

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



**CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS Y MINERALOGICAS
DE YACIMIENTO SKARN Zn-Pb Y SU IMPLICANCIA EN
LOS PROCESOS DE PRODUCCION**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR
MIKE TUDELA INFANTE

ASESORA
ING. NORA NELLY REVOLLE ALVAREZ

LIMA – PERÚ

2014

RESUMEN

La Zona de estudio corresponde a un yacimiento de Skarn distal emplazado en las calizas de la Formación Pariahuanca, localizado al norte de la ciudad de Lima en la provincia de Oyón. La unidad minera a la cual corresponde la zona de estudio tiene una producción de 3700 TMD, con leyes promedio de 8.69 % de Zn, 0.29 % Pb, 0.25 % de Cu y 0.37 Oz Ag. El presente informe describe los controles geológicos en los procesos metalúrgicos con la finalidad de optimizarlos y obtener mejores resultados, para ello se identificó minerales de mena y ganga que influyen en el proceso metalúrgico, y se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos para predecir su ocurrencia.

ABSTRACT

The study area corresponds to distal Skarn deposit in the limestone formation of Pariahuanca, located north of the city of Lima in the province of Oyon. The mining unit which corresponds the study area has a production of 3700 TMD, with average grades of 8.69 % Zn, 0.29 % Pb, 0, 25 % Cu y 0.37 Oz Ag.

This report describes the geological controls on the metallurgical processes in order to optimize and get better results. For this reason we identified ore and gangue minerals that influence the metallurgical process and quantitative and qualitative analyzes were conducted to predict this occurrence.

INDICE

INTRODUCCION	8
CONSIDERACIONES GENERALES	9
1. Antecedentes.....	9
2. Ubicación	10
MARCO GEOLOGICO REGIONAL	12
2.1 Geomorfología, Clima y Vegetación	12
2.2 Geología Regional.....	14
2.3 Geología Estructural.....	21
GEOLOGIA DEL YACIMIENTO	22
3.1 Geología Local	22
3.2 Geología Estructural.....	25
3.3 Mineralogía	27
3.4 Zonificación Mineralógica del Yacimiento.	32
3.5 Tipología del Yacimiento.....	37
3.6 Alteraciones.....	38
MUESTREO	40
4.1 Controles de las Muestras	40
ANALISIS CUANTITATIVO.....	43
5.1 Análisis de Resultados Metalúrgicos	44
ANALISIS GEOESTADISTICO	57
6.1 Análisis de Frecuencias	57

6.2 Análisis Multivariado	66
6.3 Análisis Variográfico	72
ANALISIS CUALITATIVO	77
7.1 Descripción Mineralógica de Concentrados	77
7.2 Distribución y Abundancias Relativas.....	80
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFIA	84

LISTA DE TABLA

Tabla N° 1: Cuadro de mineralogía de las diferentes zonas en el yacimiento	44
Tabla N° 2: Datos de blending vs resultados metalúrgicos (Tratamiento zinc – plomo)	45
Tabla N° 3: Datos de Blending de zinc – plomo	46
Tabla N° 4: Datos de blending, nótese las bajas recuperaciones obtenidas	47
Tabla N° 5: Datos calidad y recuperación de los concentrados de zinc.....	48
Tabla N° 6: Tabla de resultados metalúrgicos.....	49
Tabla N° 7: Resultados obtenidos con el blending solo de la zona de estudio.....	49
Tabla N° 8: Tendencia de la zona de estudio del tratamiento zinc – plomo.....	50
Tabla N° 9: Tendencia del tratamiento zinc y cobre	51
Tabla N° 10: Comportamiento del zinc correspondiente al tratamiento zinc – plomo	53
Tabla N° 11: Comportamiento del hierro en el tratamiento de zinc – plomo	54
Tabla N° 12: Comportamiento del zinc en el tratamiento zinc – cobre.....	55
Tabla N° 13: Comportamiento del hierro en el tratamiento zinc – cobre.....	56
Tabla N° 14: Frecuencia del zinc	58
Tabla N° 15: Parámetros estadísticos del zinc	60
Tabla N° 16: Frecuencia del cobre	61

Tabla N° 17: Parámetros estadísticos del cobre	63
Tabla N° 18: Frecuencia del hierro	64
Tabla N° 19: Parámetros estadísticos del zinc	66
Tabla N° 20 Correlación zinc – cobre	67
Tabla N° 21: Correlación zinc – hierro	68
Tabla N° 22: Correlación cobre – hierro	70
Tabla N° 23: Correlación zinc – cobre – hierro	71
Tabla N° 24: Ejemplo de resultados metalúrgicos	77

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Fotografía de la zona de estudio	10
Figura N° 2: Plano de ubicación y acceso a la zona de estudio.....	11
Figura N° 3: Relieve glacial con valle en forma de U.	13
Figura N° 4: Penillanura con ligeros desniveles.	13
Figura N° 5: Plano geológico regional.	15
Figura N° 6: Columna estratigráfica.....	19
Figura N° 7: Sección geológica se observa el plegamiento de la secuencia sedimentaria cretácica, y la hipotética localización de los intrusivos relacionados a la mineralización en la zona de estudio.....	20
Figura N° 8: Afloramientos de las rocas sedimentarias.....	24
Figura N° 9: Plano estructural de la zona de estudio.	26
Figura N° 10: Marmatita diseminada en una matriz de actinolita-tremolita.....	28
Figura N° 11: Fotografía de ilvaita con parches de marmatita.	28
Figura N° 12: Esfalerita pirrotita (marcos marrones).	29
Figura N° 13: Calcopirita diseminada en una matriz de pirrotita.	30
Figura N° 14: Pirrotita masiva presenta diseminaciones de marmatita con ojos de calcopirita.	31
Figura N° 15: Abundancia de esfalerita.	31

Figura N° 16: Abundancia de esfalerita y pirrotita.	32
Figura N° 17: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-1).....	33
Figura N° 18: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-2).....	34
Figura N° 19: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-3).....	35
Figura N° 20: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-5).....	36
Figura N° 21: Esquema idealizado de los yacimientos de Skarn de Zn – Pb.	38
Figura N° 22: Ejemplo de un variograma experimental, con efecto de pepita en el origen. .	72
Figura N° 23: Variograma del zinc.	74
Figura N° 24: Variograma de cobre.	75
Figura N° 25: Variograma del hierro.	76
Figura N° 26: Esfalerita(e) y pirrotita(po), como partículas libres.....	79
Figura N° 27: Esfalerita(e), la partícula con finas inclusiones de pirrotita, calcopirita.....	79

INTRODUCCION

La planificación en la actividad mineral es de vital importancia en el desarrollo del negocio minero, pero si no se toma en cuenta las características de los minerales que se encuentran en el yacimiento y que se envían a la planta metalúrgica, resulta muchas veces que existe una discrepancia de lo planificado con la recuperación de planta. La razón de las discrepancias se debe a que no se realiza la caracterización por zonas de los minerales presentes en el proceso de extracción, como consecuencia resulta en operaciones ineficientes en la planta metalúrgica. El panorama actual de las compañías a nivel mundial exige la optimización de los procesos de producción de tal forma que le permitan reducir sus costos e incrementar su productividad, en este contexto se enmarca el presente informe de suficiencia. Un parámetro importante es el control geológico de la producción, ya que tradicionalmente las compañías mineras basaban su planeamiento estratégico en modelos geológicos que solo tomaban en cuenta ciertas características de la mena pero no se le daba importancia a las gangas, y su abundancia relativa, sus propiedades físico-químicas y cómo influyen en los procesos de producción en una mina. Esta información permitirá mejorar la planificación en la planta metalúrgica. El presente informe se basa en conceptos geo-metalúrgicos pero no pretende concluir en un modelo geo-metalúrgico en un sentido estricto. El objetivo del informe de suficiencia es presentarlo y sustentarlo para obtener el grado profesional de ingeniero geólogo en la escuela profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica. Identificar y desarrollar una metodología que permita mejorar los procesos de producción relacionada con el control de la calidad del mineral, optimizando los recursos involucrados en dichos procesos.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1. Antecedentes

El yacimiento fue estudiado inicialmente en el año 1950, fue explorado con labores mineras por la Cerro de Pasco Copper Corporation (labores mineras localizadas en la Formación Pariahuanca). Luego en 1968 bajo un joint venture entre el Institute of Geological Sciences de Londres (IGC) y el servicio Geológico Minero del Perú (SGM), se realizó una prospección electromagnética donde muchas anomalías se delinearon a lo largo de la Formación Santa. Posteriormente en 1979 se realizó prospección geofísica y geoquímica. El primer año consistió de un estudio geológico y un estudio geoquímico, que fueron realizados de septiembre a noviembre en el año 1979 por Japan International Corporation Agency (JICA) en una extensión de 700 Km², en el lado sur oeste del área de Oyón. El análisis de la información empezó con estudios de campo y fue complementado en febrero de 1980. En 1981 entra en operaciones con labores mineras con una producción de 1000 TMD, recuperando concentrados de zinc y plomo. En el año 2002 incrementa su producción a 3700 TMD hasta la actualidad.

