geoestadística, que nos servirá para determinar el incremento de recursos minerales en el yacimiento.
- b. Técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información obtenida en las diferentes etapas de Trabajo.

### **3.7. Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico de datos se realizó a través del software Datamine

### **3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

El software data mine nos da la absoluta precisión y confiabilidad por tener comandos interactivos y tener estilos múltiples para sondeos

### **3.9. Orientación ética**

Aportamos a mejorar el proceso y los resultados con datos reales encontrados después del estudio, para así poder explotar el cuerpo hadas 1

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

##### 4.1.1 GENERALIDADES

###### 4.1.1.1. Ubicación

La Mina de Raura está ubicado entre los departamentos de Huánuco (Provincia de Lauricocha, distrito de San Miguel de Cauri), Lima (Provincia y distrito de Oyón) y Pasco (Provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca), está a una altura promedio de 4,700 m.s.n.m.; forma parte de la Cordillera Occidental y forma parte de la divisoria continental de las cuencas del Pacífico y del Atlántico, forma la cabecera de las cuencas de los ríos Huaura y Marañón.



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN</b>			
	<b>UBICACIÓN MINA RAURA</b>			
	MAPA POLITICO DEL PERU	FIG.: 4.1	ELABORADO : LOPEZ PANIZ, ROBERT P.	SIST.: GEOGRAFICAS
	ESCUELA : INGENIERIA GEOLOGICA	FECHA: JUNIO 2019	DATA SHAPE : INGENMET	ESCALA : 1/2,000,000



#### 4.1.1.2. Accesibilidad

La mina de Raura es accesible como se indica a continuación:

<b>TRAMO</b>	<b>Km</b>	<b>TIPO DE ACCESO</b>	<b>CONDICIONES</b>
<b>LIMA- HUACHO</b>	170	ASFALTADA	MUY BUENA
<b>HUACHO-SAYAN</b>	50	ASFALTADA	BUENA
<b>SAYAN-CHURIN</b>	61	AFIRMADA	REGULAR
<b>CHURIN-OYON</b>	74	ASFALTADA	BUENA
<b>OYON - RAURA</b>	60	AFIRMADA	BUENA

#### *Vías de acceso*

#### 4.1.1.3. Clima

En forma anual se percibe dos ciclos climáticos y constan de:

- Entre los meses de noviembre a abril, se tiene intensas precipitaciones pluviales correspondientes al verano austral.
- Entre los meses de mayo a octubre, se presenta el verano.

La temperatura en la estación de varía de 3° a 20° C en verano y -4°C a 14°C en invierno, según la época del año, la temperatura varía de acuerdo a la estación.

#### 4.1.1.4. Geomorfología

La mina de Raura se caracteriza por registrar una geomorfología muy accidentada, cuya topografía de la zona está condicionada tanto al control estructural, litológico como a los procesos erosivos a los cuales está sometida de manera constante. Y como resultado se tiene una topografía abrupta con valles en forma de U y circos

glaciares, la altura varía de 4,300 m.s.n.m. hasta cumbres glaciares que alcanzan los 5,700 m.s.n.m.

Debido al proceso de de-glaciación y lluvias se han formado lagunas escalonadas, asimismo por el proceso de denudación y erosión se tienen extensas zonas cubiertas con material detrítico de origen sedimentario, formando morrenas basales y laterales.

✓ **Unidades Geomorfológicas**

- Superficie Puna

Constituida por una penillanura de superficie plana de material aluvial y tufos del grupo Calipuy, donde se encuentran ubicadas algunas comunidades aledañas a la mina.

- Elevaciones

También denominadas superficies positivas, estas conforman un alineamiento montañoso de nevados los que se encuentran alrededor del distrito minero. Los nevados que constituyen esta secuencia montañosa son:

Niño Perdido, Gayco, Brazzini, Putusay y los cerros:

León Dormido, Patrón, Condor Sencca, Siete Caballeros.

En la época de invierno las nevadas tienen un grado de intensidad elevado, originando que los glaciares se encuentren en forma continua.

- Depresiones

Llamadas también superficies negativas, están constituidas de material fluvial y fluvioglacial que debido a procesos de

erosión y desplazamiento de grandes masas de hielo, se puede apreciar los ensanchamientos y profundidades, dando a lugar a formación de cuencas donde se ubican las siguientes lagunas: Santa Ana, Niñococha, Tinquicocha, Niño Perdido, Caballococha, Puyhuancocha y Putusay, La altitud de estas lagunas varía entre 4570 y 5810 m.s.n.m.

#### 4.1.1.5. Hidrología y drenaje

Debido a las precipitaciones y deshielos producidos en lo alto de los nevados, las lagunas son alimentadas por pequeñas y medianas uebradas las que originan causes de regular caudal aproximadamente 3.40m<sup>3</sup> por minuto.

El drenaje que presenta la mina de Raura es de tipo dendrítico, se presenta de forma ramificada con ángulos agudos con respecto a los colectores principales, este drenaje es característico en rocas sedimentarias el que converge en quebradas y depresiones de extensa longitud, este drenaje representa una determinada trayectoria la cual está bien definida con una dirección Sur a Norte.

#### 4.1.1.6. Flora y Fauna.

La vegetación debido al clima frígido es escasa y está conformada principalmente por el Ichu (Paja de puna) la cual se desarrolla ampliamente en la zona y en menor cantidad se encuentran las plantas herbáceas como la huirá, musgos etc.

La fauna está conformada por aves como patillos silvestres, vizcachas y pequeños zorros, los que viven en los alrededores de los cerros del distrito. También se aprecia la crianza de animales domésticos como llamas, alpacas y cameros en las comunidades campesinas aledañas al distrito minero.



*Fig. 4.1. Vegetación tipo pajonal bajo.*

#### 4.1.1.7. Historia Y Antecedentes

La mina de Raura tiene una larga trayectoria minera desde la colonia, iniciaron su explotación con vetas de plata, a fines del siglo XIX.

En 1960 fecha en que la CIA Minera Raura S.A.; consolida todos los denuncios de la zona de Raura e inicia la explotación normal. Estudios realizados a lo largo de la vida de Raura son: minero-económicos, estructurales, Geoquímicos, Geofísicos, etc.; Donald Noble en 1980, Richard. Sillitoe en 1996, Larry Meinert 1998, los cuales explican el control estructural y los eventos magmáticos que precedieron a la mineralización del yacimiento; M. Lavado en 1996 realiza un trabajo geológico más detallado del yacimiento minero, entre otros informes que aportaron para una mejor interpretación del yacimiento.

#### 4.1.2. GEOLOGIA REGIONAL

El entorno geológico regional perteneciente al yacimiento minero Raura involucra diferentes ambientes de deposición y posterior formación de rocas sedimentarias dentro las cuencas de tras arco del Cretáceo superior al Paleógeno inferior. En muchos sectores la cobertura volcánica forma parte de la paleosuperficie generada durante el Paleógeno superior.

La serie sedimentaria de edad Cretácica superior está compuesta en la parte inferior por rocas clásticas tales como areniscas, areniscas silíceas, lutitas, etc. a excepción de la formación Santa que consta de calizas. La parte superior de edad Paleógeno inferior consiste en una secuencia de rocas calcáreas y algo de lutitas bituminosas. Las rocas clásticas en el área están representadas por las formaciones Chimú, Carhuaz y Farrat y la secuencia calcárea por las formaciones Santa, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. La Formación Jumasha es el metalotecto más importante en la región, la misma que se expone ampliamente como una potente secuencia sedimentaria entre las minas Uchucchacua y Raura. Estas formaciones en los alrededores están intruidas por rocas ígneas de composición granítica, tonalítica, y monzonita.

#### 4.1.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Estructuralmente la región estuvo sometida a los ciclos evolutivos durante la orogenia Andina, plegando y fallando a toda la secuencia del Mesozoico, creando zonas de debilidad cortical por donde se desarrollaron diferentes eventos plutónico – volcánicos y de mineralización en la región.

Estructuralmente el área está situada en la zona de plegamiento y sobre escurrimiento. Durante la Orogenia Andina, la secuencia sedimentaria ha

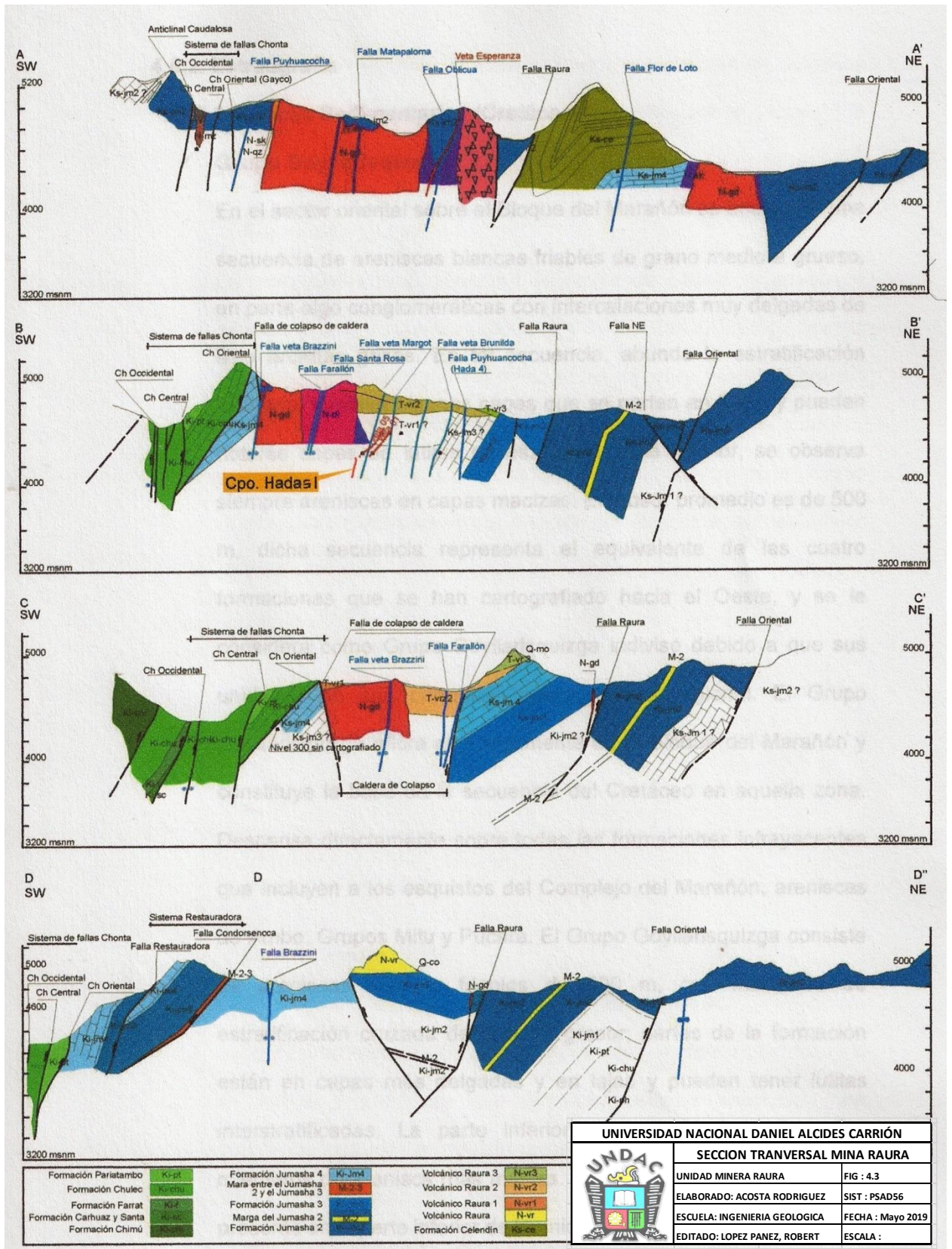
sido intensamente plegada principalmente en dirección N 20°W y 75° a 80° SE. Los anticlinales y sinclinales se extienden a lo largo de varias decenas de kilómetros, intercalándose con zonas de sobre escurrimiento paralelas al eje principal.

Las fallas longitudinales corresponden a las fallas regionales de rumbo Andino. En Raura existen 3 sistemas estructurales definidos (fig. 4.3), denominados sistema de fallas Chonta, Falla Raura y Falla Oriental.

La falla Chonta, ubicada en el extremo oeste del distrito minero de Raura, es una de las principales estructuras regionales de rumbo Noroeste que se comporta como una falla inversa de sobrescurrimiento. Un segundo sistema de fallas tensionales E-W en la zona de Raura, y E-W a NE en zona de Uchucchacua, son las estructuras más favorables para el fracturamiento de las rocas. La intersección de fracturas y un horizonte favorable como son el Jumasha medio y el inferior constituyen, en nuestra opinión, los lugares más favorables, para la formación de depósitos minerales dentro del distrito de Raura



Fig. 4.3 Sección Transversal en los ejes AA', BB', CC', DD'.





#### 4.1.3.1. CRETACEO

##### - **Grupo Goyllarisquizga**

En el sector oriental sobre el Bloque del Marañón se encuentra una secuencia de areniscas blancas friables de grano medio a grueso, en parte algo conglomerádicas con intercalaciones muy delgadas de limo arcillitas grises. En tal secuencia, abunda la estratificación sesgada; también algunas capas que se parten en lajas, y pueden notarse capas de lutitas grises. En la parte inferior, se observa siempre areniscas en capas macizas. El grosor promedio es de 500 m, dicha secuencia representa el equivalente de las cuatro formaciones que se han cartografiado hacia el Oeste, y se le considera como Grupo Goyllarisquizga indiviso debido a que sus unidades no son cartografiables a escala regional. El Grupo Goyllarisquizga aflora exclusivamente en el Bloque del Marañón y constituye la base de la secuencia del Cretáceo en aquella zona. Descansa directamente sobre todas las formaciones infrayacentes que incluyen a los esquistos del Complejo del Marañón, areniscas de Ambo, Grupos Mitu y Pucará. El Grupo Goyllarisquizga consiste de areniscas blancas friables de 500 m, con miembros de estratificación cruzada de 2 m de grosor; partes de la formación están en capas más delgadas y en lajas y pueden tener lutitas interstratificadas. La parte inferior de la unidad contiene los miembros de arenisca más maciza. Algunas veces, el carbón está presente en la parte inferior de la unidad, pero no ha sido observado en el área cartografiada. Ocasionalmente se encuentran delgados

horizontes de calizas de 1 m de grosor en la parte superior de la formación.

- **Formación Chimú**

La formación Chimú aflora en el sector de Churin, y posee un espesor promedio que varía desde los 500 y 700 m. Litológicamente la formación consiste de una ortocuarcita de grano medio, la que sin embargo ha sido recristalizada, teniendo en muestra de mano el aspecto general de una cuarcita metamórfica. Dentro de las capas arcillosas transicionales a la formación subyacente aparecen lechos de carbón, siendo difícil mapear el contacto entre las dos unidades.

- **Formación Santa**

La formación Santa aflora en el sector de Churin, y posee un espesor de 150 m. Litológicamente la formación consiste de calizas azul o gris finamente estratificadas, con algunos horizontes de calizas arcillosas, ocasionales nódulos de chert aplanados y abundantes fragmentos de conchas.

- **Formación Carhuaz**

La formación Carhuaz aflora en el sector de Churin, y posee un espesor promedio de 600 m. Litológicamente, la formación consiste de lutitas y areniscas que por intemperismo presentan una coloración marrón o marrón amarillenta. Suelen presentarse algunos horizontes de areniscas más o menos prominentes, similares en litología y color a los de la formación Chimú.

- **Formación Farrat**

La formación Farrat aflora en el sector de Churin, y posee un espesor promedio que varía desde los 20 a 50 m. Litológicamente, la formación consiste de areniscas de color blanco y ocasionalmente poseen manchas rojas y amarillas. Con frecuencia son deleznable y cuando se presentan masivas tienen un grosor mayor que el normal.

- **Formación Pariahuanca**

La Formación Pariahuanca infrayace en relación concordante a la Formación Chúlec. Consiste típicamente de calizas macizas de cierto color gris azulado en estratos de 1 a 2 m de grosor. Algunas veces presenta una ligera apariencia lajosa y cuando esto sucede superficialmente puede asemejarse a las calizas Santa. En la mayor parte de los Andes Centrales, el grosor de la formación es 100 m, Dunin Borkowski (1975) menciona un grosor mayor de 400 m en la zona de la Cordillera de Huayhuash. Se observa un adelgazamiento paulatino hacia el Este, de manera que sobre el Bloque del Marañón no es cartografiable.