El modelo que se presenta está tomando información general de un Yacimiento de Skarn de Zinc - Plomo ubicado en la sierra de Lima, en la provincia de Oyón.

2. Ubicación

La zona de estudio está ubicada al Nor-Este de la ciudad de Lima, provincia de Oyón en el flanco Occidental de los Andes del Perú Central a una altitud entre 4600 y 4900 msnm.

El Yacimiento se ubica en la provincia metalogénica polimetálica de la franja sedimentaria mesozoica de la Cordillera Occidental, caracterizada por afloramiento de calizas del Triásico-Jurásico, depósitos clásticos del Neocomiano-Aptiano, calizas, margas y lutitas del Cretácico medio superior, estas rocas del Mesozoico fueron intruidos por rocas del Terciario superior, mayormente stocks de composición intermedia, causantes de la mineralización (P. Tumialán 2003).



Figura N° 1: Fotografía de la zona de estudio.



Figura N° 2: Plano de ubicación y acceso a la zona de estudio.

CAPITULO II

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

2.1 Geomorfología, Clima y Vegetación

El área de trabajo se encuentra en la superficie Puna (localizada en la Cordillera Occidental de los Andes), es una superficie de erosión, es una penillanura, ubicada entre los 4200 y 5000 msnm. La glaciación pleistocena ha modificado notablemente la superficie Puna (formada a finales del Mioceno) modelando su relieve actual, las zonas de erosión corresponden a zonas elevadas (entre 4600 y 4700 msnm) constituidas principalmente por formaciones más resistentes (Formación Chimú) mientras los valles corresponden a depósitos morrénicos, observándose valles típicamente glaciares; está situado en el curso del río Huaura que pertenece al sistema de drenajes de las costas del Pacífico. Presenta montañas empinadas, la topografía glacial consiste en picos escarpados que se forman por encima de los 4800 msnm, el clima es típico de la zona Puna con temperaturas que oscilan entre los 20° C en el día y -10° en la noche; durante el año solo se presentan dos estaciones, una estación seca de mayo a setiembre y otra estación lluviosa de octubre a abril; la lluvia y nevada se incrementan en los meses de enero a marzo. Los tipos de plantas en el área se limitan a vegetación de clima seco y frío. Los cactus tales como Huacro, Chuco y Vizcaína, se encuentran desde los 3000 a los 4000 msnm, el Ichu o Paja, Piriula y Chapcha crecen en las montañas localizadas sobre los 4000 m. (Ver Figura 2).



Figura N° 3: Relieve glacial con valle en forma de U.

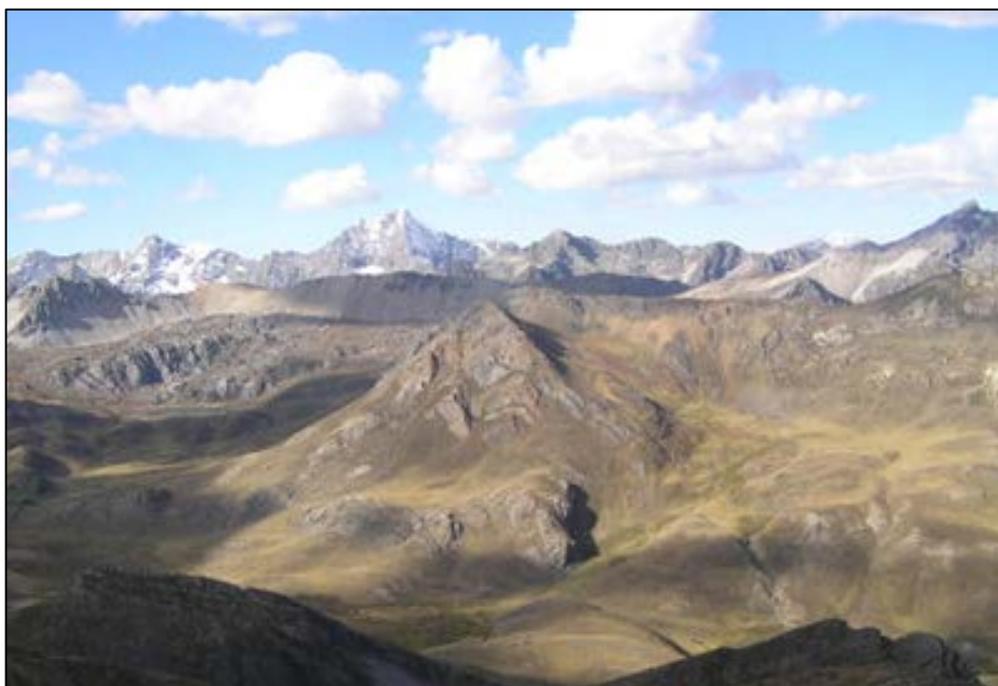


Figura N° 4: Penillanura con ligeros desniveles.

2.2 Geología Regional

El área de estudio está localizada en la cuenca del Cretácico y estructuralmente está situado en la zona de pliegues y sobre-escurrimientos de la parte central de la Cordillera Occidental de los Andes. La serie sedimentaria de edad cretácica está compuesta en la parte inferior por rocas clásticas tales como areniscas, areniscas calcáreas, lutitas, y calizas.

En el área de estudio afloran las Formaciones Oyón, Chimú, Carhuaz y Farrat (rocas clásticas) y las Formaciones Santa, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo y Jumasha (rocas calcáreas). Las serie sedimentarias esta intruida por rocas ígneas de composición tonalítica, dacítica y pórfidos graníticos. 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 en varias decenas de kilómetros, y se intercalan con zonas de sobre-escurrimiento paralelos al eje principal. Seguidamente se describe la secuencia sedimentaria.

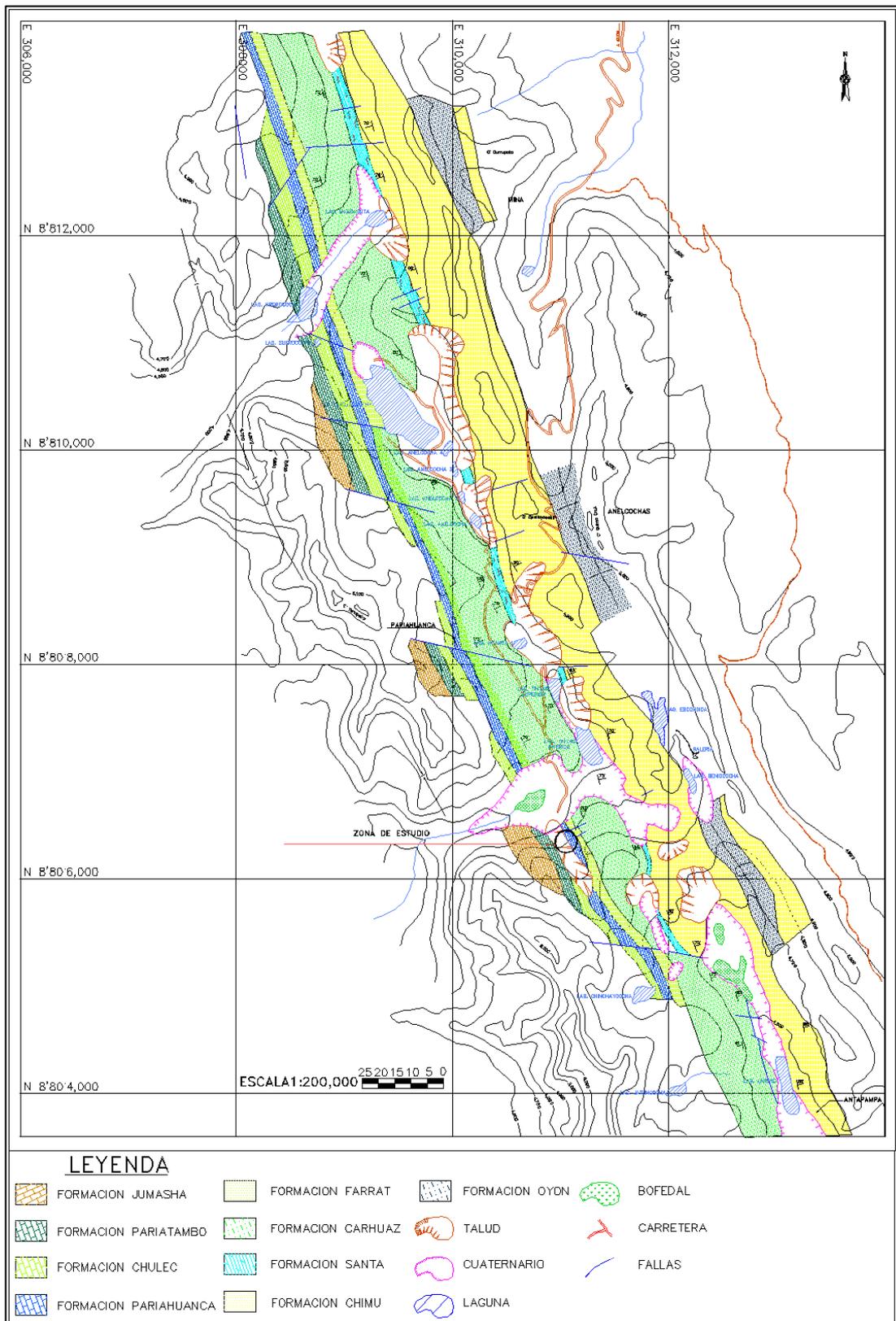


Figura N° 5: Plano geológico regional.

2.2.1 Formación Oyón

Es la base de la columna estratigráfica de la región, se observa en las zonas axiales de los anticlinales, se ha reconocido por lo menos 400 m de espesor (Boletín 26 cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta). La Formación consiste de lutitas grises oscuras, con horizontes de areniscas y mantos de carbón (de buena calidad). Se le asigna una edad Valanginiano pero podría ser Titoniano (falta definir).

2.2.2 Formación Chimú

Suprayace a la Formación Oyón, tiene entre 500 y 700 m de espesor, se presenta en los anticlinales que pueden estar o no fallados. Litológicamente la Formación consiste de areniscas cuarzosas de grano medio, se presenta en bancos de 3 m de espesor, con estratificación cruzada, muy fracturada y diaclasada. Debido a su naturaleza masiva constituye la parte escarpada de los cerros. Es de edad Valanginiano.

2.2.3 Formación Santa

Está constituida de calizas gris azuladas con estratificación delgada y horizontes de calizas arcillosas y dolomíticas con presencia de nódulos de chert, observándose hacia el contacto con la Formación Chimú intercalaciones de calizas con lutitas carbonosas, suprayace en concordancia con la Formación Chimú. Es importante por el emplazamiento de cuerpos mineralizados de reemplazamiento y Skarn, tiene una potencia entre 40 a 80 m. Es de edad Valanginiano.

2.2.4 Formación Carhuaz

Suprayace en forma concordante a la Formación Santa. Tiene una marcada tendencia al adelgazamiento a lo largo de los flancos y a engrosarse en la zona axial, localmente

presenta una potencia de 400 m. Está constituida por lutitas y areniscas abigarradas (colores rojizos y verdosos), como sobreyace a la Formación Santa del Valanginiano y por estar debajo de la Formación Farrat y Pariahuanca del Albiano, se le considera de edad comprendida desde el Hauteriviano hasta el Aptiano.

2.2.5 Formación Farrat

Se encuentra ubicada suprayaciendo en forma concordante a la Formación Carhuaz. Consiste de areniscas cuarzosas blanquecinas y areniscas grises con óxidos en fracturas, en estratos delgados a medios. Se observa que hacia el contacto con la Formación Pariahuanca va gradando a unas areniscas calcáreas, constituyendo la transición. Tiene aproximadamente 70 m de potencia. La edad que se le asigna es el Aptiano (edad inferida).

2.2.6 Formación Pariahuanca

Suprayace en concordancia a la Formación Farrat, consiste de calizas de color gris a gris claro, contiene venillas de calcita, la potencia en la zona no supera los 50 m. Se considera indicativo de los comienzos del Albiano. Es importante para el emplazamiento de cuerpos mineralizados (Tipo Skarn).

2.2.7 Formación Chulec

Está constituida por margas en la base, bancos de caliza al tope; tiene una potencia de 200 m, se intemperiza a colores crema amarillentos. Suprayace concordantemente a la Formación Pariahuanca. Es la más fosilífera del Cretácico, asignándosele una edad de; Albiano inferior a medio.

2.2.8 Formación Pariatambo

Esta unidad tiene una litología muy uniforme. Consiste de intercalaciones de calizas nodulares con margas de color marrón oscuro a gris; tiene una potencia aproximada de 100 m y suprayace a la Formación Chulec. Tiene una fauna característica del Albiano medio a tardío.

2.2.9 Formación Jumasha

Constituye el tope de la columna del Cretácico en la región, está compuesta de calizas de color gris claro a gris azulino, el piso de esta Formación tiene margas; su potencia llega a alcanzar los 1,500 m, es probablemente del Turoniano.

2.2.10 Rocas Intrusivas

En las inmediaciones de la zona de estudio se ha localizado un stock de composición dacítica en forma de apófisis o cuello sub-volcánico, compuesto de fenocristales de cuarzo y plagioclasas. Está ubicado a 1 Km al Oeste del cerro Seccha en la zona Norte del yacimiento. Esta roca y las calizas circundantes están débilmente alteradas. Al Este de la cumbre Cunsha Punta, en las Formaciones Oyón y Chimú, se ha encontrado más de 10 diques de composición ácida.

Se han localizado diques de composición andesítica intruyendo transversalmente a la Formación Carhuaz al Nor-Oeste y otro en la quebrada Pachangara (Formación Pariahuanca).

Cuerpos intrusivos ácidos (Granodioritas, Tonalitas) han sido localizados en el área de Cochaquillo, formando cuerpos de Skarn en las zonas de contacto con las rocas calcáreas.