- **Formación Chulec**

La Formación Chúlec igualmente al Este de la Cordillera Blanca y sobre el Bloque del Marañón descansa concordantemente sobre el Grupo Goyllarisquizga. En ambas áreas tiene un grosor uniformemente regular de 100 m, aunque en la región de la Cordillera de Huayhuash disminuye a no menos de 50 m. Esto es opuesto a lo observado en las demás formaciones, las cuales tienden a engrosar en la parte central. Litológicamente la formación consiste de una mezcla

de calizas y margas. Las calizas son macizas con costras amarillas alteradas en capas de 1 m de espesor que están separadas por margas cremas y grises que se encuentran en estratos de 10 a 20 m de grosor. La formación es de un color amarillo crema terrosa que es muy característico y sirve de gran ayuda para el cartografiado geológico; sin embargo, su representación en los planos geológicos a escala regional no es posible por su reducido grosor, por tal motivo, se le ha registrado conjuntamente con la Formación Pariatambo.

- **Formación Pariatambo**

La Formación Pariatambo consiste principalmente de margas marrón oscuras que tienen un olor fétido en superficie de fractura fresca, caliza marrón oscuro en lajas delgadas que sobresalen como miembros resistentes. Usualmente una banda de calizas es separada por 10 m de margas. Son frecuentes las intercalaciones de calizas en estratos delgados con limoarcillitas calcáreas gris oscuras que contienen restos de ammonites.

4.1.3.2. PALEOGENO

- **Formación Jumasha**

La Formación Jumasha aflora dentro de la cuenca Chavín (miogeosinclinal) y sobre el Bloque del Marañón sobreyace concordantemente a la Formación Pariatambo y subyace concordantemente a la Formación Celendín. El grosor completo sólo se puede observar en el sector del Marañón donde alcanza 700 m, un grosor mayor podría corresponder a la cuenca entre el Marañón y la Cordillera Blanca, pero la parte superior siempre se encuentra

erosionada. En esta zona probablemente el grosor excede los 1,000 m. En general, la Formación Jumasha presenta una litología de estratificación regularmente maciza de calizas grises en estratos de 1 a 2 m. En algunos lugares puede ser una secuencia lajosa de calizas oscuras hacia la base comparable con la Formación Pariatambo, de la cual está siempre separada, al menos por 100 m de calizas macizas. Las calizas de la Formación Jumasha constituyen una de las unidades más importantes y características en los Andes Centrales y en la zona de la cuenca occidental peruana. Se conserva en los núcleos de los sinclinales y forman cadenas de elevaciones muy conspicuas, tal como la Cordillera de Huayhuash. Sobre el Bloque del Marañón se muestra o expone en pliegues anticlinales y sinclinales. Las calizas de esta unidad se describen como micritas y biomicritas con una buena proporción de material limo arcilloso.

- **Formación Celendín**

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Jumasha e infrayace a la Formación Casapalca estableciéndose un pase rápido de una secuencia netamente marina a las capas rojas continentales. Dentro del área cartografiada, mantiene un espesor regularmente constante de 500 m y solamente aflora al Este de la falla Chonta sobre el Bloque del Marañón, aunque es probable que haya sido depositada más hacia el Oeste a lo largo del eje de mayor acumulación de la cuenca Chavín (miogeosinclinal), donde ha sido subsecuentemente removida por una combinación de factores estructurales y erosionales. A la Formación Celendín se le encuentra en los núcleos de sinclinales

de rumbo NO-SE que se alternan en una franja de 24 km de ancho ubicada entre la Cordillera de Raura y Yanahuanca en la parte sur y entre Huallanca y La Unión en el cuadrángulo homónimo. La formación consiste de calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas las cuales contienen abundantes fósiles, los que alteran a un color amarillo grisáceo semejante a la Formación Chúlec. Se intercalan con las calizas, estratos de limoarcillitas grises y margas las que en general dan lugar a una morfología moderada a suave con abundante cobertura de suelos.

#### 4.1.3.2. DEPOSITOS CUATERNARIOS

##### - **Depósitos Morrénicos**

Se encuentran distribuidos mayormente en las partes más profundas del valle glaciar. Los depósitos morrénicos están constituidos por clastos de rocas pequeñas, limos y arcillas producto del resultado de la glaciación pleistocénica, por lo general en estas zonas se encuentran bofedales.

##### - **Depósitos Coluviales**

Los depósitos coluviales, son originados producto del resultado por gravedad de las partes altas de las montañas y de la glaciación pleistocénica; están constituidos por bloques y clastos de rocas, escasamente limos arcillosos. Estos depósitos muestran una morfología de lomadas y colinas de cumbres redondeadas.

#### 4.1.3.4. STOCKS GRANÍTICOS

##### - **Granodiorita (T-gdi)**

Sus afloramientos principales se encuentran al Sureste de la garita Santa Rosa, al Este y Norte de la Laguna Putusay Alto, al Noreste y Noroeste de la Laguna Brazzini, la tendencia de la dirección del stock es N-NW, de acuerdo al control estructural. El stock de granodiorita en el área de estudio se trata de un cuerpo intrusivo de grano medio a fino holocristalino, equigranular con tonalidad gris clara se presenta fresco y alterado en los contactos con los intrusivos posteriores (cuarzomonzonita y pórfido dacita). Denota haber formado y generado una aureola metamórfica principalmente de skarn y mármol en las calizas. Este cuerpo intrusivo está compuesto por una pasta silíceo, con minerales de cuarzo 20-35%, ortosa 5%, plagioclasas 15-20%, hornblenda (25%) junto a la biotita (10%-15%) débilmente cloritizada, este intrusivo cuando se encuentra próximo y cercano al contacto con la cuarzomonzonita se encuentra cortado con venillas de cuarzo y diques de cuarzomonzonita, asimismo se observa algunas biotitas secundarias. Aflora de manera predominante con “raíces” profundas que probablemente vienen del cuerpo central del distrito minero de Raura.

##### - **Cuarzomonzonita (T-qzmz)**

El afloramiento principal se encuentra entre la laguna Putusay Alto por el Sur y la Falla – Veta Brunilda por el Norte, con una tendencia de la dirección del stock N-S. Presenta textura granular porfirítica no muy clara entre sus componentes se observa una pasta de grano medio

equigranular, sus fenocristales están compuestos por ojos de cuarzo en un 20-30%, plagioclasas 25-35%, ortosa 25-35%, biotita 10-15%. En los contactos de esta cuarzomonzonita se observan presencia de xenolitos de granodiorita, por lo que se interpreta que son intrusiones posteriores a la granodiorita, y cuando esta cuarzomonzonita se encuentra en contacto con los intrusivos subvolcánicos pórfido dacita se observa venillas de cuarzo y alteraciones argílica – propilitica, interpretándose que son anteriores al pórfido dacita. Al Sur y Sureste de la laguna Brazzini en los clastos de las brechas volcánicas (Volcánico Raura 1) se observa débil a moderada skarnización, que podrían ser producto de este intrusivo en contacto con las rocas calcáreas que se encuentran en profundidad.

#### 4.1.3.3. STOCKS PORFÍDITICOS

##### - **Pórfido Dacita 1 (T-pda)**

Los afloramientos principales de este stock se encuentran al Norte de la laguna Putusay Alto y al Noroeste de la laguna Putusay Bajo. Presenta una textura granular porfirítica no muy clara entre sus componentes se observa una pasta o matriz de grano medio a fino constituido principalmente por cuarzo con fuerte silicificación y disseminación de pirita, esta pasta ocupa un 40-50% del total de la roca, sus fenocristales están compuestos por ojos de cuarzo en un 10-15%, plagioclasas 15-25%. Este stock en contacto con los intrusivos anteriores se observa asimilaciones de roca, la presencia de disseminación de pirita en la matriz es posible que se trate de la interacción química entre el azufre de este intrusivo con el fierro



producto de los minerales ferromagnesianos de los intrusivos anteriores. Al Sur y Oeste de la laguna Putusay Bajo se observa diques de este pórfido dacita dentro y en contacto con las brechas volcánicas (Volcánico Raura 1), y marmolización con débil skarnización en contacto con las rocas calcáreas. Finalmente se interpreta que este intrusivo es posterior a los anteriores (granodiorita, cuarzomonzonita) y posterior a las brechas volcánicas del Volcánico Raura 1; asimismo este intrusivo en contacto directo con las rocas calcáreas de la Formación Jumasha da origen a la skarnización.

- **Pórfido Dacita 2 (T-poda)**

El afloramiento principal se encuentra en el Norte del área de estudio, al Sureste del Tajo abierto Primavera, entre las fallas Brunilda y Puyhuancocha. Presenta una textura granular porfirítica no muy clara entre sus componentes se observa una pasta o matriz de grano medio a fino constituido principalmente por cuarzo con silicificación y argilización con débil diseminación de pirita, esta pasta ocupa un 40-50% del total de la roca, sus fenocristales están compuestos por ojos de cuarzo en un 10-15%, plagioclasas 15-20, biotita 5-10%. Este stock cercano al contacto con los intrusivos granodiorita y cuarzomonzonita se observa asimilaciones de roca, a manera de xenolitos y brechas de intrusión, asimismo se tiene asimilación de bloques de endoskarn, este intrusivo es posible que origina alteraciones argílica y propilitica en la cuarzomonzonita y propilitica con calcosilicatos en la granodiorita; el contacto con las dacitas del Volcánico Raura 2 es difuso. Finalmente

se interpreta que este intrusivo es posterior a los anteriores (granodiorita, cuarzomonzonita) y anterior al intrusivo Pórfido cuarzomonzonita, posiblemente de la misma edad con el intrusivo subvolcanico pórfido dacita 1.

- **Dique de Dacita (T-dda)**

Los afloramientos de diques que se encuentran entre la Falla Quichas, Falla-veta Farallón y el sistema de vetas Victorias. Presentan una textura granular microporfirítica equigranular, entre sus componentes se observa una pasta de grano fino fuertemente silicificado, con pequeños ojos de cuarzo y fenocristales de plagioclasa. Estos diques en contacto con las rocas calcáreas dan origen a la skarnización, y se encuentran cortados por venillas de cuarzo como es el caso del dique que se observa al Este de la Veta Victoria Norte, interpretándose que tendrían una relación con fluidos hidrotermales y mineralización polimetálica.

- **Dique de Cuarzomonzonita (T-dqzmz)**

Afloramientos pequeños de estos diques se encuentran al Noroeste de la Laguna Brazzini. presentan una textura granular de grano grueso (equigranular), entre sus componentes se observa cuarzo 25%, ortosa 30%, plagioclasa 30%, ferromagnesianos 15%. Estos diques se encuentran cortando a los intrusivos granodiorita, cuarzomonzonita y al Volcánico Raura 1; algunos de ellos se presentan como “Dique de guijarros” (peeble dike) con fragmentos redondeados de granodiorita y cuarzomonzonita de grano medio, soportados por matriz de cuarzomonzonita de grano grueso. Por las evidencias que se muestran

en esta zona (Noroeste de la Laguna Brazzini) nace una hipótesis que este sector sería un centro de varios eventos de intrusión que aprovecharía la debilidad estructural de la intersección de las Fallas Restauradora con Brazzini.

#### 4.1.3.4. FORMACIÓN DE DIATREMAS

##### - **Brechas Volcánicas (T-bx)**

Se diferencian áreas de brechas volcánicas asociados a posibles “cuellos volcánicos” y/o “diatremas”. El posible afloramiento de una Diatrema se infiere que se encuentra en el Sureste de la Garita Santa Rosa, en las partes altas del cerro que se encuentra entre las vetas Victorias– Farallón con las Vetas Celia Lucia, en este sector las brechas son polimícticas presentan clastos subredondeados de caliza, mármol y de rocas volcánicas de diferente composición (dacitas y andesitas? porfiríticas), similares a estas brechas se encuentran grandes bloques como depósitos cuaternarios al Norte de la Laguna Putusay Alto y Falla Brazzini, el que nos lleva a inferir que pueden ser producto de una explosión volcánica. Al Sur de la Garita Santa Rosa (300 mts.) se encuentra afloramientos de Brechas volcánicas polimícticas con clastos subredondeados a subangulosos de mármol, skarn (exoskarn), con una matriz fuertemente silicificada de posible composición riódacítica. Al Sureste de la Laguna Putusay Bajo se encuentran afloramientos de Cuello de Brecha, con clastos polimícticos de rocas volcánicas, calizas, mármol e intrusivo de posible composición granodiorítica y matriz fuertemente silicificada, los afloramientos de brechas tienen buzamientos verticales con las

paredes inclinados hacia adentro que tienen la forma de embudo, estas se encuentran en contacto directo con las calizas de la Formación Jumasha (Miembro 2); la forma que presentan estas brechas hacen inferir que son remanentes de un cuello volcánico que puede estar ubicado al Este de la Laguna Putusay Bajo cubierto por depósitos cuaternarios.

Considerando el Complejo de Brechas del Suroeste del Tajo Primavera, se puede inferir que el intrusivo Pórfido Cuarzomonzonita (Posible mineralizador) aprovecharía la debilidad de un gran “cuello volcánico” para su cristalización. Con esta referencia se infiere una correlación similar que por debajo de los cuerpos de brecha que se encuentran entre las Vetas Victorias con la Laguna Putusay Bajo, posiblemente estén asociados a sistemas de intrusiones porfídicos.

#### 4.1.3.5. VULCANISMO

##### - **Volcánico Raura 1 (T-vr1)**

Estas rocas afloran en el sector Sur del área que corresponde al proyecto, entre las lagunas de Brazzini, Putusay Alto y al Oeste de la Laguna Putusay Bajo. Esta unidad está constituida por brechas volcánicas polimícticas con clastos subredondeados de caliza, mármol, skarn, cuarcita y posible granodiorita; la matriz es de textura vesicular, de posible composición dacita fuertemente silicificada, en algunas áreas con escasa disseminación de pirita.

Algunos clastos de estas brechas volcánicas al Oeste de la laguna Brazzini y sector Este de Jimena presentan una skarnización posiblemente de protolito granodiorita; al Suroeste de la laguna

Putusay Bajo, se observa algunos clastos de caliza que dan una apariencia a la Formación Pariatambo y cuarcitas posiblemente de la Formación Chimú, el cual nos puede llevar a interpretar que estas rocas volcánicas son de profundidad en este sector.

Los orígenes de estas brechas volcánicas son asociados a una debilidad estructural que sería la Falla Restauradora, el mismo que se encuentra entre el contacto de las calizas con el intrusivo granodiorito; por las evidencias geológicas en campo estas rocas volcánicas son posteriores a la granodiorita y anteriores a la cuarzomonzonita y al Pórfido dacita que se encuentra en este sector.

- **Volcánico Raura 2 (T-vr2)**

Estas rocas se encuentran en el sector central del área que corresponde al proyecto, al Norte de la laguna Putusay Bajo, en los alrededores de la Garita Santa Rosa y en la zona de Brunilda - Tajo Grety. Esta unidad está constituido por flujos lávicos de posible composición dacítica con matriz fuertemente silicificada el cual altera la textura original de la roca dificultando el diagnóstico del protolito, en algunos sectores débil diseminación de pirita, dentro de la matriz se observa la presencia de líticos posiblemente de rocas intrusivas y volcánicas anteriores a esta unidad.

Estas rocas volcánicas posiblemente pueden ser posteriores a los intrusivos granodiorita, cuarzomonzonita y una posible contemporaneidad con el intrusivo subvolcanico pórfido dacita.

- **Volcánico Raura 3 (T-vr3)**

Estas rocas se encuentran abarcando el sector Este del área de estudio, en los sectores denominados Puyhuancocha, Victorias y Farallón; esta unidad se encuentra sobreyaciendo a las dacitas silicificadas del Volcánico Raura 2, litológicamente esta unidad está constituida por flujos lávicos que presentan pseudoestratificación de posible composición dacítico y riodacítico fuertemente silicificado, el cual altera la textura original de la roca dificultando el diagnóstico del protolito. Los líticos que contiene esta roca son clastos subredondeados a subangulosos de caliza y mármol, los tamaños de los clastos son de mayor dimensión (hasta 3 m de diámetro) que se encuentran próximos a la zona de Farallón y se observa la disminución gradual en el tamaño de los clastos con dirección al Norte hacia los Sectores de Puyhuancocha y Puyhuanmina, donde se encuentran sobreyaciendo en discordancia angular a las calizas de la Formación Jumasha (Miembro 3).

Por las descripciones que se indican en el párrafo anterior es posible que estos volcánicos tengan como centro de erupción en la zona de brechas volcánicas que se encuentra entre las Vetas Lucia y Farallón.