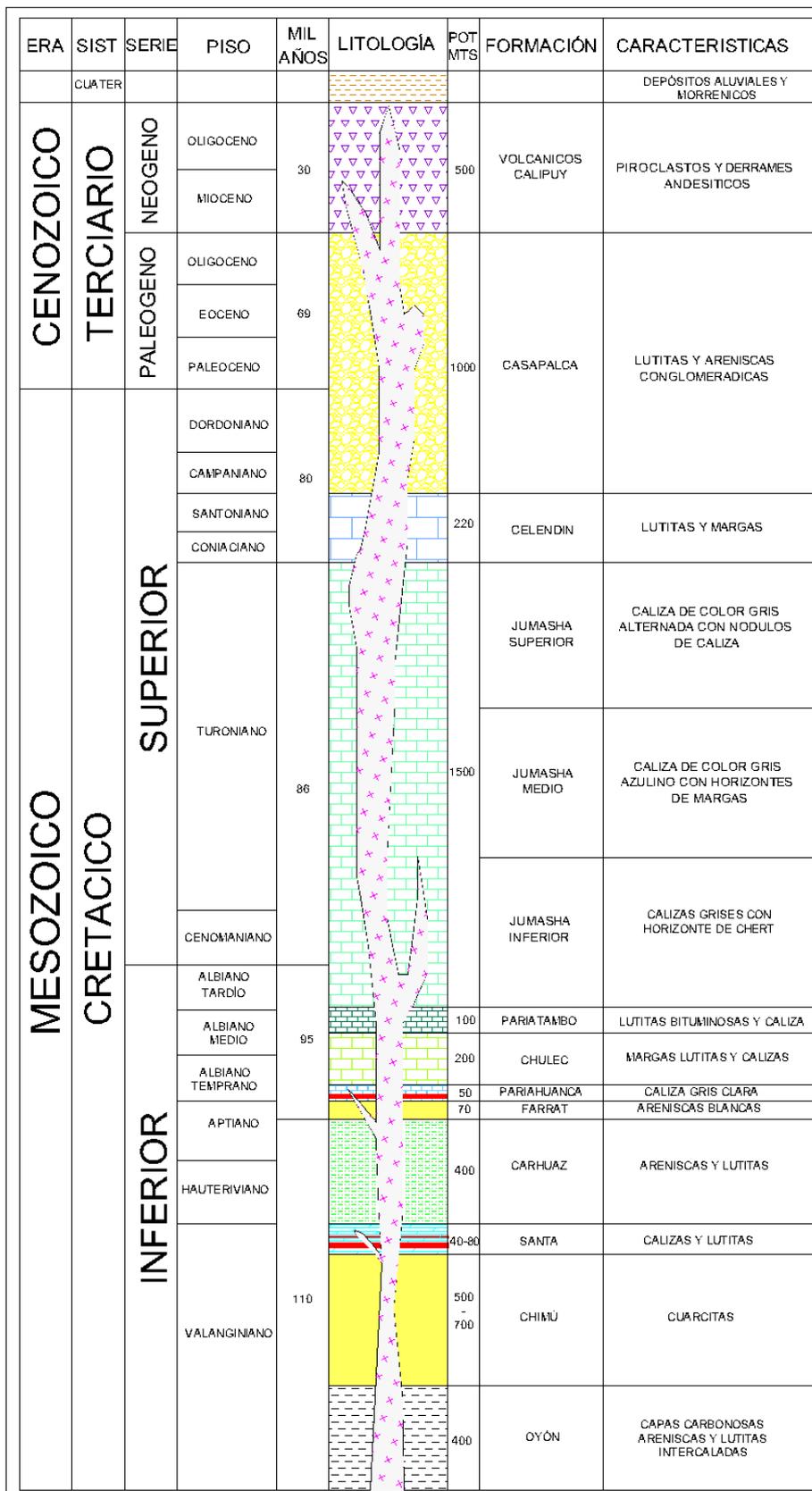


Figura N° 6: Columna estratigráfica.

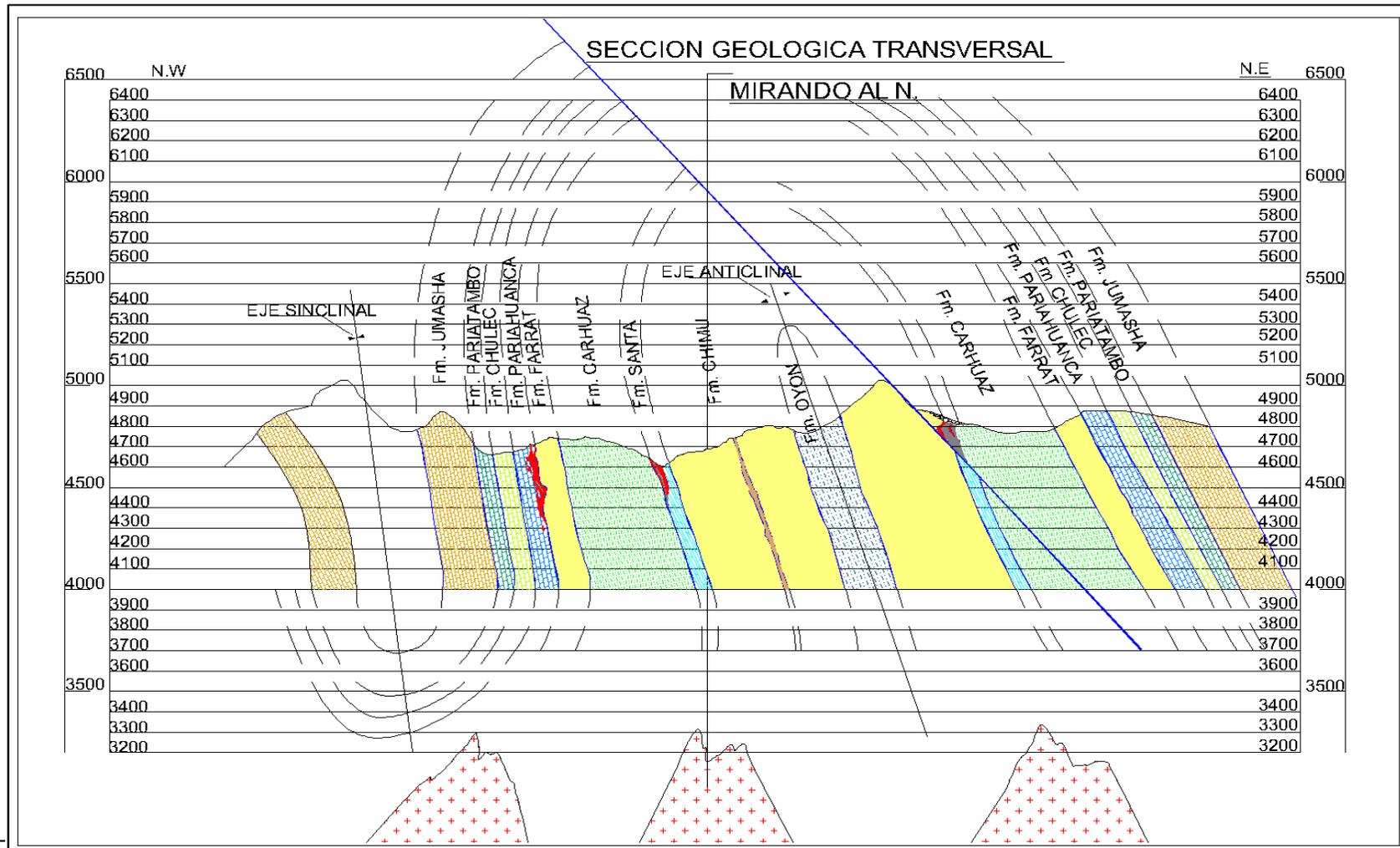


Figura N° 7: Sección geológica se observa el plegamiento de la secuencia sedimentaria cretácica, y la hipotética localización de los intrusivos relacionados a la mineralización en la zona de estudio.

2.3 Geología Estructural

La Cuenca Occidental en el Norte y Centro del Perú durante el Mesozoico, recibió sedimentación carbonatada y clástica entre varios episodios transgresivos y regresivos. A fines del Cretácico, los mares se retiraron definitivamente de la región andina produciéndose regresiones paulatinas, y luego el levantamiento de la secuencia sedimentaria durante la primera Fase Orogénica Andina (Fase Peruana de Steinmann). Se formaron amplios plegamientos en el sector Occidental, así como fallamientos, delineándose entonces la Cordillera Occidental.