- **Volcánico Raura Indiviso (T-vr)**

Se denominan de esta manera a las rocas volcánicas que no fueron objeto de mapeo en el presente estudio, se encuentran situados al Norte de la malla geoquímica en los alrededores de Raura Pata. De acuerdo a las revisiones bibliográficas de trabajos anteriores estas rocas son de composición dacítica y riodacítica, con las observaciones preliminares

de campo las rocas del sector Este de Raura Pata podrían ser correlacionables con el Volcánico Raura 3.



*Fig. 4.4. Vista Frontal (E-W), Volcánicos Raura*

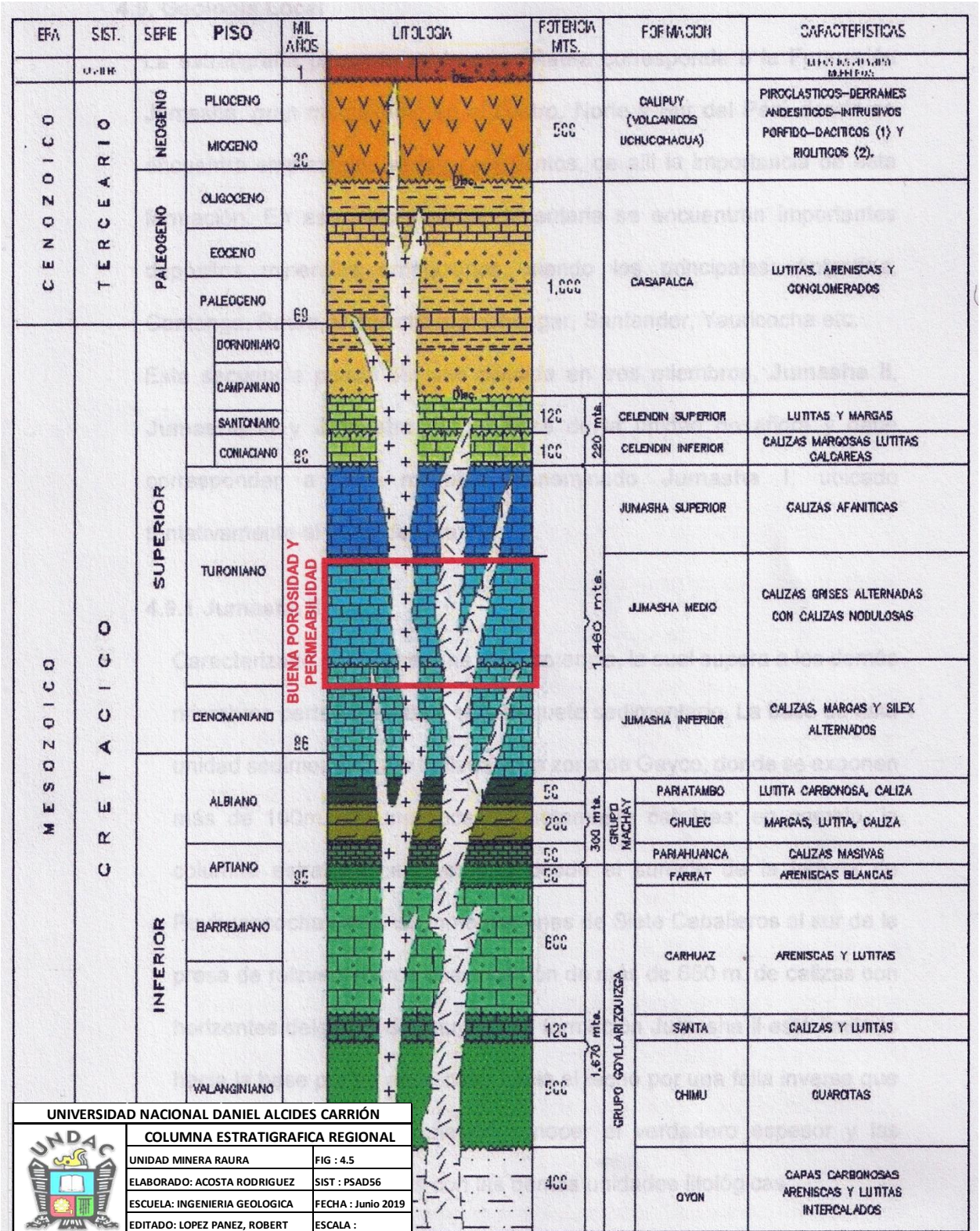


Fig. 4.5 – Columna Estratigráfica Regional de la Mina Raura



#### 4.1.4. GEOLOGIA LOCAL

La estratigrafía presente en la mina Raura corresponde a la Formación Jumasha, gran metalotecto en el centro, Norte y Sur del Perú donde se encuentra emplazados varios yacimientos, de allí la importancia de esta formación. En esta secuencia sedimentaria se encuentran importantes depósitos minerales emplazados, siendo los principales: Antamina, Contonga, Raura, Uchucchacua, Chungar, Santander, Yauricocha etc.

Esta secuencia puede ser sub dividida en tres miembros, Jumasha II, Jumasha III y Jumasha IV. La base de la unidad no aflora y debe corresponder a otro miembro denominado Jumasha I, ubicado tentativamente al norte de Raura.

##### 4.1.4.1. Jumasha II

Caracterizado por poseer una gran potencia, la cual supera a los demás miembros pertenecientes a este paquete sedimentario. La base de esta unidad sedimentaria fue hallada en la zona de Gayco, donde se exponen más de 11,0 m. de una sucesión netamente calcárea; en cambio, la columna estratigráfica levantada desde el sureste de la laguna de Puyhuancocha hasta las inmediaciones de Siete Caballeros al sur de la presa de relaves, marca una sucesión de más de 650 m. de calizas con horizontes delgados de margas. La formación Jumasha II está limitado hacia la base por un anticlinal y hacia el techo por una falla inversa que corta la secuencia impidiendo conocer el verdadero espesor y las relaciones estratigráficas con las demás unidades litológicas.

#### 4.1.4.2. Jumasha II inferior

El miembro inferior del Jumasha II no aflora completamente en el distrito minero Raura, es por ello que solamente se ha llegado a determinar un espesor de 300 m. Las calizas están agrupadas en secuencias elementales que presentan a la base estratos delgados de calizas tipo packstone y mudstone, en la parte media, presentan calizas tipo packstone gris oscura formado por la acumulación de clastos irregulares que desarrollan estratos cada vez más potentes; el techo está generalmente conformado por estratos potentes de brecha sedimentaria con clastos irregulares. En general las secuencias elementales son grano estrato creciente, donde los niveles de caliza tipo packstone van incrementando su espesor desde los 10 cm. en la base hasta los 3 m. de espesor al techo, en cambio los estratos de caliza tipo mudstone que se caracterizan por su coloración negra, se inicia a la base con estratos continuos de 5 cm desapareciendo estos más arriba.

La presencia de brechas sedimentarias caracteriza al miembro inferior del Jumasha II, la cual posee clastos irregulares de caliza tipo grainstone y una matriz tipo packstone a mudstone. En algunos sectores, la matriz presenta estructuras sedimentarias tales como ripples y laminaciones oblicuas a horizontales, las cuales evidencian que los clastos fueron transportados; este fenómeno ocurrió cuando el sedimento calcáreo aún no estaba litificado.

A la base del miembro inferior del Jumasha II existe un nivel fino de aproximadamente 6 m de espesor, este nivel está conformado por una

sucesión de estratos delgados de calizas tipo mudstone y packstone, siendo una secuencia grano-estrato creciente; los estratos de la base poseen espesores que van desde los 10 cm. a los 15 cm laminados y continuos. Lateralmente se aprecia que estos estratos disminuyen en espesor, formando canales alargados sin continuidad lateral. Esta característica hace que este nivel fino sea muy variable y por ende su ubicación vertical variada.

#### 4.1.4.3. Jumasha II medio

El miembro intermedio del Jumasha posee aproximadamente un espesor de 110 m. Litológicamente está compuesto por secuencias elementales de caliza, los cuales se inician con una intercalación de calizas tipo mudstone y packstone de color negro, dispuestos en estratos delgados de 10 a 30 cm de espesor, y terminan con estratos potentes, de hasta 5 m de brechas sedimentarias con clastos angulosos de caliza tipo packstone y grainstone, unidos por una matriz escasa de limolita calcárea, las cuales son la característica más resaltante de esta unidad litológica. La forma angulosa y definida de los clastos de las brechas indica que fueron transportados cuando ya se encontraban consolidados al menos parcialmente, esta es la principal diferencia con el miembro inferior y superior del Jumasha II.

El miembro superior del Jumasha II posee un espesor aproximado de 240 m. la relación estratigráfica con el miembro intermedio del Jumasha II es normal; litológicamente está constituida por una repetición de secuencias elementales grano estrato crecientes, donde a la base de cada secuencia se observan estratos delgados de caliza tipo

mudstone de color negro intercaladas con estratos de caliza tipo packstone gris oscuras de espesores variables, los cuales empiezan con un espesor de 10 cm y rápidamente van aumentando hasta alcanzar los 30cm.

La parte superior de la secuencia elemental está constituida por estratos gruesos de brechas sedimentarias con clastos irregulares de caliza que fueron transportados en estado semi consolidado y fueron acumulados en estratos que pueden alcanzar los 3 m de espesor; los clastos irregulares son de caliza tipo grainstone y packstone con diámetros variables entre 1 a 15 cm de espesor, los cuales están suspendidos en una matriz lodosa mudstone con una coloración negra preferentemente calcárea, y que en ocasiones pueden tratarse de limolitas negras bien laminadas.

Las secuencias elementales, en la base del miembro superior del Jumasha II muestran los primeros estratos formados por la acumulación de clastos con bordes irregulares; los clastos aislados de diámetro variable fueron transportados y lentamente asimilados por la matriz de mudstone, mezclándose para formar calizas tipo wackestone o packstone; esta mezcla lógicamente no se realizó por completo, los clastos que no fueron asimilados forman aglomeraciones distribuidos en estratos potentes.

La matriz de caliza tipo wackestone y mudstone es de color negro, y el hecho de transportar clastos irregulares condiciona a que presente laminaciones oblicuas curvas y canales que indican una dirección de flujo hacia el este.

El origen de las brechas sedimentarias con clastos irregulares probablemente esté ligado a la intensa actividad tectónica ocurrida durante o inmediatamente después de la sedimentación de este material. Esto significa que la cuenca donde se depositaron los sedimentos del Jumasha II tuvo una fuerte subsidencia y que al margen de la cuenca quedaron suspendidas grandes extensiones de terrenos de lecho marino o de plataforma carbonatada, los que al ser ubicados en niveles más altos, fueron erosionados y transportados hacia los grabens o partes bajas de la cuenca.

En la parte media del miembro superior del Jumasha II, existe una secuencia margosa con un espesor aproximado de 7 m, la cual está constituido por una sucesión grano estrato creciente, donde lógicamente dominan los niveles margas color negro y limolitas negras. Estos estratos presentan laminación oblicua y laminación horizontal, además de observarse pequeños canales con algunos nódulos calcáreos de caliza grainstone. La forma de los estratos es lenticular alargado, lo que significa que lateralmente tienden a desaparecer en vista que se trata de un depósito dinámico.

En algunos casos la cantidad de estratos de margas hace más potente el paquete sedimentario y marca un punto de distinción con respecto a los demás afloramientos. Estos niveles margosos son usados como punto de referencia en la correlación con otros lugares y como punto de referencia para distinguir una y otra unidad estratigráfica.

#### 4.1.4.4. Jumasha III

La formación Jumasha III se logró identificar en la columna estratigráfica levantada en la zona de Putusay Bajo. La parte inferior de la columna estratigráfica está cortada por una falla inversa que pone este bloque cabalgante sobre la formación Jumasha IV, la parte superior está en contacto con progresivo con el Jumasha IV. Se calcula que el espesor promedio alcanza los 223 m.

La parte inferior de esta unidad litoestratigráfica está compuesta por una sucesión de calizas tipo grainstone con intercalaciones de calizas mudstone, con un espesor aproximado de 20 m. Los estratos varían de 20 a 30 cm de espesor y son de color gris claro a beige con laminación horizontal y fosilíferas bien definidas.

La parte media y superior de la formación Jumasha III está formada por una serie de secuencias elementales grano estrato decrecientes que varían de 5 a 15 m de espesor. La secuencia elemental empieza con estratos potentes color gris claro de calizas grainstone, con laminación oblicua curva, ripples, y canales alargados dispuestos uno sobre otro a manera de entrecruzamiento. Las estructuras sedimentarias indican que la polaridad de los estratos está normal y corresponden a una plataforma carbonatada con corrientes de agua que transportaron el material calcáreo con dirección al este y sureste. Los estratos de caliza tipo grainstone tienen una alta concentración de clastos de caliza compactada con escasa porosidad. En la parte superior de las secuencias básicas se inicia una ligera intercalación con calizas

packstone, para finalmente encontrarse delgados niveles de calizas tipo mudstone color negro.

Es característica de la parte superior de la formación Jumasha III la presencia de cherts inmersos a manera de nódulos irregulares y con coloración gris oscura a negra dentro de las calizas grainstone.

#### 4.1.4.5. Jumasha IV

La formación Jumasha IV se logró identificar en la columna estratigráfica levantada al suroeste de la laguna Putusay bajo, la formación Jumasha IV abarca desde los 223 m hasta los 400 m, teniendo una potencia aproximada de 177 m; sin embargo, este espesor solo es parcial, ya que la parte superior está afectada por la Falla Chonta Oriental que hace cabalgar a los sedimentos de la Formación Pariatambo.

La formación Jumasha IV está conformado por una repetición de secuencias elementales grano y estrato decrecientes de 3 y 20 m de espesor, observándose que en la parte inferior hay un dominio de calizas tipo wackestone con espesores que superan los 3 m; al techo hay un evidente incremento de calizas tipo mudstone y limolitas.

El análisis estratigráfico hecho a las secuencias básicas revela que los estratos ubicados a la base son generalmente de calizas tipo packstone con nódulos de intercrecimiento cuya forma característica lenticular es la que define esta unidad. Los nódulos de intercrecimiento se desarrollan a partir de la concentración de material calcáreo alrededor de un fragmento fósil o grano de sílice u otro material, observándose que se trata de numerosas capas estilo cebolla que forman estos

nódulos agrupados consecutivamente hasta conformar paquetes o estratos potentes. La matriz que rodea a los nódulos es de caliza tipo mudstone es de color negro y se encuentran a manera de delgadas laminas. La acumulación de nódulos, formando estratos potentes de caliza, predispone a que la roca sea fácilmente fracturada en las uniones entre nódulos, lo que la convierte en un potencial receptor de mineralización.

La parte superior de la secuencia básica está conformada por una intercalación de calizas tipo wackestone y mudstone, donde los estratos de calizas mudstone son más potentes y están conformados por una masa algo estratificada de lodo color negro, con ocasionales acumulaciones de cherts formando horizontes delgados de hasta 10 cm de ancho.



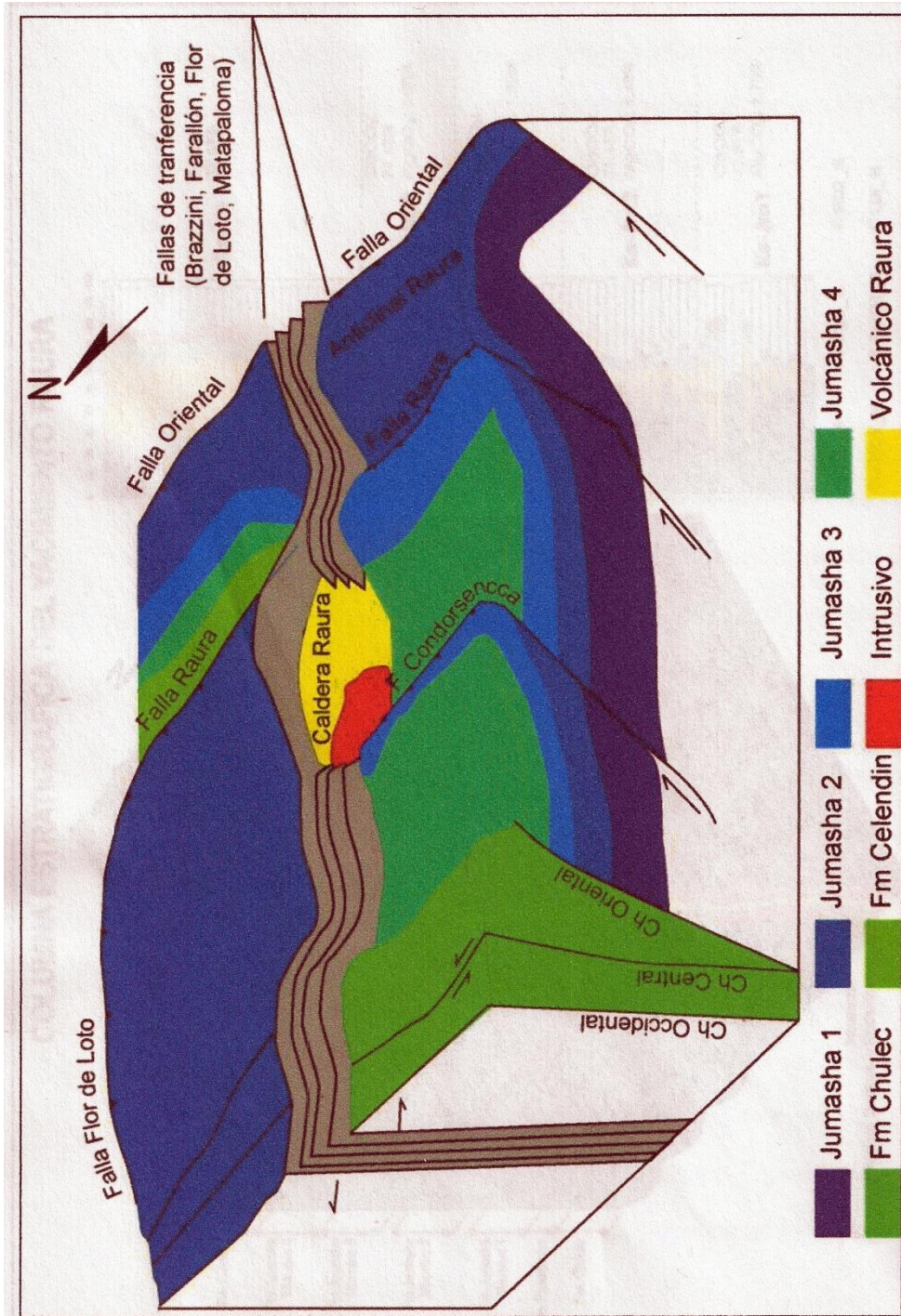


Fig. 4.6 – Modelo Estructural y Litológico del distrito minero de Raura.

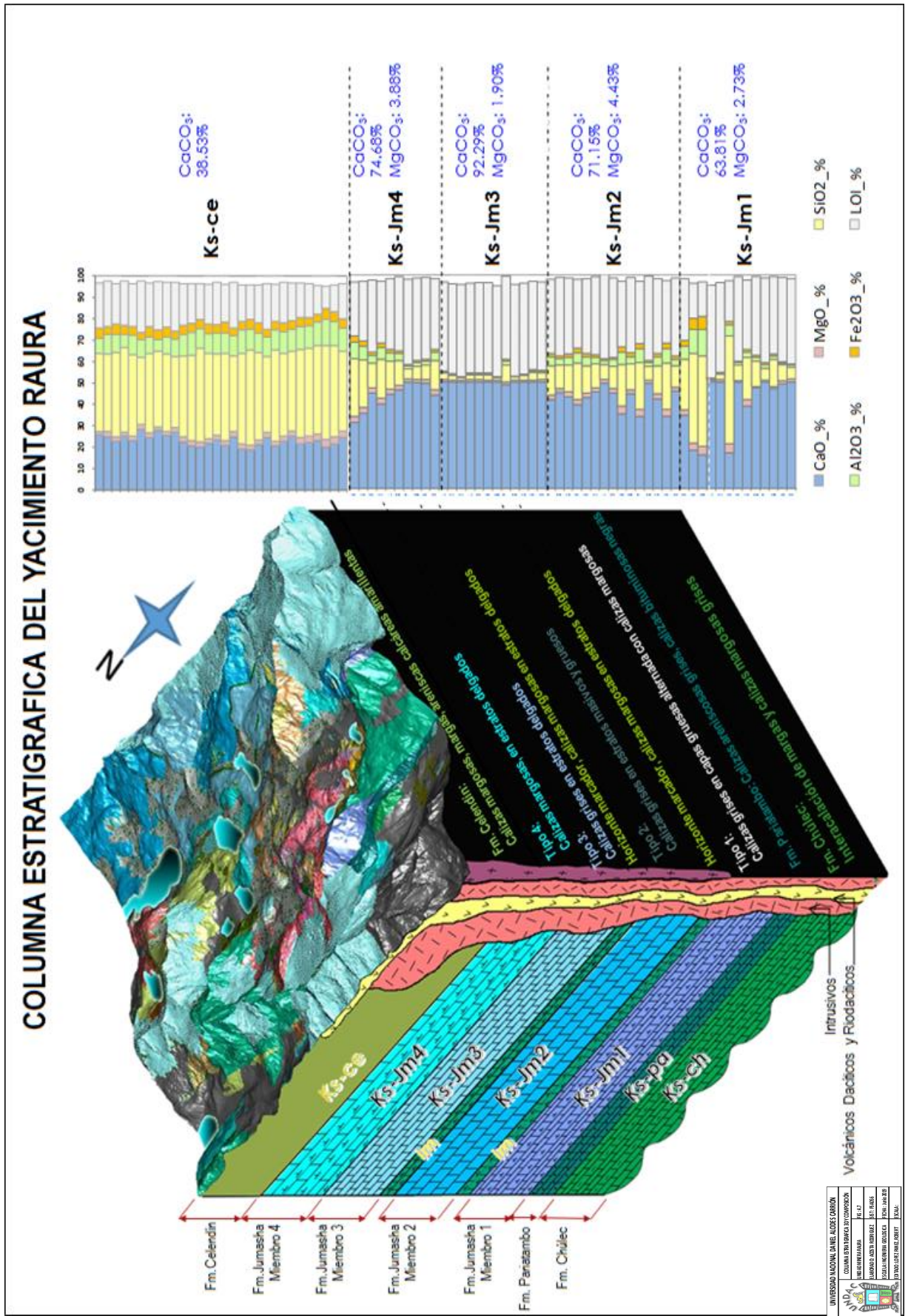
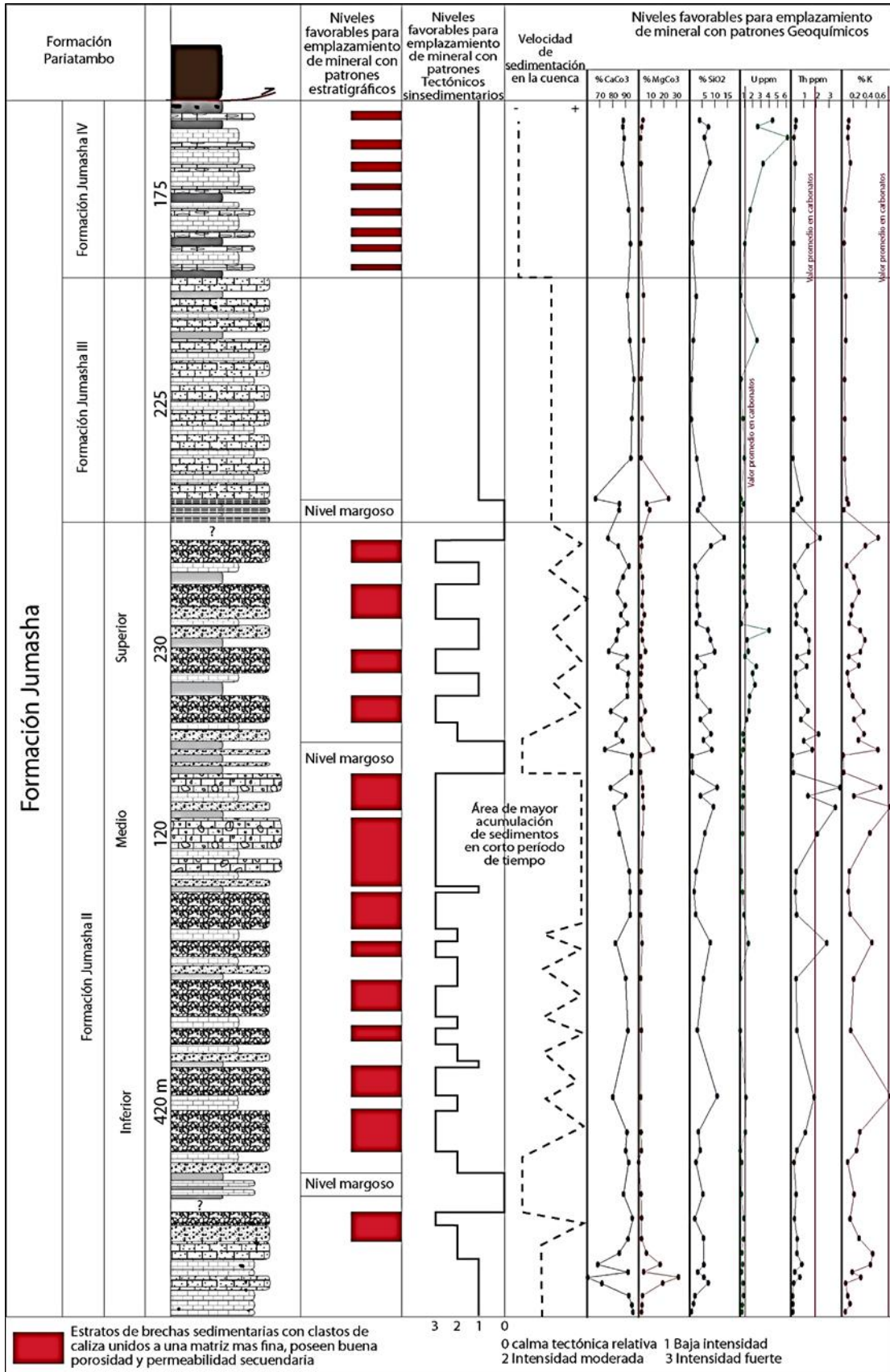


Fig. 4.7 – Columna Estratigráfica Raura 3D y Composición.

Fig. 4.8 – Columna Estratigráfica Raura



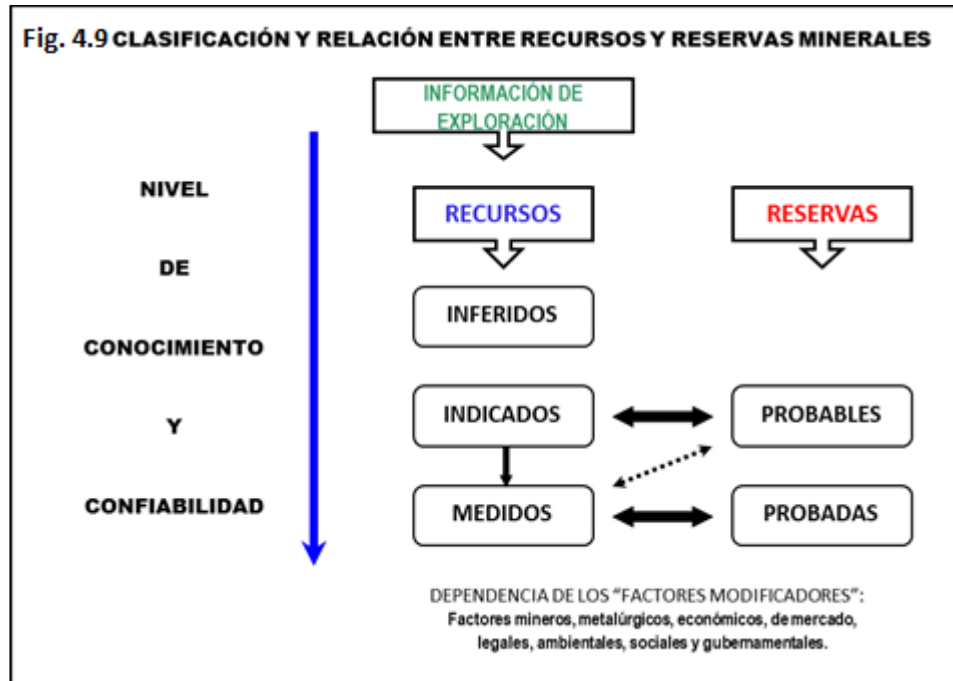
## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Recursos Minerales

MINSUR S.A. ha adoptado como norma para los Informes de Recursos y Reservas Minerales los principios internacionales referidos por el *Joint Ore Reserves Committee (JORC)*, *Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM)*, y *Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia*.

Estos Principios fundamentalmente son: la transparencia, total entrega de la información pertinente, e idoneidad del personal evaluador. Para adecuarnos a las normas se están adoptando las acciones necesarias para otorgar la confianza en los estimados mediante la definición de la metodología de cada proceso y hacerlos sustentables, de igual manera se aplican técnicas de verificación y validación para confirmar los resultados. En la Fig. 4.9 se muestra la relación secuencial que existe entre la Información de Exploración, Recursos y Reservas. La clasificación de los estimados debe tomar este marco de referencia, de modo tal que reflejen los diferentes niveles de confianza geológica y los diferentes grados de evaluación técnica y económica. Conforme aumenta el conocimiento geológico, es posible que la Información de la Exploración llegue a ser la suficiente como para estimar un Recurso Mineral. Conforme aumenta la información económica, es posible que parte del total de un Recurso Mineral se convierta en una Reserva Mineral. Las flechas de doble sentido entre Reservas y Recursos que se incluyen en la Fig.4.9 indican que los cambios en algunos factores podrían hacer que el material estimado se desplace de una categoría a otra.

La importancia relativa de los criterios sugeridos variará en cada yacimiento, dependiendo del ambiente geológico, restricciones técnicas, condiciones legales y normas existentes al momento de la evaluación.



Las principales definiciones que MINSUR asume y se obliga a seguir están enunciadas en los párrafos siguientes.

- **Los Recursos Minerales**, son concentraciones de minerales que existen de manera natural en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que la extracción económica de un producto, a partir de la concentración, sea actual o potencialmente factible. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral se conocen o estiman o interpretan a partir de información, evidencias y conocimiento geológicos específicos, con alguna contribución de otras disciplinas.

Las declaraciones de Recursos Minerales, generalmente son documentos dinámicos y cambiantes que se ven afectados por la tecnología, la infraestructura, los precios de metales y otros factores. Según cambien estos diversos factores, el material puede entrar o salir de la estimación de Recursos.

Las partes de un yacimiento que no tengan perspectivas razonables de extracción económica eventual, no deben incluirse en un Recurso Mineral.

Los Recursos Minerales se subdividen, en orden de confianza geológica creciente en las categorías de Inferido, Indicado y Medido.

#### 4.2.1.1. Recurso Mineral Inferido

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un bajo nivel de confianza. Se le infiere o asume de evidencia geológica y/o de leyes asumidas, pero no verificadas. El estimado se basa en información reunida con técnicas adecuadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros, la cual puede ser limitada o de calidad - fiabilidad incierta.

Se asume la continuidad geológica y puede o no estar respaldada por muestras representativas o evidencia geológica.

La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos, o realizar una evaluación económica de pre-factibilidad que merezca darse a conocer al público.

#### 4.2.1.2. Recurso Mineral Indicado

Parte de un Recurso Mineral cuyo tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con

un nivel de confianza razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros. Los lugares están demasiado o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas.

Se asume la continuidad geológica con muestras inadecuadamente espaciadas y que no permiten confirmar totalmente.

La confianza en el estimado pese a ser menor que en el caso de los Recursos Medidos, es suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad económica.

El estimado se basa en información de la exploración, muestreo e información reunida mediante técnicas apropiadas sobre afloramientos, trincheras, pozos, taladros y pruebas de beneficio.

#### 4.2.1.3. Recurso Mineral Medido

Parte de un Recurso Mineral cuyo tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. El estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, trincheras, piques, beneficios y taladros. Los lugares están espaciados con proximidad suficiente para confirmar la continuidad geológica y/o la de leyes.

Se confirma la continuidad geológica mediante muestreo adecuadamente espaciado.

La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral, es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica.

#### 4.2.2. Reservas Minerales

Es la parte económica y legalmente extraíble de un Recurso Mineral Medido o Indicado y que incluye materiales de dilución y descuentos por las mermas que pueden ocurrir durante el minado. Requiere haber efectuado evaluaciones que pueden incluir estudios de pre-factibilidad o factibilidad considerando los factores de minado, procesamiento, metalurgia, economía, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales asumidos en forma realista.

El término *económico* implica que se ha podido establecer o demostrar analíticamente que es posible una extracción o producción rentable, bajo hipótesis definidas de inversión. Las hipótesis deberán ser razonables, incluyendo los supuestos relacionados con los precios y costos que prevalecerán durante la vida del proyecto. La evaluación dinámica de las operaciones implica que un cálculo válido efectuado en un momento dado, puede cambiar significativamente cuando se dispone de nueva información.