Regionalmente se tiene el sistema de plegamiento Pico Yanqui, bifurcado, constituido por el anticlinal Pico Yanqui Oeste y Pico Yanqui Este y entre ambos el sinclinal Oyón; todos ubicados al Este de la zona de estudio. Al Oeste de este sistema se tiene el sinclinal de Rapaz, que tiene una persistencia continua, modelado por la secuencia calcárea del Cretácico. Fallas longitudinales de tipo normal se ubican en los horizontes menos competentes, principalmente en la Formación Santa. También se ha reconocido un sistema de fallas NE - SW al Norte de la zona de estudio. Se tiene un sistema de fallas post minerales intraformacionales de extensión regional.

CAPITULO III

GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

3.1 Geología Local

Las rocas que afloran en el área de estudio, corresponden a la serie sedimentaria del Cretácico; estructuralmente se ubica en el flanco occidental del anticlinal Pico Yanqui Oeste, que se encuentra volcado hacia el Este, de tal manera que las capas se encuentran con buzamiento invertidos. Seguidamente se describe la columna estratigráfica en la zona de trabajo.

3.1.1 Formación Carhuaz

En la zona de estudio aflora al Norte, está compuesta por intercalaciones de areniscas verdes en horizontes de 0.10 a 0.20 m de potencia, areniscas cuarzosas de 0.1 m de potencia, y lutitas de color marrón a rojas al techo finamente estratificadas; con rumbo que varían de N 28°W a N30°W y buzamientos entre 78° a 30° NE.

3.1.2 Formación Farrat

Litológicamente suprayace a la Formación Carhuaz, constituye el techo de la secuencia clástica. Se la ha dividido en miembro inferior y miembro superior. El miembro inferior consiste de areniscas cuarzosas de grano medio, color blanco, en bancos 0.40 a 1.0 m de potencia, con intercalaciones de horizontes delgados de areniscas cuarzosas de grano

grueso. El miembro superior, consiste de intercalaciones de areniscas, y areniscas calcáreas. Las areniscas son de color gris en superficie fresca, e intemperizan a gris claro, en horizontes de 0.50 m a 7 y 5 cm, las areniscas calcáreas dentro de la secuencia se localiza un horizonte de caliza arenosa de 1.70 m de potencia de color gris en superficie fresca e intemperiza a un color amarillento, Los rumbos y buzamientos para ambos miembros varían de N28°W a N30°W y 75° a 85°NE.

3.1.3 Formación Pariahuanca

Estratigráficamente constituye la base de la secuencia calcárea y suprayace a la Formación Farrat. Consiste de calizas color gris en superficie fresca e intemperiza a un color gris claro, contiene venillas de calcita; presenta por intemperismo una superficie cárstica. La potencia en la zona no supera los 50 m, con rumbos y buzamientos que varían entre N20°W a N32°W y 80° a 85°NE. En el área esta Formación es importante por la presencia de cuerpos mineralizados generados por reemplazamiento metasomático.

3.1.4 Rocas Intrusivas

En la zona de estudio no se ha reconocido rocas intrusivas pero la existencia de cuerpos mineralizados por reemplazamiento, demuestra la presencia de intrusivos cercanos; se infiere que no han salido a superficie quedando probablemente muy cerca en forma de Plutón (Ver Figura 6).

3.1.5 Rocas Metamórficas

Superficialmente no se ha reconocido rocas metamórficas, los Skarn gradan directamente a caliza fresca, resultado del reemplazamiento metasomático de las calizas Pariahuanca; se presume que exista un contacto ígneo a profundidad desconocida, o puede existir la posibilidad de que no haya tal intrusivo y que el Skarn se formó por otros fluidos

calientes. El afloramiento del Skarn es de color verde oscuro, masivo, y está compuesto por una variedad de minerales, granates, hedenbergita, tremolita, cuarzo, calcita, magnetita, ilvaita, especularita, acompañados de clorita y epidota.

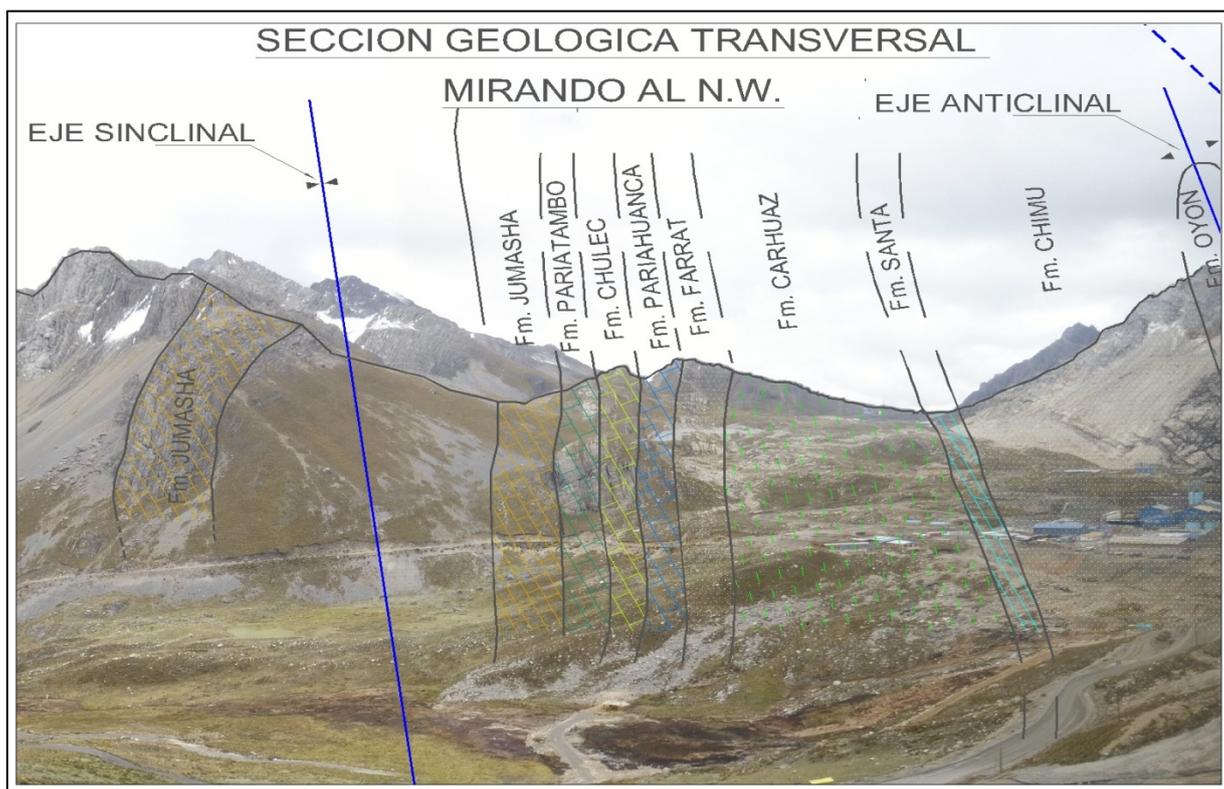


Figura N° 8: Afloramientos de las rocas sedimentarias.

3.2 Geología Estructural

Estructuralmente la zona se encuentra perturbada, existiendo un sistema de fallamiento transversal y diagonal a la estratificación, con direcciones NE-SW, y buzamientos entre 80° a 85° al SE, acompañadas por fallas menores por cizallamiento. Para un mejor estudio el sistema de fracturamiento, se ha dividido en 3 fallas principales.

3.2.1 Falla 1 (F 1)

Se observa en la parte central del cuerpo. Tiene una orientación N 85°-87° E a E-W y una inclinación de 80°-85° SE, Profundiza hasta el nivel -3 (cota 4482), para luego cambiar su inclinación, a 60°-65°, por sus características de relleno y espesor, se considera como el posible conducto principal de los fluidos. En ese mismo punto, se desprende el ramal 1, que mantiene la continuidad y conserva un alto ángulo de buzamiento (80°-85°) y a su vez limita la mineralización en el extremo norte del cuerpo; es probable que exista un desplazamiento sobre el ramal de tipo normal.