El término legalmente implica que no debería haber incertidumbre en lo que respecta a los permisos necesarios para el minado y el procesamiento de los minerales, ni tampoco con la resolución de asuntos legales que estuvieran pendientes.



Se reconoce que las estimaciones de reservas, siendo éstas predicciones de lo que ocurrirá en el futuro tendrán cierto grado de inexactitud. Se reconoce también que diferentes técnicos que pudieran analizar los mismos datos, pueden llegar a interpretaciones y conclusiones discrepantes. El hecho de que se demuestre, en una fecha posterior, que la estimación de una reserva fue inexacta debido a que no se contó con información suficiente o a que cambiaron las condiciones económicas, no significa necesariamente que la estimación se hizo de manera incompetente o fraudulenta. La información relacionada con la estimación de reservas debe tener una base sustentable y debe hacerse de buena fe. En ciertas circunstancias, las Reservas Minerales previamente reportadas podrían revertir a Recursos Minerales. Su reclasificación no debe aplicarse cuando se prevé que los cambios serán temporales, de corta duración o cuando la Gerencia decide operar a corto plazo en forma no económica. Ejemplos de estas situaciones son la caída del precio del producto que se espera sea de corta duración, emergencia temporal en la mina, huelga de transportes, etc. Se subdividen en orden de confianza creciente en Reservas Probables y Reservas Probadas.

#### 4.2.2.1. Reserva Mineral Probable

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Esta Reserva incluye los materiales de dilución y los materiales por mermas que puedan ocurrir durante la explotación. Implica evaluaciones a nivel de un estudio de pre factibilidad o factibilidad con las consideraciones respecto a los factores económicos modificadores; estas evaluaciones

demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente en el momento del informe.

Una Reserva Mineral Probable tiene menos confianza que una Reserva Mineral Probada y su estimado debe tener la calidad suficiente como para servir de base a decisiones sobre compromisos mayores de capital y al desarrollo final del yacimiento. Sin embargo, requiere mayor información para demostrar la continuidad geológica y su ley.

En ciertas circunstancias un Recurso Mineral Medido puede convertirse en Reserva Mineral Probable, debido a la incertidumbre asociada con los factores modificadores tomados en cuenta. En este caso no implica una reducción en el nivel de confianza o conocimiento geológico; en una situación así, los factores modificadores deberán explicarse fehacientemente.

#### 4.2.2.2. Reservas Minerales Probada

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Medido e incluye los materiales de dilución y descuentos por mermas durante la explotación. La aplicación de la categoría de Reserva Mineral Probada implica el más alto grado de confianza en el estimado y se asume que existe suficiente información disponible para demostrar razonablemente la continuidad geológica y la ley.

Involucra efectuar evaluaciones de pre-factibilidad o factibilidad en las que se consideran las modificaciones por factores realistas de minado, metalúrgicos, económicos, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción es

viable al momento del informe. Normalmente involucra al material que se está minando y para el cual hay un plan de mina detallado.

En ningún caso los Recursos Minerales Indicados podrían convertirse directamente en Reservas Minerales Probadas.

#### 4.2.3. Método Geoestadístico

La Estimación de Recursos con Software Estudio RM (Datamine) al 31 de diciembre del 2017 se elaboró con soporte técnico del Dr. Alfredo Marín, quien actualmente es consultor geoestadístico de Raura.

La estimación geoestadística con Ordinary Kriging garantiza para cada bloque o celda dos aspectos:

- A) Estimación no sesgada o sea sin error sistemático.
- B) Optimizar la estimación en el sentido de proporcionar la varianza de estimación mínima.

Para realizar el procedimiento se tomará en cuenta lo siguiente:

- Se calculará todos los paneles o bloques creados dentro del sólido de veta que proporciona Área de Modelamiento por la interpretación de geología.
- El algoritmo consiste básicamente en asignar un peso a cada valor de ley de un compósito que se encuentre dentro del área de influencia dado por la elipse de radios de búsqueda (basados en los alcances variográficos).
- Se trabaja según el peso geológico que tiene la interpretación de las continuidades mineralógicas y de la continuidad de la estructura según opinión del geólogo que trabaja en el mapeo. Este criterio prevalece sobre el radio que puede darse de búsqueda, donde inicialmente para los Recursos medidos se otorga 50% del alcance variográfico y el doble para

lo Indicados. Los Recursos Inferidos se extenderán casi siempre más de 2 veces el radio de búsqueda.

- La estimación global obtenida siempre se busca tenerse un sesgo cercano al 5% de error, sobretodo en zinc (Zn\_pct) que es el metal según el cual se llega a clasificar. Estas interpolaciones interactivas nos conducen a variar los radios de búsqueda procurando estar cerca del criterio de radios de búsqueda descrito.
- Según el alcance anterior cada interpolación es sometida a la confrontación de la opinión geológica de su continuidad como estructura. La última versión es con el peso geológico que se da en comparación a los resultados de la estimación tradicional, cuando existe.

#### 4.2.3.1. Desarrollo

- Usar la información guardada en la Base de Datos del Área de Geología GDMS que la Compañía posee.
- Recibirla en archivo texto para poderlo cargar en programa donde se calcularán las interpolaciones (Datamine). Este punto ideal, se ha cumplido totalmente y se asume que los chequeos de consistencia y validación de datos geológicos y de análisis químicos son correctamente validado por el Área de Geología como paso previo al trabajo del Consultor, autor del presente Procedimiento.
- Preparar los archivos con los parámetros variográficas y los distintos radios de búsqueda inicial que se usarán iterativamente hasta conseguir un resultado en concordancia con la observación y el modelo implícito que tiene el staff de geología respecto al cuerpo en estudio;

de presentar la estructura inflexiones muy notorias y determinantes se procederá a realizar radios de búsqueda por zona.

#### 4.2.3.2. Controles

- Conociendo la estimación OK realizada, es indispensable hacer un seguimiento con la preparación y explotación del cuerpo en estudio.
- Mediante los trabajos de comprobación se tendrá que realizar ajustes al Modelo estimado en comparación al real explotado.
- Con los criterios necesarios, a medida que aumentan los datos serán necesarias ciertas actualizaciones que, dependiendo de la continuidad geológica, tomar decisión de seguir usando los mismos parámetros de los variogramas o calcular nuevos parámetros.
- A medida que aumenten los datos de tajos es indispensable tener variogramas encaminados a trabajar en corto y mediano plazo. La varianza de dispersión tendrá que ser trabajada, optimizando bloque de estimación relacionados a variaciones de volumen optimizando el criterio de explotación.

#### 4.2.3.3. Revisión y Mejoramiento Continuo

- Buscar mejoramientos de variogramas a medida que los datos aumentan sobre todo en los tajos. Luego usarlos en nuevas interpolaciones, incluso con otros interpoladores geoestadísticos como Simple.
- Un ejercicio importante podría ser ensayar otras longitudes de compósitos que ofrezcan diferentes varianzas de la población y mejorando los parámetros variográficos.

- Posteriormente realizar nuevas interpolaciones comparando resultados con lo explotado. De ese modo irán mejorando los Modelos de bloques interpolados.
- Usar los criterios de interpolación geoestadística logarítmica para los metales que según su histograma presentan esta distribución. Con este criterio mejorarán los promedios de Recursos Minerales entregables.

#### 4.4.3.4. Procedimiento

1. Estadísticas de los datos iniciales, calculando los promedios de leyes ponderadas por la longitud de muestreo.
2. Dependiendo del ancho de la estructura se realiza la composición de los datos para tener una población regularizada.
3. Se calcula estadísticas de los compósitos y se presenta en cuadro parecido a los datos iniciales. Los promedios de leyes son ponderados por la longitud de los compósitos (LENGTH).
4. Tareas para realizar el Capping (acotamientos de los valores altos de la población de compósitos, permite eliminar algunos sesgos de valores altos), se realiza con tres pasos básicos:
  - A) Estadísticas con histogramas.
  - B) Gráficos Probabilistic plots (Logarítmicos) para cada metal en estudio y
  - C) Centiles Metodología Irv\_Parrish (Tabla detalle en Apéndice A de cada Reporte).

Este paso puede tener influencia subjetiva porque en algunos trabajos de Geoquímica se usa  $TH = \text{media} + 2 \text{ desviaciones estándar}$ .

Como referencia se incluye TH en las tablas estadísticas, pero se espera la decisión o el visto bueno de Geología para usar los capping calculados.

1. Con tabla de Acotamientos (capping), en los compósitos se llega a determinar campos de leyes acotadas para cada metal: ag\_ac para la plata, cu\_ac para el cobre, pb\_ac para el plomo y zn\_ac para el zinc. Todos los valores altos mayores o iguales al capping serán reemplazados por este valor.

2. La variable Acumulada ( $LENGTH * Ley$  acotada), donde LENGTH es la longitud de compósito se determina para cada metal. Esta variable calculada con las leyes acotadas para el caso de Raura son ACCU para el cobre, ACPB para el plomo, ACZN para el Zinc y ACAG para la plata. El archivo de compósitos con estos campos se llama holes\_com\_capp.dm y será INPUT en cálculo de variogramas y en las interpolaciones de leyes.

3. Variogramas de variables acumuladas\_acotadas (ACCU, ACPB, ACZN y ACAG). Se lleva a cabo en dos etapas:

A) Los variogramas experimentales trabajados mayormente con datos horizontales de labores, a falta de datos verticales y B) Modelamiento de los variogramas experimentales llevándolos a un ajuste a la función denominada esférica.

4. Tabla de parámetros variográficos, se obtiene del paso B) anterior, llegando a obtenerse tres parámetros básicos:

A) El efecto de pepita.

B) La meseta que sumada al efecto de pepita es 1.0 porque el ajuste se hace normalizado y

C) El alcance, parámetros en metros que nos entrega la influencia de autocorrelación de esa ley en la dirección estudiada.

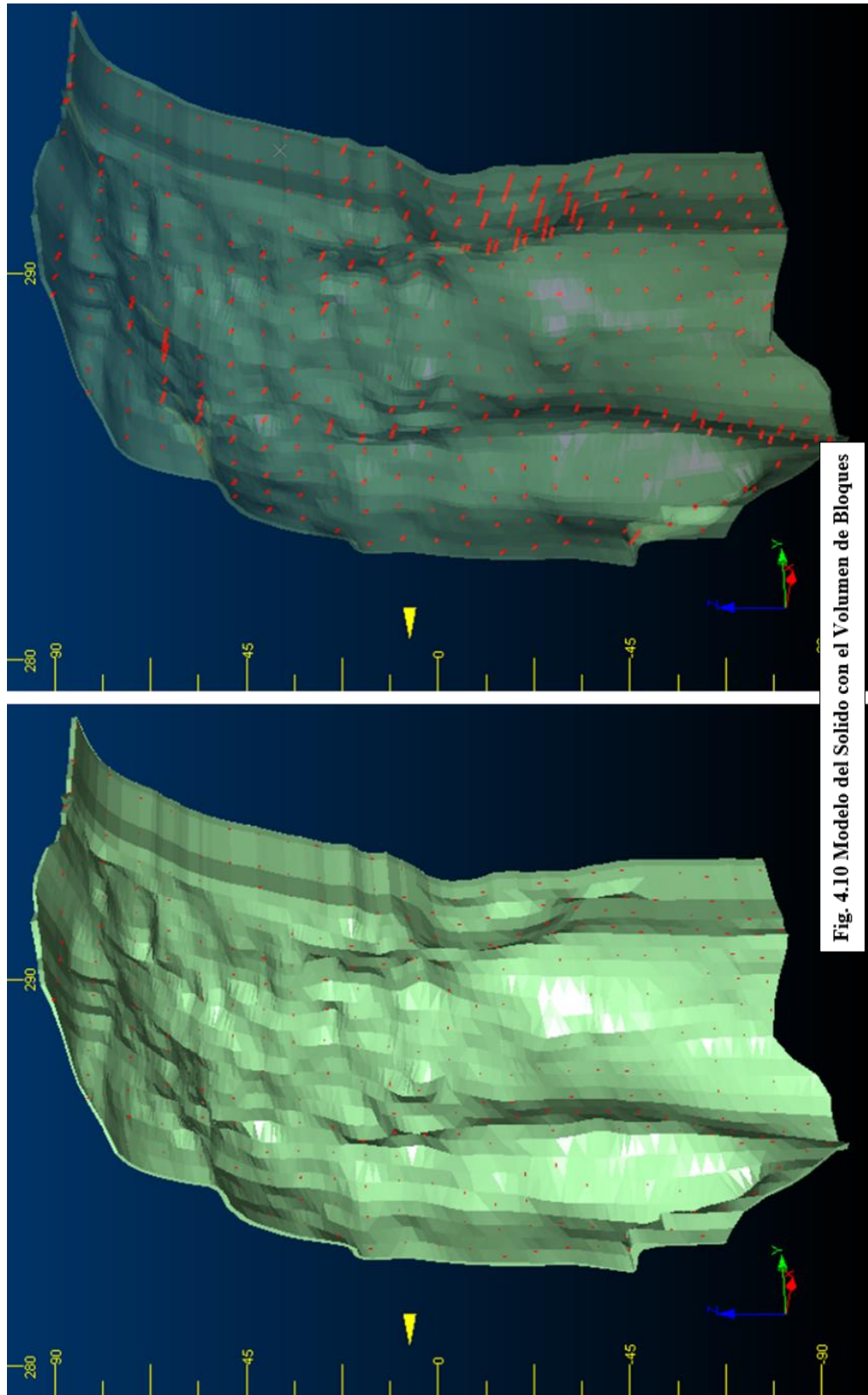
5. Crear Modelo de bloques Rotado en sus 3 ejes, dependiendo su tamaño a la escala de trabajo que hay en la mina. Para vetas angostas pueden ser cubos de 1 metro de lado, pero en cuerpos (Santa Rosa, Franja 1 o Vanessa) llegan a ser cubos de 3 metros de lado.

6. Validación de sólido con el Volumen del Modelo de bloques, el modelo de bloques debe ser medida su volumen en comparación al volumen que genera el sólido. La diferencia de estos volúmenes debe tender a 0.0

7. Estimación de la Potencia del sólido en Modelo de bloques. Se generan sondajes ficticios creados en el sólido buscando perpendicularidad a éste. Luego son INPUT para calcular en modelo de bloques la Potencia veta (Pot\_Vet).



**Fig. 4.10 Modelo del Solido con el Volumen de Bloques**



**Fig. 4.10 Modelo del Solido con el Volumen de Bloques**

8. Estimación de la Potencia del sólido en Modelo de bloques, dependiendo de la complejidad del sólido puede llegar a ser tarea que toma su tiempo de ejecución. Se generan sondajes ficticios creados en el sólido buscando perpendicularidad a éste. Luego son INPUT para calcular en modelo de bloques la Potencia veta (Pot\_Vet).

9. Parámetros para la interpolación Geoestadística de los metales en Datamine se requiere de tres archivos:

1) search\_volum.dm-Tabla de radios de búsqueda basados en las longitudes de los alcances variográficos del metal relevante (Zinc). Los radios de Cobre, plomo, Plata pueden variar según se acomode a obtener una interpolación con sesgo +/- 5%.

2) xmod\_zn1.dm- Tabla de parámetros variográficos.

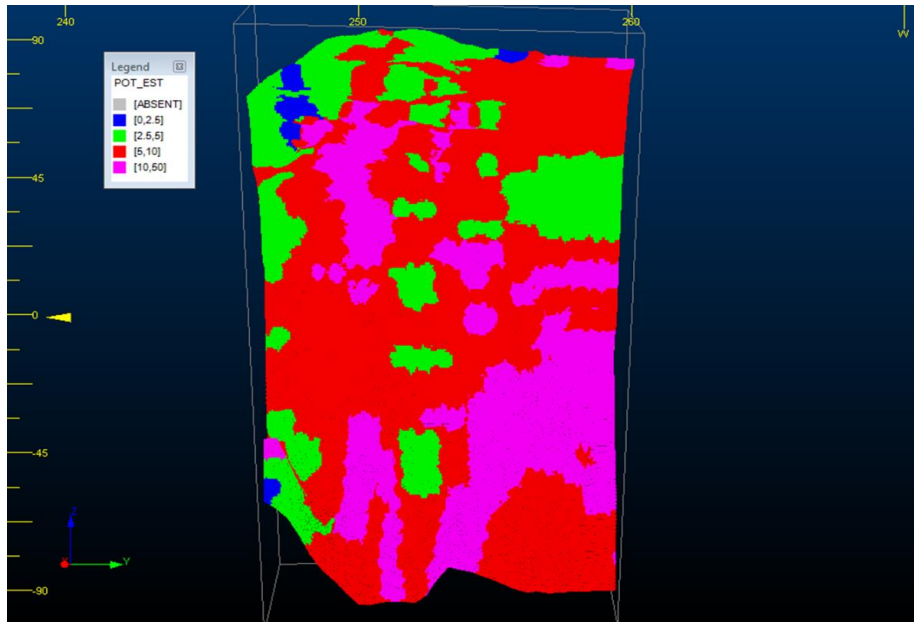
3) Métodos de interpolación (Metales con OK y longitud de compuesto LENGTH con Inverso a la distancia potencia 3, usando elipsoide de Zinc, por ser relevante a usarse en la Clasificación de Recursos.

10. La interpolación se realiza en una misma sesión usando modelo de bloques con celdas rotadas y optimizada con el uso de Sub-celdas, con la rutina ESTIMATE. Se calcula 4 puntos en cada eje relativo del bloque. El archivo INPUT de bloques es **holes\_fic.dm** que contiene la potencia del sólido estimado. En este proceso el OUTPUT es el archivo **est\_rc\_pot.dm**.

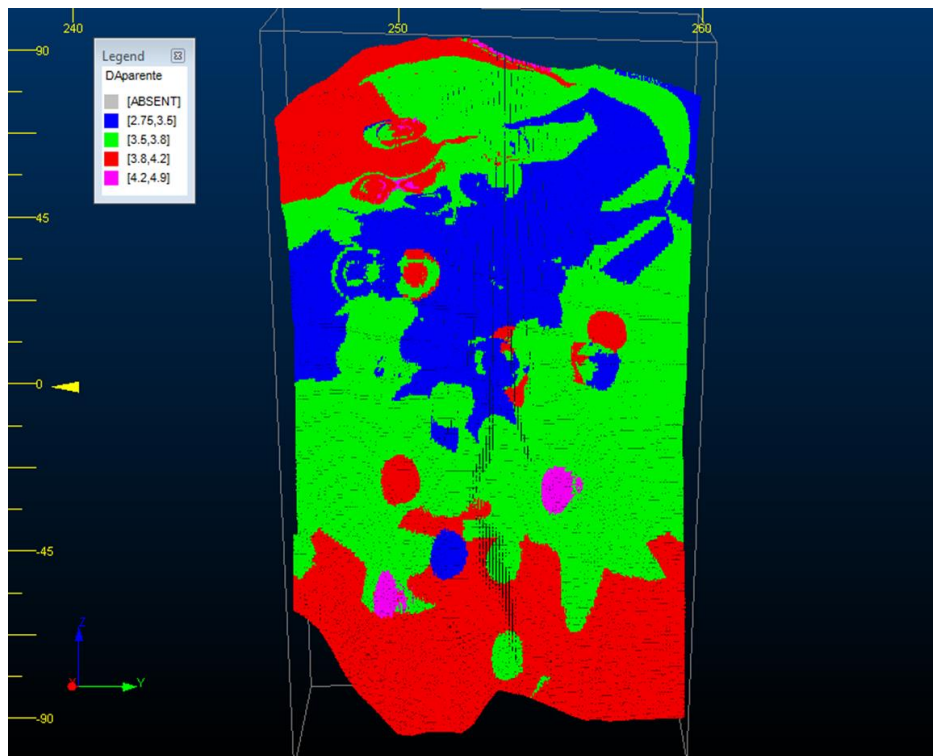
11. El archivo **est\_rc.dm** sirve de base para gestionar resultados de estimación y obtenerse con rutinas varias (entregada en una macro) las leyes estimadas respectivas, de la misma forma se Estimó la Densidad Aparente por separado y luego se une a la base de datos Estimada cuyo

campo se llama **DA** y reemplazará al campo **DENSITY**. De esta gestión se desprende el archivo **est\_rc\_final.dm** con todos los bloques estimados.

**Fig. 4.11** Potencia de longitudes de los alcances variográficos



**Fig. 4.12** Densidad Aparente de longitudes de los alcances variográficos



12. Para la presente estimación se ha aplicado el cálculo de Confianza; es decir que cada reporte de bloques también contará con el porcentaje de confianza que resulta de la mayor Varianza, para esto se aplica la siguiente fórmula en la base de datos estimada.

$$\text{CM} = (100 - ((100 * \text{VK}) / \text{VAR}))$$

13. Categorización de los Recursos Minerales (RRMM) se ha combinado distancia de radio de búsqueda y número de compósitos que intervienen en la estimación del bloque. Con 50% del alcance variográfico para los Medidos (MED) si cumple con el número de compósitos en tabla y el doble o sea todo el alcance, para los Indicados (IND). Los Recursos Inferidos (INF) se extenderán casi siempre más de 4 veces el radio de búsqueda para garantizar que la totalidad de bloques sean estimados.

14. La validación de los Recursos Minerales se hace en forma gráfica mostrando en secciones longitudinales con los mismos rangos de colores tanto los compósitos como los bloques estimados.

15. Otra validación, es la forma estadística con los gráficos probabilísticos ploteadas, buscando que al menos hasta en el 95% de la población sea semejante, habría sido importante.

16. En caso que al mostrarse los resultados al staff de Geología y ellos opinan que es necesario reajustes, entonces será necesaria retornar a realizar otra interpolación con nuevos radios de búsqueda. Los parámetros variográficos no cambian, pero si se cambiará los radios de

búsqueda. Las interpolaciones continuarán hasta que sea aceptable para el Staff de Geología.

17. Un aspecto importante es trabajar los bloques geológicos con los resultados de la Interpolación geoestadística. El Área de geología trabajará estos bloques geológicos de 12.5 metros de alto por la longitud que considere el laboreo en horizontal, agrupando los resultados de los pequeños bloques geoestadísticos, como un entregable a Planeamiento. Estos reportes finales estimados cuentan con el visto bueno de la jefatura y el staff de Geólogos de Raura y los ingenieros de Planeamiento, quienes reciben los archivos en Datamine y Excel.

#### 4.2.4. Comportamiento De La Mineralización Del Cuerpo Hadas 1

El cuerpo Skarn Hadas-Farallón, se encuentra ubicado al Nor Este del Distrito Minero de Raura, está constituida por dos franjas mineralizadas emplazadas en zonas de contacto entre la concurrencia de rocas ígneas y el ambiente sedimentario carbonatado perteneciente a la formación Jumasha. El control estructural obedece a un sistema de fallas de rumbo NW – SE alineadas a la orogenia de rumbo andino, las fallas corresponden al sistema Chonta-Raura. La alteración predominante se da a partir de la alteración progradada (generación de granates) y en algunos sectores la alteración retrograda (Clorita, epidota, Actinolita). La ocurrencia mineral se da a partir del reemplazamiento metasomático del Skarn a través de la infiltración y difusión de flujos hidrotermales cargados de iones metálicos.

Franja 1: Constituida por una mineralización polimetálica, con una potencia promedio de 6.23 m. y una longitud que llegaría a alcanzar los

164.70 m., con una dirección promedio S 14° E y un buzamiento que podría variar a lo largo de su extensión de 75° a 85° SW. El ensamble mineralógico característico está constituido por la galena argentífera (Pb-AgS), esfalerita café (ZnS), marmatita (Zn-FeS), trazas de sulfosales (Ag) y trazas de calcopirita en niveles profundos (Cu); el control litológico para el emplazamiento de la mineralización viene dado por el contacto del mármol con el exoskarn; la mineralización fue generada a partir del reemplazamiento metasomático del exoskarn.

La ubicación espacial del cuerpo mineralizado cumple un patrón general de zonación Oeste-Este (granodiorita > endoskarn > exoskarn > mármol), el cual es determinante para la generación de este tipo de yacimiento. La ocurrencia de un intrusivo en la zona sur del Skarn, podría determinar el origen principal de flujo hidrotermal para la generación de la mineralización a lo largo del Skarn; las características de este pulso intrusivo muestran que se trata de un pórfido dacítico, con fenocristales bien desarrollados de cuarzo, ortosa y abundante pirita ± calcopirita. (FOTO de muestra del Tajo 612NS).

**Fig. 4.13 Muestra de mano de Skarn de granates verdes con diss de Sp, Gn y Py.**

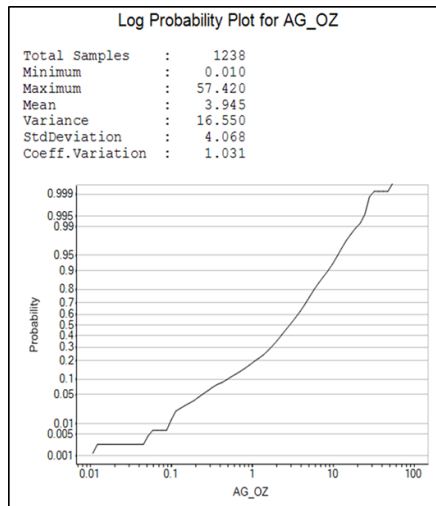


4.2.4.1. Reservas del Cuerpo Hadas 1

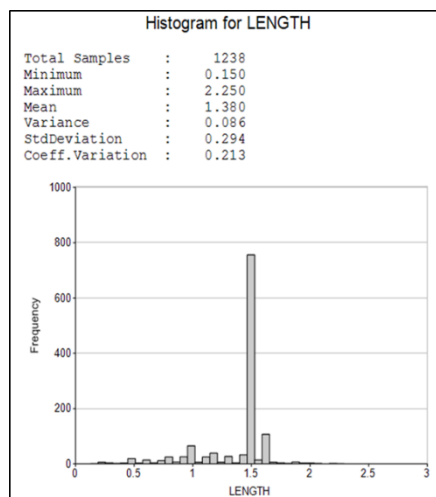
**a. Cuerpo Hadas 1 Superior**

Realizado el procedimiento propio de la Estimación Geoestadística para este dominio presentamos el siguiente resumen:

**COMPOSITOS:** Se hicieron los compósitos a 1.5 mts. tomando como referencia la moda de del campo LENGTH según se aprecia en el histograma.



**ALTOS ERRÁTICOS (CAPPING):** Para el tema de los erráticos de igual forma se trabajó apoyándonos en los Histogramas y en los gráficos “Log\_Probability\_Plot”.



Cuadro Resumen de valores Capping para Cuerpo Hadas 1 (Superior):

Elemento	Valor_Capping
Cu%	0.80
Pb%	12.00
Zn%	19.00
AgOz	12.00

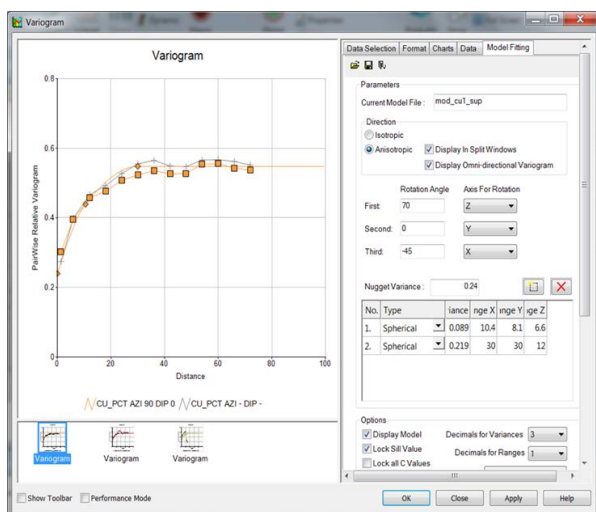


## Estadística de los compósitos (1.5 mts.)

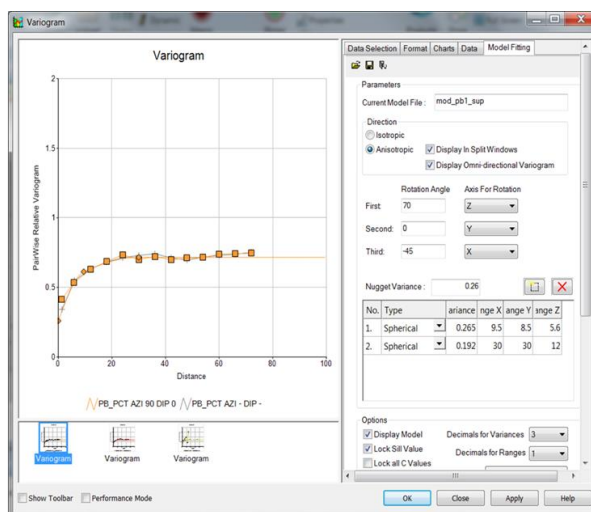
COMPOSITADO	N° Muestras	Minimo	Maximo	Media	Varianza	Desv. Estandar	Cohf. Variacion
Cu%	1329	0.01	0.800	0.117	0.015	0.123	105%
Pb%	1329	0.02	12.000	1.886	6.048	2.459	130%
Zn%	1329	0.01	19.000	2.871	8.278	2.877	100%
AgOz	1329	0.01	12.000	3.684	8.601	2.933	80%

**VARIOGRAMAS:** Elaboramos los variogramas por elemento, en este caso para Cuerpo Hadas 1 (Superior) la variografía nos recomienda alcances de 30 mts. En promedio, entonces para Estimar utilizaremos un alcance de 15 mts. para clasificar los Recursos.

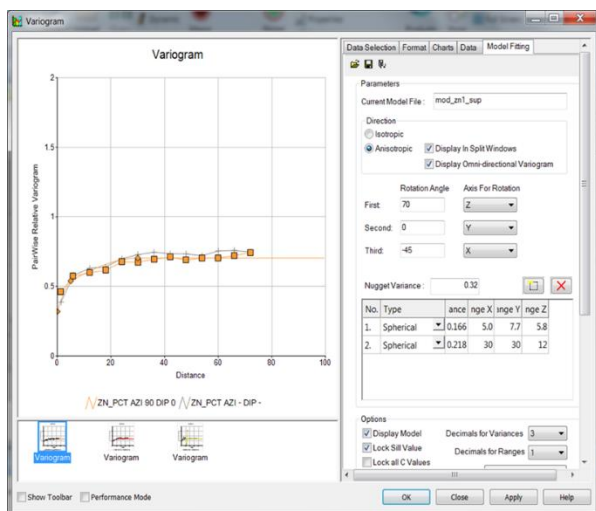
### COBRE (CU)



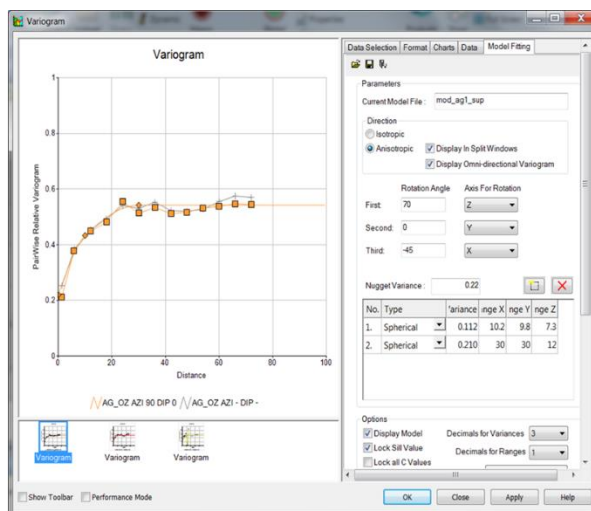
### PLOMO (PB)



### ZINC (ZN)



### PLATA (AG)



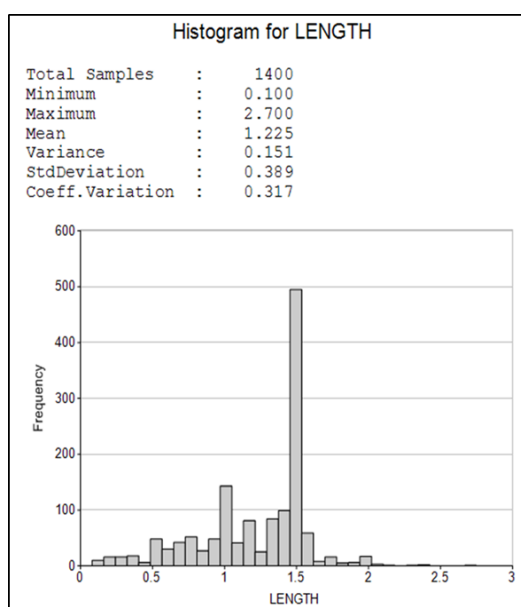
**VALIDACIÓN MEDIANTE VOLÚMENES:** Se realizó la evaluación de los volúmenes entre el Sólido (Wireframe) y el Modelo de Bloques para determinar anomalías y posibles errores a la hora de construir el sólido que pudiera generar efectos de Sobre o Sub estimación. Como se aprecia en la imagen adjunta la diferencia entre uno y otro es mínima y no representa riesgo alguno para proceder con la Estimación:

Sólido	M_Bloques	Dif_aritmética	% DIF
797,386	797,382	3	0.0004%

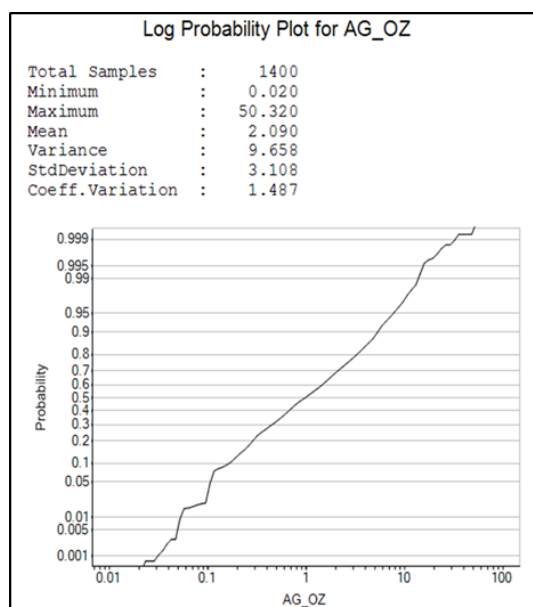
### b. Cuerpo Hadas 1 Inferior

Realizado el procedimiento propio de la Estimación Geoestadística para este dominio presentamos el siguiente resumen:

**COMPOSITOS:** Se hicieron los compósitos a 1.5 mts. tomando como referencia la moda de del campo LENGTH según se aprecia en el histograma.