3.2.2 Falla 2 (F 2)

Esta falla se ubica adyacente a la F 1, presenta brechas en el plano de falla de 0.30 a 0.80 m de espesor; se trata de una falla post-mineral, su rumbo es de N65°E y buzamiento entre 85° a 87° SE; en la parte baja se intercepta con la F 1 formando una sola estructura.

3.2.5 Falla 3 (F 3)

Ubicada al norte del cuerpo mineralizado, aparentemente se trata de una falla post-mineral, no se encontró indicios de mineralización en el plano de falla Su rumbo es variable, con buzamiento de 30° a 33° SE, es una falla de bajo ángulo.

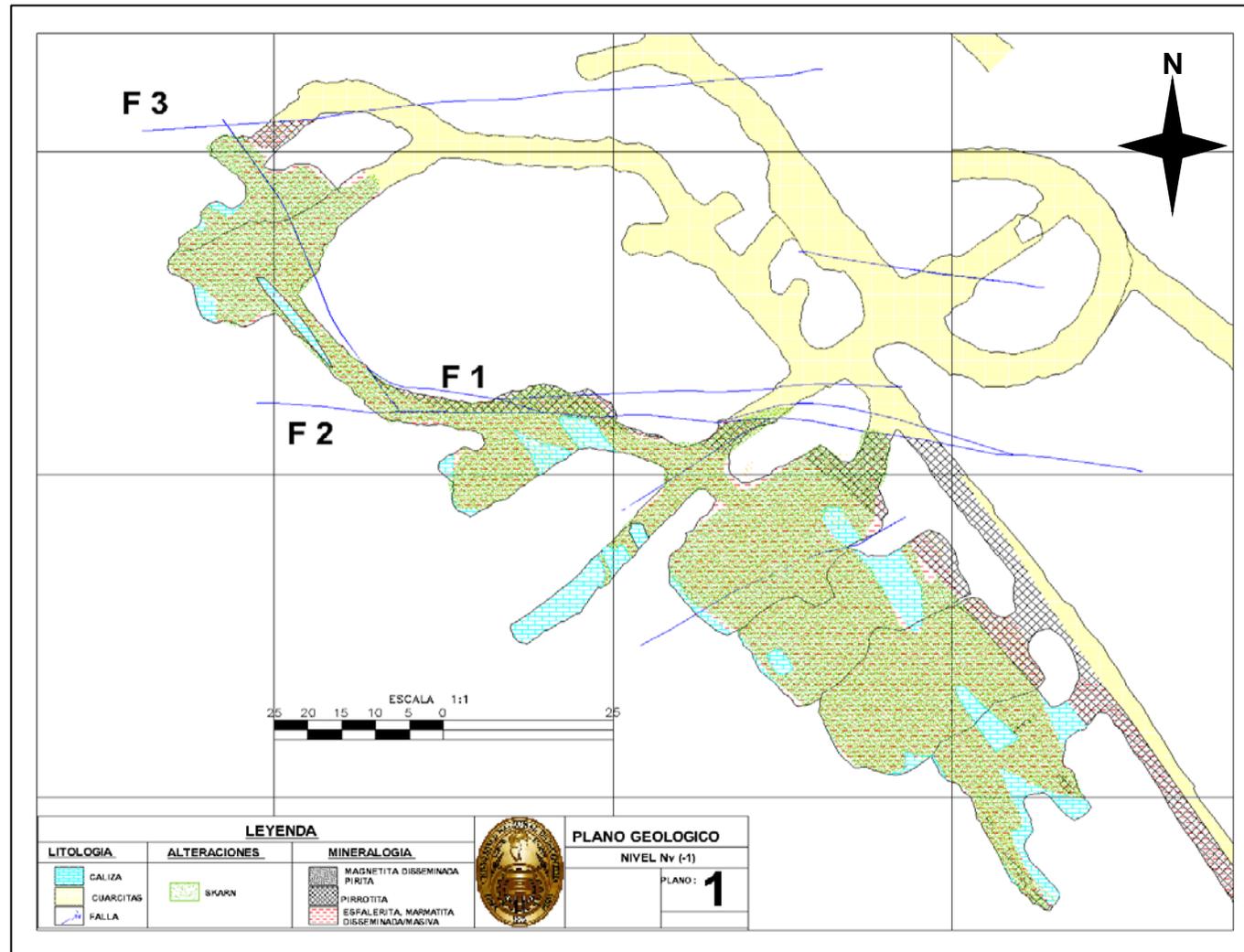


Figura N° 9: Plano estructural de la zona de estudio.

3.3 Mineralogía

Se considera que la mineralización metálica ocurrió después de la formación del Skarn, mediante un estado hidrotermal tardío, los fluidos hidrotermales al migrar remplazaron al Skarn y también rellenaron fracturas preexistentes. La mineralización en el yacimiento es variada, se encuentra masiva, compacta, diseminada y rellenando fracturas. Se encuentra minerales de mena como esfalerita, en menor cantidad calcopirita. La galena se observa en niveles superiores asociados a zonas de fracturamiento. La ganga del yacimiento está compuesta por pirita, pirrotita, magnetita, ilvaita, cuarzo, calcita, actinolita-tremolita como las más abundantes.

En el presente informe debido a la importancia de la mineralogía en la producción se va a describir las características de los minerales con mayor influencia en los procesos de producción en la planta metalúrgica (se incluyen tanto a los minerales de mena como de ganga).

3.3.1 Esfalerita (Zn, Fe) S

En el yacimiento la mena más importante se presenta como una esfalerita ferrífera, el contenido de Fe en la estructura supera el 10% (variedad conocida como marmatita), la esfalerita se encuentra en forma granular, diseminado, como relleno de fractura, también se presentan intercrecida con otros minerales como la pirrotita. Los valores máximos de zinc en el yacimiento se presentan en los niveles superiores (alcanzando valores por encima de 12.5% de Zn), mientras que a profundidad disminuyen considerablemente (valores promedios 5.5% Zn).



Figura N° 10: Marmatita diseminada en una matriz de actinolita-tremolita.



Figura N° 11: Fotografía de ilvaite con parches de marmatita.

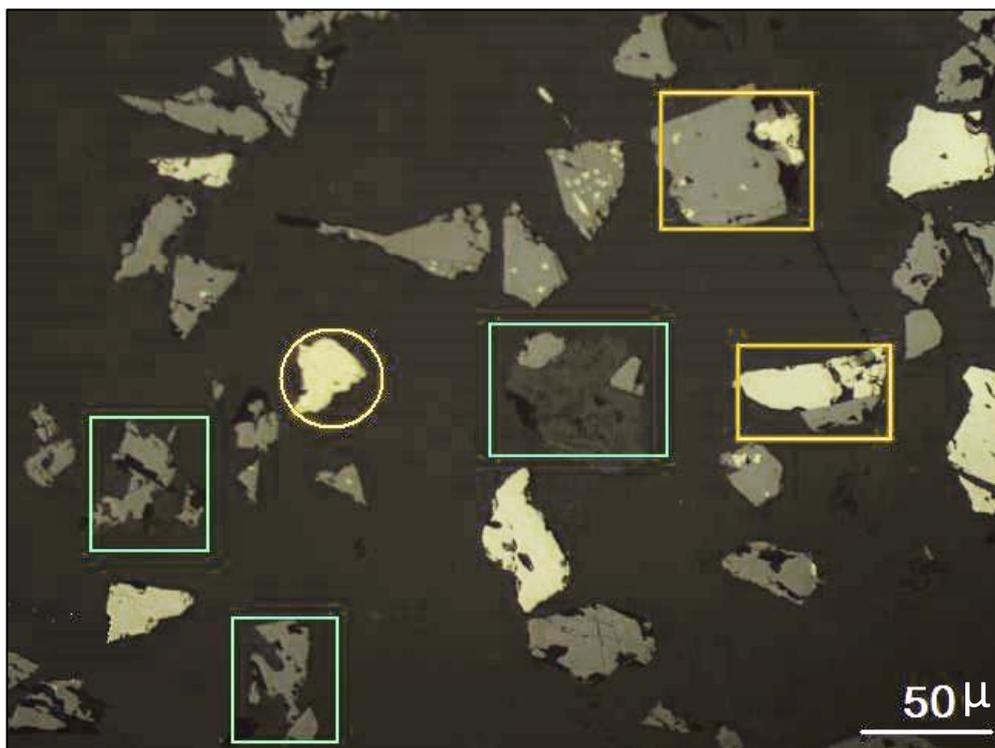


Figura N° 12: Esfalerita (color gris claro), calcopirita (elipse amarilla) y pirrotita (color amarillo grisáceo) como partículas libres. Partículas mixtas: esfalerita/gangas (marcos verdes) y esfalerita/pirrotita (marcos marrones).