**ALTOS ERRÁTICOS (CAPPING):** Para el tema de los erráticos de igual forma se trabajó apoyándonos en los Histogramas y en los gráficos “Log\_Probability\_Plot”.



Cuadro Resumen de valores Capping para Cuerpo Hadas 1 (Inferior):

Elemento	Valor_Capping
Cu%	1.50
Pb%	12.00
Zn%	26.00
AgOz	12.00

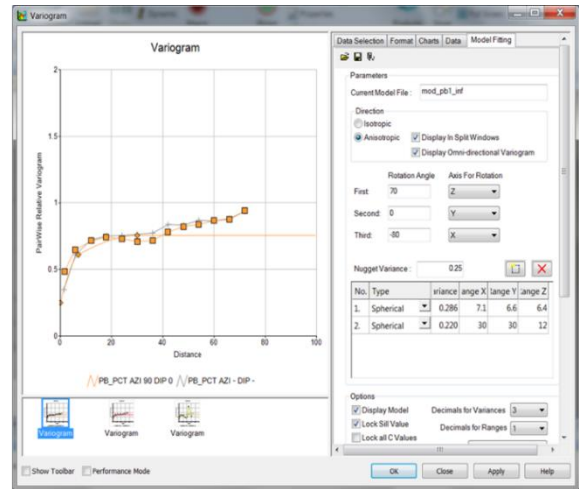
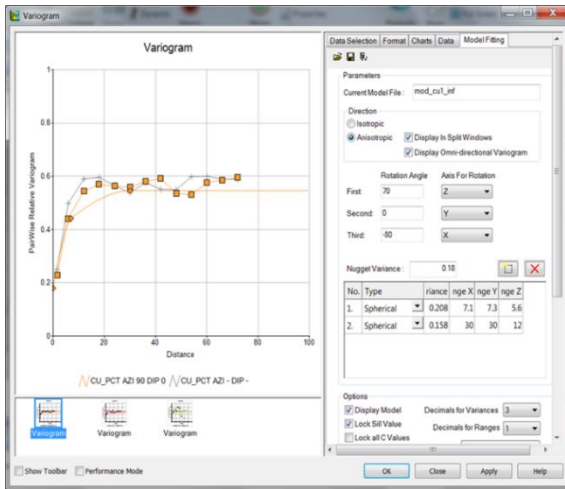
Estadística de los compósitos (1.5 mts.)

COMPOSITADO	N° Muestras	Minimo	Maximo	Media	Varianza	Desv. Estandar	Coef. Variacion
Cu%	1615	0.00	1.500	0.195	0.053	0.231	119%
Pb%	1615	0.00	12.000	0.972	3.550	1.884	194%
Zn%	1615	0.01	26.000	5.459	27.806	5.273	97%
AgOz	1615	0.04	12.000	2.000	5.556	2.357	118%

**VARIOGRAMAS:** Elaboramos los variogramas por elemento, en este caso para Cuerpo Hadas 1 (Inferior) la variografía nos recomienda alcances de 30 mts. En promedio, entonces para Estimar utilizaremos un alcance de 15 mts. para clasificar los Recursos.

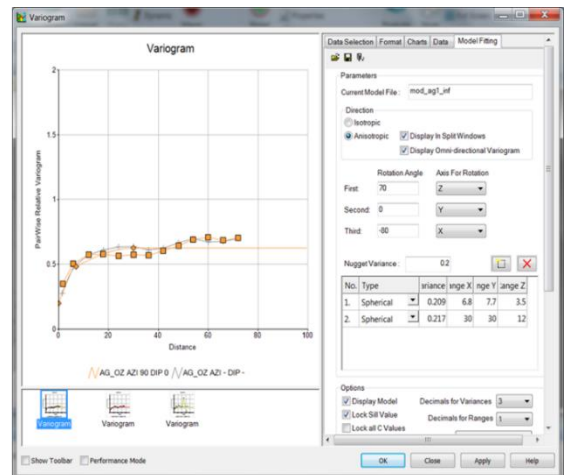
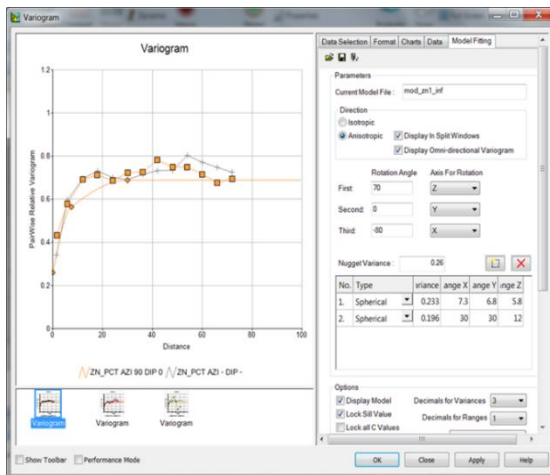
**COBRE (CU)**

**PLOMO (PB)**



**ZINC (ZN)**

**PLATA (AG)**



**VALIDACIÓN MEDIANTE VOLÚMENES:** Se realizó la evaluación de los volúmenes entre el Sólido (Wireframe) y el Modelo

de Bloques para determinar anomalías y posibles errores a la hora de construir el sólido que pudiera generar efectos de Sobre o Sub estimación. Como se aprecia en la imagen adjunta la diferencia entre uno y otro es mínima y no representa riesgo alguno para proceder con la Estimación:

Sólido	M_Bloques	Dif_aritmética	% DIF
2,115,696	2,115,582	114	0.0054%

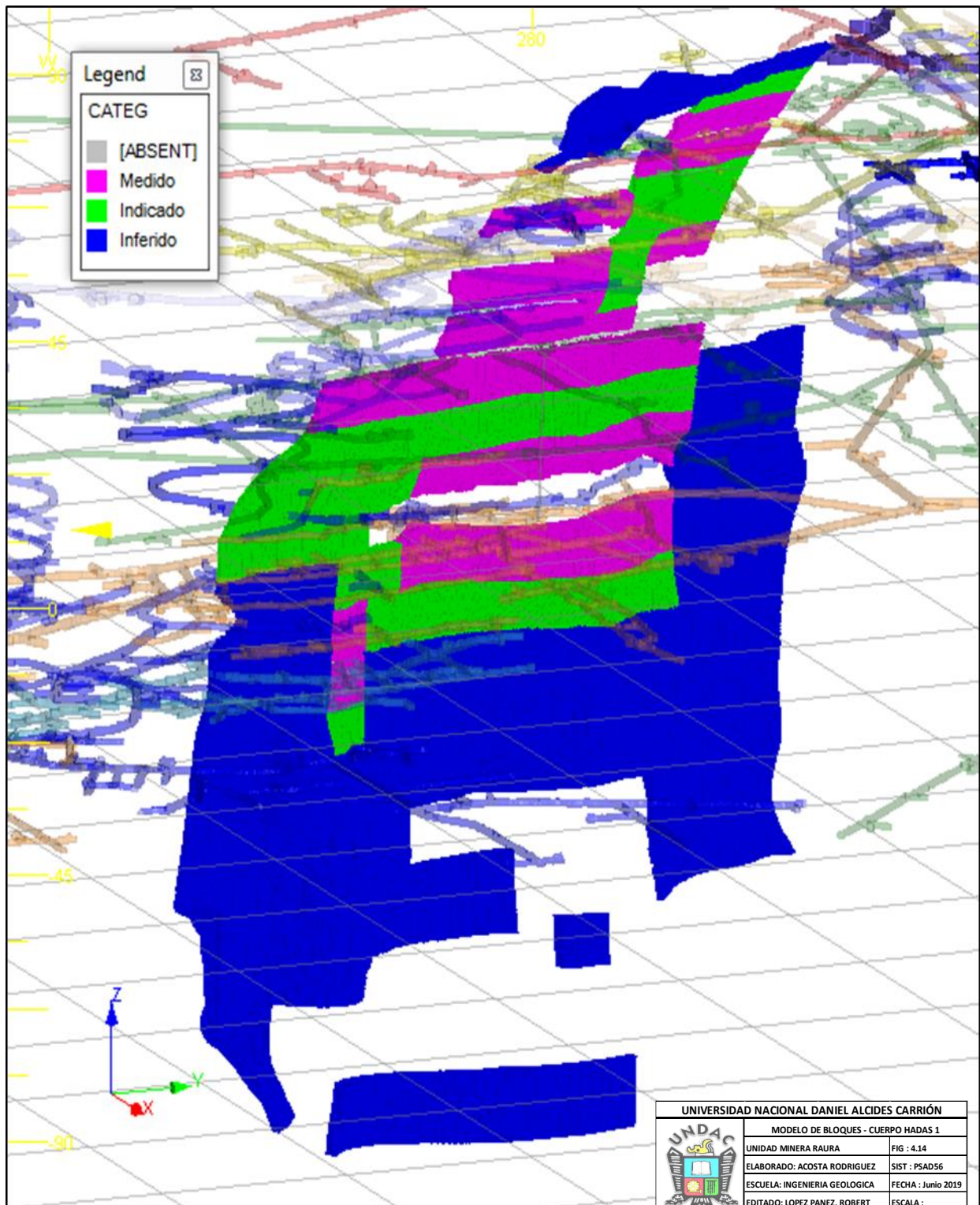
#### 4.2.4.2. Reporte Final

En el presente reporte, luego de realizar la Estimación Geoestadística El Cuerpo Hadas 1 (Superior e Inferior) nos reporta los siguientes resultados entre Medidos, Indicados e Inferidos:

CATEG	TONNES	Pot_Veta	Cu_%	Pb_%	Zn_%	Ag_Oz	US\$
<b>Medido</b>	820,900	7.61	0.13	1.06	3.73	2.27	119
<b>Indicado</b>	720,700	6.58	0.10	1.16	3.05	2.26	108
<b>Total Med+Ind</b>	<b>1,541,600</b>	<b>7.13</b>	<b>0.12</b>	<b>1.11</b>	<b>3.41</b>	<b>2.27</b>	<b>114</b>
<b>Inferido</b>	3,807,600	9.12	0.28	1.56	6.95	2.07	186
<b>Total</b>	<b>5,349,200</b>	<b>8.55</b>	<b>0.23</b>	<b>1.43</b>	<b>5.93</b>	<b>2.12</b>	<b>165</b>

### MODELO DE BLOQUES CUERPO HADAS 1

Fig. 4.14. Según clasificación por Recursos Medido, Indicado e Inferidos se presenta el bloque regularizado del Cuerpo Hadas 1:



### 4.3. Prueba de Hipotesis

**Hipótesis nula:** El comportamiento geológico del cuerpo mineralizado Hadas 1, no determinan el incremento de reservas del yacimiento.

**Hipótesis alternativa:** El comportamiento geológico del cuerpo mineralizado Hadas 1, determinan el incremento de reservas del yacimiento.

### 4.4. Discusión de resultados

Esta investigación tuvo como propósito evaluar y conocer el cuerpo Hadas 1 de la mina Raura, sobre todo, se pretendió conocer los controles estructurales, litológicos, estratigráficos y mineralógicos del cuerpo Hadas 1. Además, se identificó la geología del cuerpo de Hadas 1. A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que los controles estructurales u litológicos son las fallas tensionales que juegan un papel muy importante para la mineralización, ya que la mineralización se da por ser un Skarn esto por estar en zonas de contacto metasomático entre las calizas e intrusivos pórfidos cuarcíferos con importantes leyes de Zn, Pb y Cu.

Con respecto a la estratificación se puede deducir que como periodo mas antiguo que se tiene al cretácico con las formaciones Grupo Goyllarisquizga con areniscas, Formación Chimú con ortocuarzitas, Formación Santa con calizas gris o azul, Formación Carhuaz con lutitas y areniscas, Formación Farrat con areniscas de color blanco, rojo o amarillos, Formación Pariahuanca con calizas gris azulado, formación chulec con calizas y margas por último la formación pariatambo con margas oscuras. En el periodo paleógeno tenemos a la formación jumasha con calizas grises, formación Celendín con calizas margosas nodulares. Como periodo reciente tenemos al cuaternario con las depositaciones morrenicas, coluviales.

De los datos obtenido se puede deducir que la geología local de la mina Raura se tiene que la Formación Jumasha, gran metalotecto en el centro, Norte y Sur del Perú donde se encuentra emplazados varios yacimientos, de allí la importancia de esta formación. Esta secuencia puede ser sub dividida en tres miembros, Jumasha

II, Jumasha III y Jumasha IV. La base de la unidad no aflora y debe corresponder a otro miembro denominado Jumasha I, ubicado tentativamente al norte de Raura.



## CONCLUSIONES

- Después del estudio se tiene estimado 820900 toneladas de reservas medidas y 720700 de reservas indicadas con leyes promedio de 2,27 de Ag/oz, 0.12 % Cu, 1,11 % Pb, 3,41% de Zn.en total se tiene 1541 600 toneladas de reservas minerales.
- El Cuerpo mineralizado de Hadas 1 se divide en dos cuerpos, el cuerpo Hadas 1 Superior y el cuerpo Hadas 1 inferior.
- En el cuerpo Hadas 1, la mineralización se presenta en estructuras de mineral masivo y diseminado en las cajas de reemplazamiento.
- El cuerpo Hadas 1 tiene un control litológico y estructural, las fallas tensionales juegan un papel importante en la mineralización, producto de la intrusión pórfido dacita en las rocas carbonatadas.

## RECOMENDACIONES

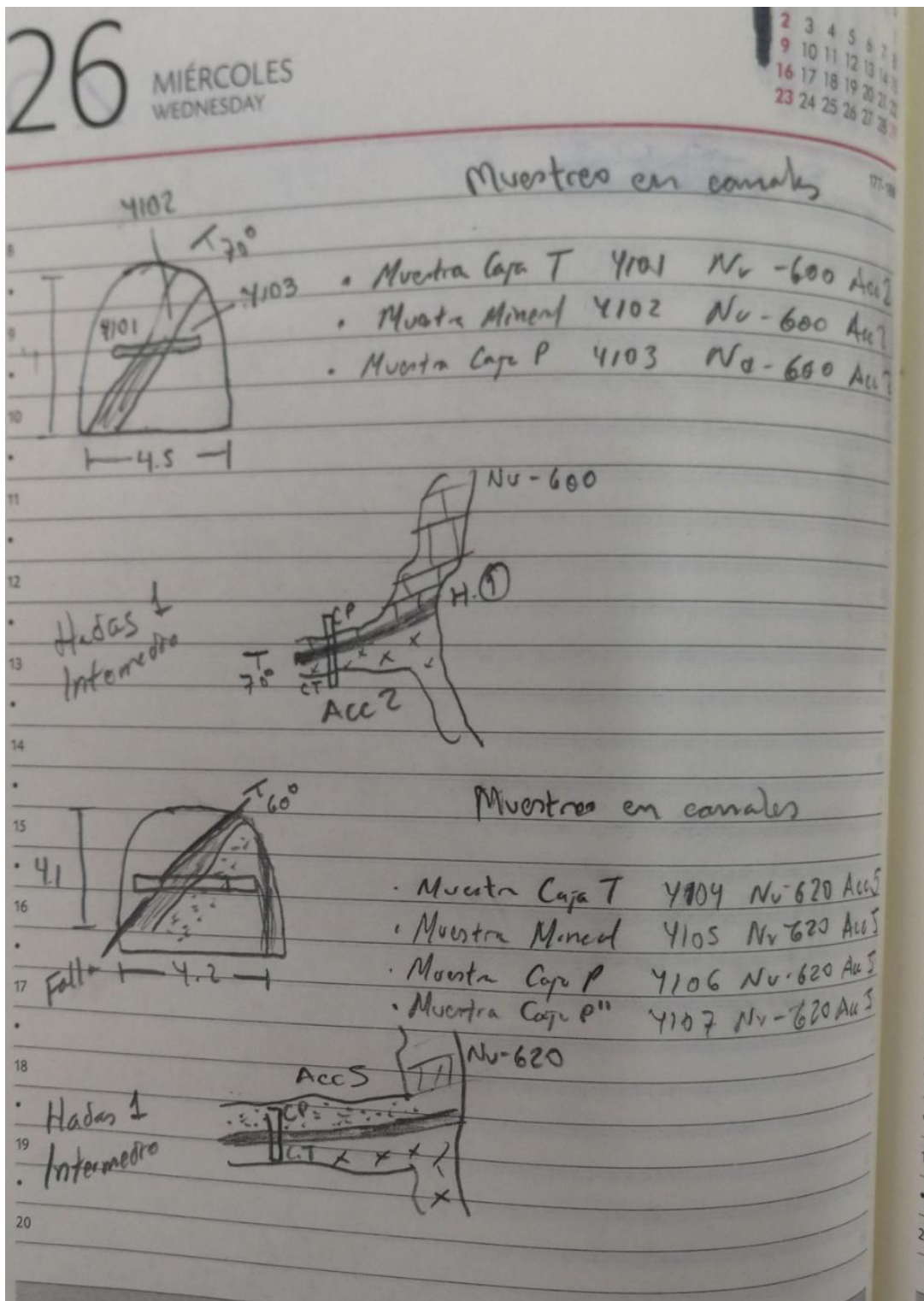
1. Se recomienda realizar capacitaciones con regularidad en geoestadística
2. Se recomienda realizar una exploración en profundidad del Cuerpo Hadas 1, porque tiene las características geológicas y estructurales que referencian la continuidad de la mineralización.
3. Se recomienda reducir la malla de perforación en el área de recursos inferidos para poder recategorizarla a recursos medidos o indicados.
4. Se recomienda mejorar los procedimientos que asegure el correcto seguimiento de los pasos que implica el modelamiento geológico y estimación de recursos.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Almeida, A.S. y Journel, A.G., 1994**, Joint Simulation of Multiple Variables with a Markov-Type. Coregionalization Model, *Mathematical Geology*, Vol. 26, No. 5, pp. 565-588.
2. **Armstrong, M. y Roth, C., 1997**, Notas del curso Geoestadística Lineal, en el CFSG “Ciclo de Formación Especializada en Geoestadística”, Curso: 1997-98, Centro de Geoestadística de la Escuela Nacional Superior de Minas de Paris, Fontainebleau, Francia.
  1. **ASCE Task, 1990**, Committed on Geostatistics Techniques in Geohydrology of the Ground Water Hydrology Committee of the ASCE Hydraulics Division, Review of Geostatistics in Geohydrology II: Applications, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.116, No. 5, pp. 633-658.
- 3 **Bacchi, B. y Kottegoda, N.T., 1995.**  
Identification and Calibration of Spatial Correlation Patterns of Rainfall, *Journal of Hydrology* 165, Elsevier Science B.V., pp. 311-348.
- 4 **Carr, J.R. y Myers, D.E., 1990.**  
Efficiency of Different Equation Solvers in CoKriging, *Computers & Geosciences*, Vol. 16, No. 5, pp. 705-716.
- 5 **Carrasco-Castelli, P. y Jara-Salame, E., 1998**, Information Impact in Mining Decisions Case Study Radomiro Tomic, *Journées de Géostatistique*, Centre de Géostatistique, Ecole des Mines de Paris, Fontainebleau, France, 25 et 26 Mai 1998, 14 p.
- 6 **TESIS Estimación de Reservas Aplicando el Software, SURPAC VISION**  
UNIVERSIDAD DE ATACAMA

**ANEXO**

- Instrumento de recolección de datos



**Foto 1:** Libreta de campo donde se realizó el levantamiento del cuerpo **HADAS I - MINA RAURA**

**TALONARIO DE MUESTRO POLIMETALICO**

MUESTRA **Nº 3404101** Fecha:

Potencia: 0.5 m

Ubicación: Nr - 600

Observación: Muestra en conchales

Muestreo: Capa Techo

Muestrero: Ar. bal Dominguez

MINERAL						
MASIVO	ef	gn	cp	py	td	mt
DISEMINADO						
<del>CAJA</del>	int	<del>clz</del>	skn	arn	mrml	si
CABALLO						
TEXTURA	bx	bxm	bxh	bxH	bxC	bx

**TALONARIO DE MUESTRO POLIMETALICO**

MUESTRA **Nº 3404102** Fecha:

Potencia: 0.9

Ubicación: Nr - 600

Observación: Muestra en conchales

Muestreo: Mineral

Muestrero: Ar. bal Dominguez

MINERAL						
MASIVO	ef	gn	cp	py	td	mt
DISEMINADO	<del>ef</del>	<del>gn</del>		<del>py</del>		
CAJA	int	clz	skn	arn	mrml	si
CABALLO						
TEXTURA	bx	bxm	bxh	bxH	bxC	bx

**FOTO 2 Y 3 - Talonario de muestra polimetálica del cuerpo HADAS I - MINA RAURA**

- Otros



**Foto. 01** - Base del Jumasha II en Gayco. Los estratos blancos son más delgados y desaparecen al techo, en donde se encuentran brechas con clastos irregulares, característica típica del Jumasha II.



**Foto. 02** - Detalle de un estrato de brechas (hasta 5m de espesor) con clastos angulosos de 3 a 5 cm de diámetro, del Jumasha II medio.



**Foto. 03** – Estrato superior, Se observar que la brecha está compuesta por clastos irregulares, diferentes tamaños y formas, del Jumasha II superior

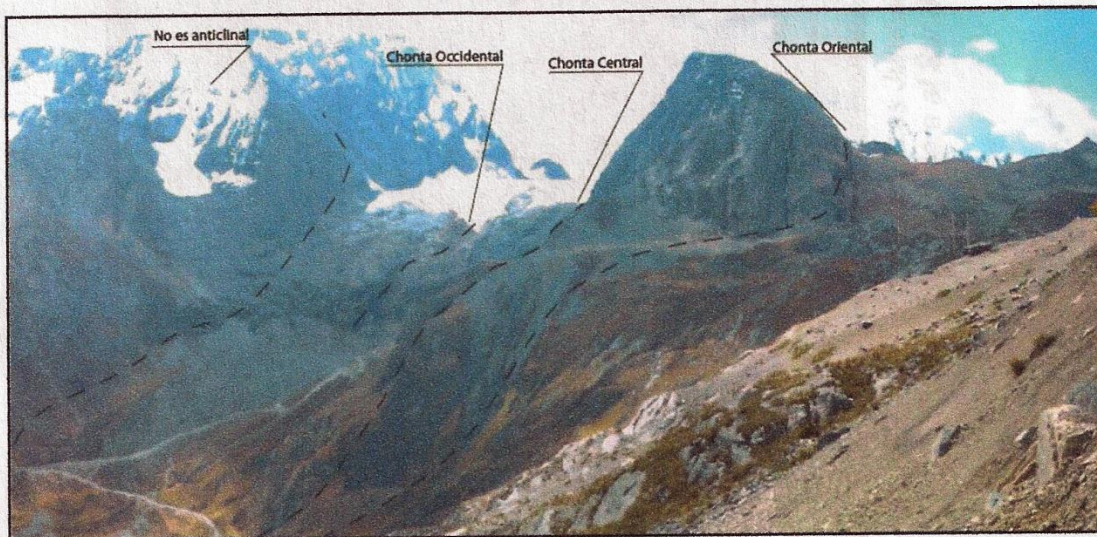


**Foto. 04** – Vista de un nivel de color gris claro a beige, donde se distingue laminación horizontal, laminación algarea. Estos estratos característicos sirven para identificar la base del Jumasha III.

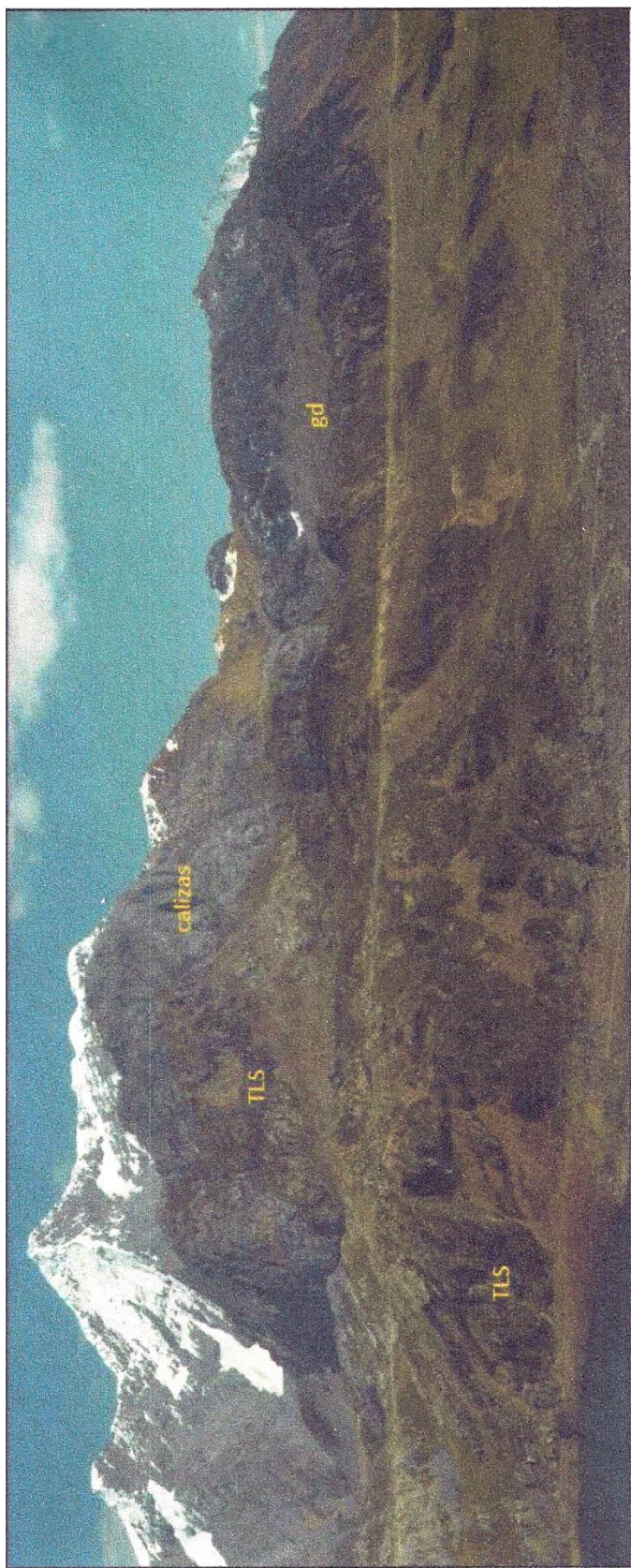




**Foto. 05** – Vista de la forma lenticular de los nódulos de intercrecimiento



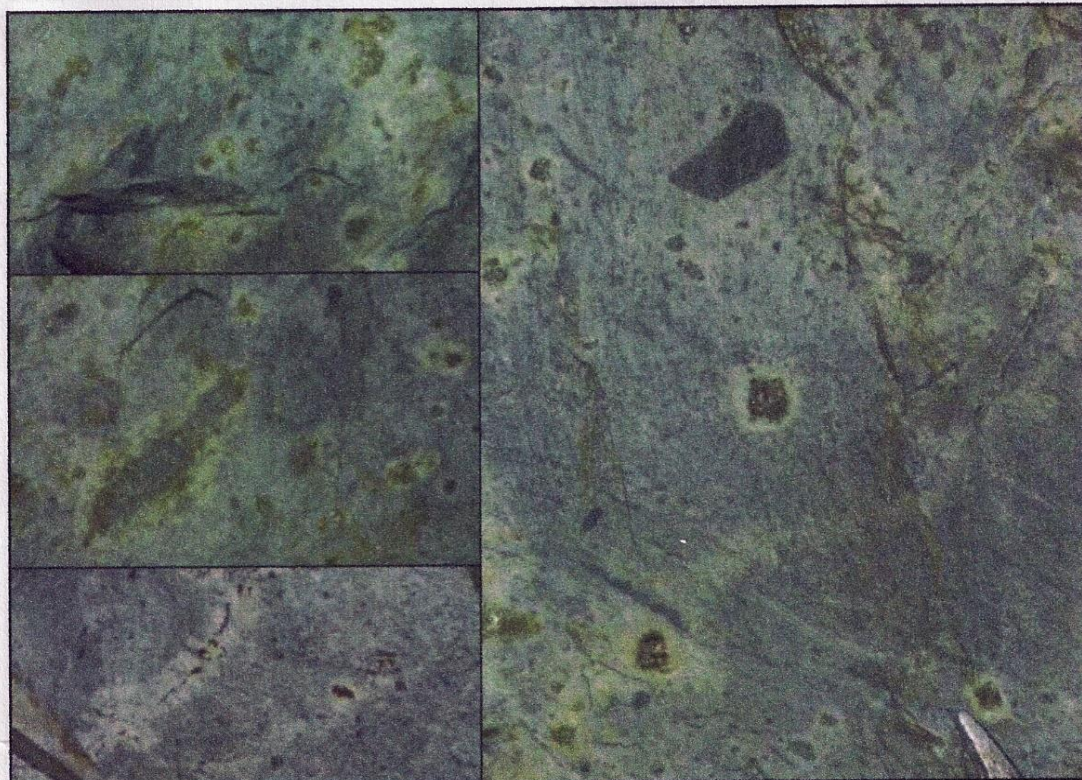
**Foto. 06** – Sistema de fallas Chonta. Hacia el oeste, se observan una falla de sobre escurrimiento que no corresponden al sistema de Chonta.



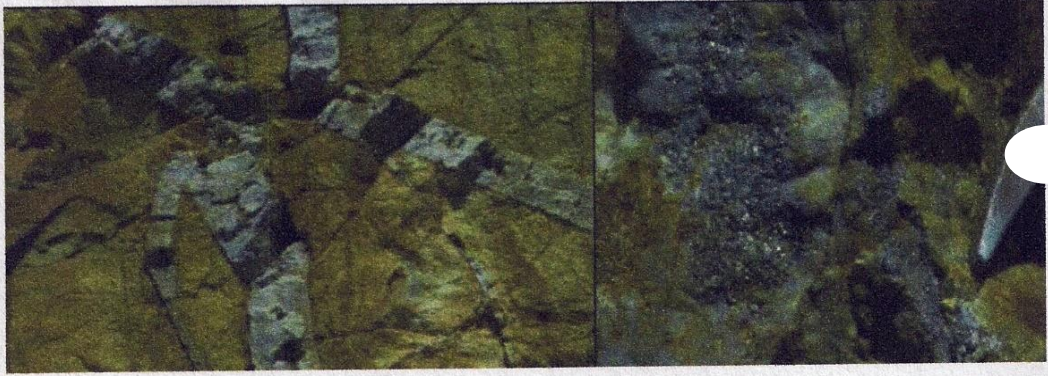
**Foto. 07** – Relación entre roca caja calizas Jumasha – TLS (Tobas de Lapilli Soldadas) – intrusivos granodioríticos tardíos. Carretera al Sur de Garita Sta. Rosa. **Vistas hacia el NW.**



**Foto. 09** – Diques riódacíticos tardíos cortando calizas Jumasha



**Foto. 10** – TLS (Toba de Lapilli Soldada) masivo a laminado, clastos calcáreos alterados a clorita-pirita, con halo de reacción. Vetillas de sulfuros.



**Foto.11** – Afloramiento de Monzonita con Vetas de cuarzo – pirita.



**Foto. 12** – Dique dacítico expuesto hasta 4925 msnm.