3.3.2 Calcopirita (CuFeS_2)

En la zona de estudio el mineral de cobre es la calcopirita, observándose en los niveles superiores del yacimiento asociado a fallas, y en la zona de contacto entre las Formaciones Farrat y Pariahuanca. Se presenta diseminado (trazas) en la banda masiva de pirrotita, en los niveles inferiores se encuentra diseminada junto a la magnetita en una matriz de actinolita-tremolita, incrementando su abundancia llegando a valores de 1% Cu.



Figura N° 13: Calcopirita diseminada en una matriz de pirrotita.

3.3.3 Pirrotita ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ($x=0-0.2$))

En el yacimiento se presenta como bandas masivas en el contacto entre las Formaciones Farrat- Pariahuanca, como parches en una matriz de ilvaita, intercrecida con la marmatita. En la planta concentradora, en los procesos de flotación presenta flotabilidad natural y por lo tanto es contaminante en los concentrados de zinc. En el yacimiento la ocurrencia de Fe está asociada a minerales como la pirita (FeS_2), pirrotita ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ($x=0-0.2$)), magnetita ($\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{+3})_2\text{O}_4$), ilvaita ($\text{CaFe}^{3+}(\text{Fe}^{2+})_2\text{O}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$), siendo una de las gangas más importantes la pirrotita.



Figura N° 14: Pirrotita masiva presenta diseminaciones de marmatita con ojos de calcopirita.

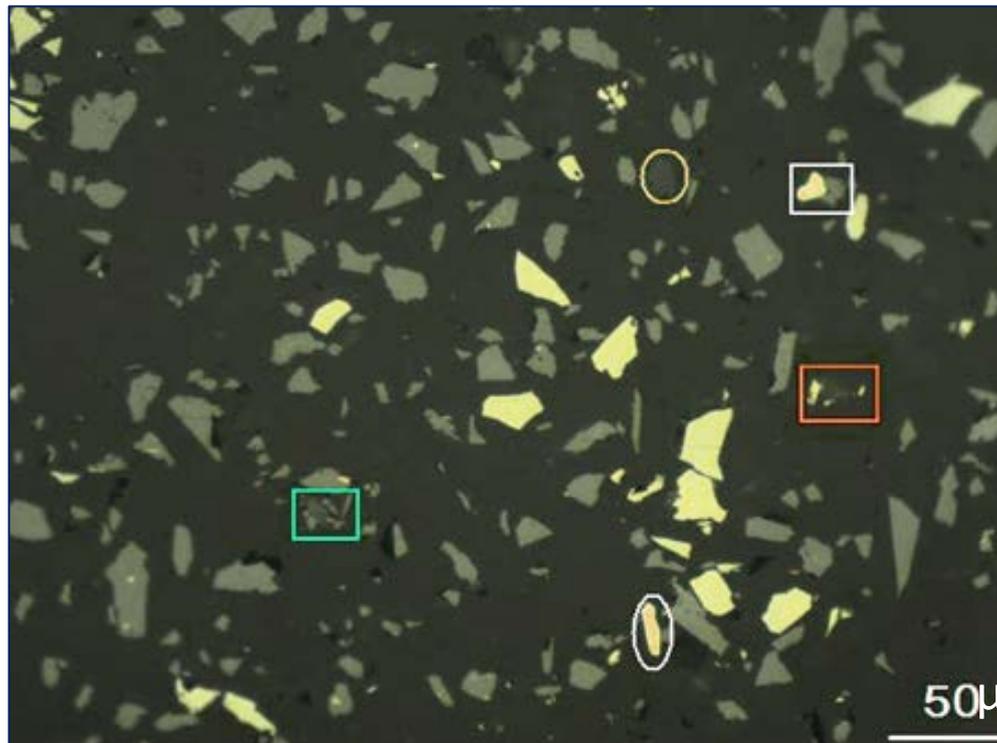


Figura N° 15: Abundancia de esfalerita (color gris claro) y de pirrotita (color crema grisáceo) y muy escasas pirita (elipse blanca) y gangas (elipse amarilla) como partículas libres. Partículas mixtas: esfalerita/pirita (marco blanco), pirrotita/gangas (marco marrón) y covelita/esfalerita (marco azul).

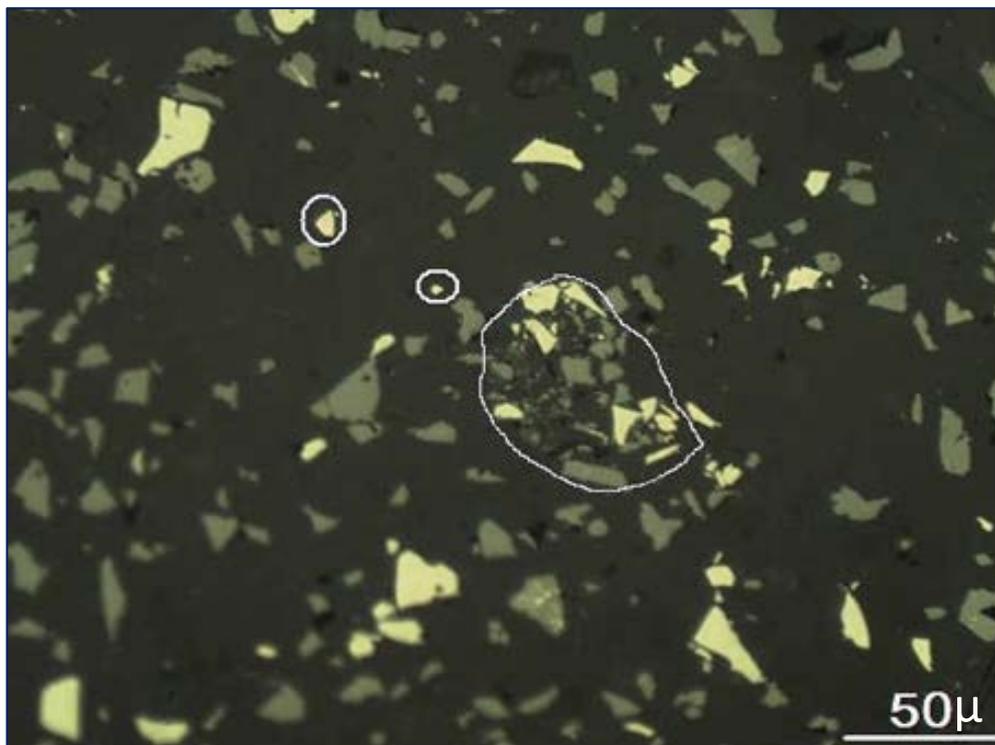


Figura N° 16: Abundancia de esfalerita (color gris claro) y de pirrotita (color crema grisáceo) y muy escasa pirita (elipses blancas) como partículas libres. Grumo (contorno blanco) formado casi exclusivamente de esfalerita y pirrotita.

3.4 Zonificación Mineralógica del Yacimiento

En el yacimiento se ha distinguido dos zonas, una franja de 5 a 10 m de potencia ubicada en el contacto estratigráfico de las formaciones Farrat y Pariahuanca, compuesto de esfalerita (marmatita) en parches dentro de una matriz de pirrotita con leyes promedio de 12 a 15 % de Zinc, y la zona de Skarn con marmatita diseminada en una matriz de actinolita-tremolita, magnetita e ilvaita con leyes de 4-6 % de Zinc.

A continuación se presenta los planos geológicos de los niveles (Nv (-1), Nv (-2), Nv (-3), Nv (-5)).

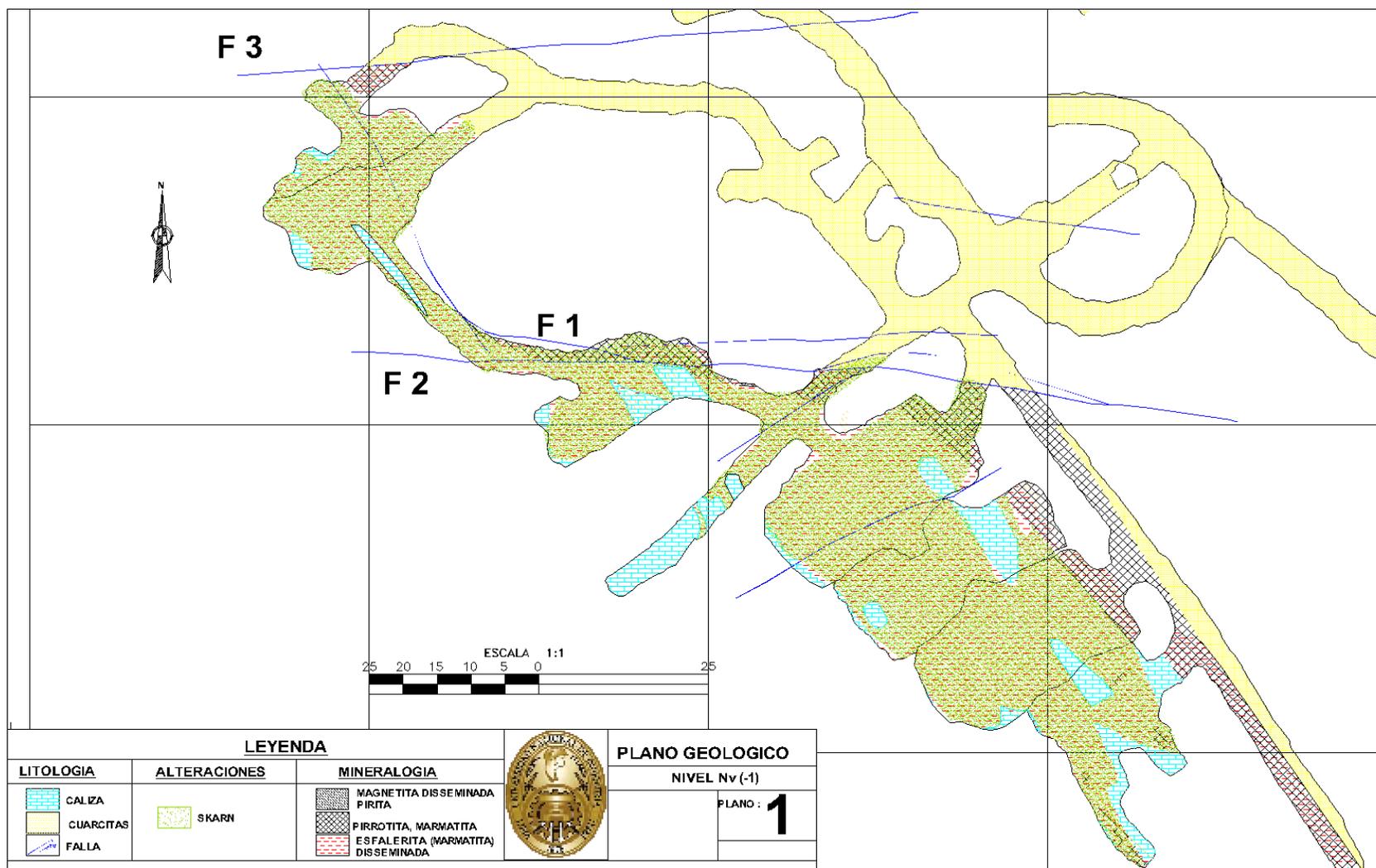


Figura N° 17: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-1).

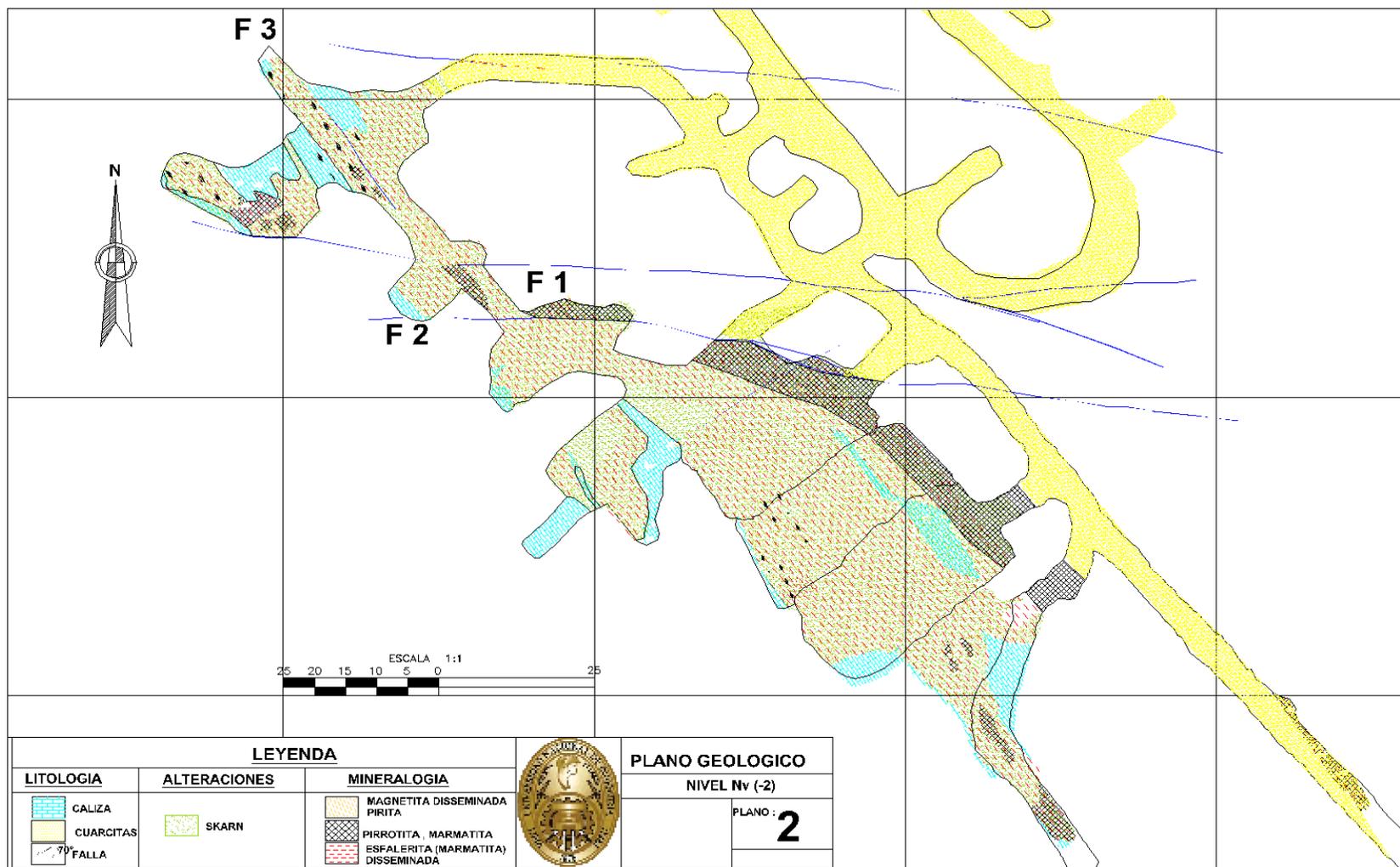


Figura N° 18: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-2).

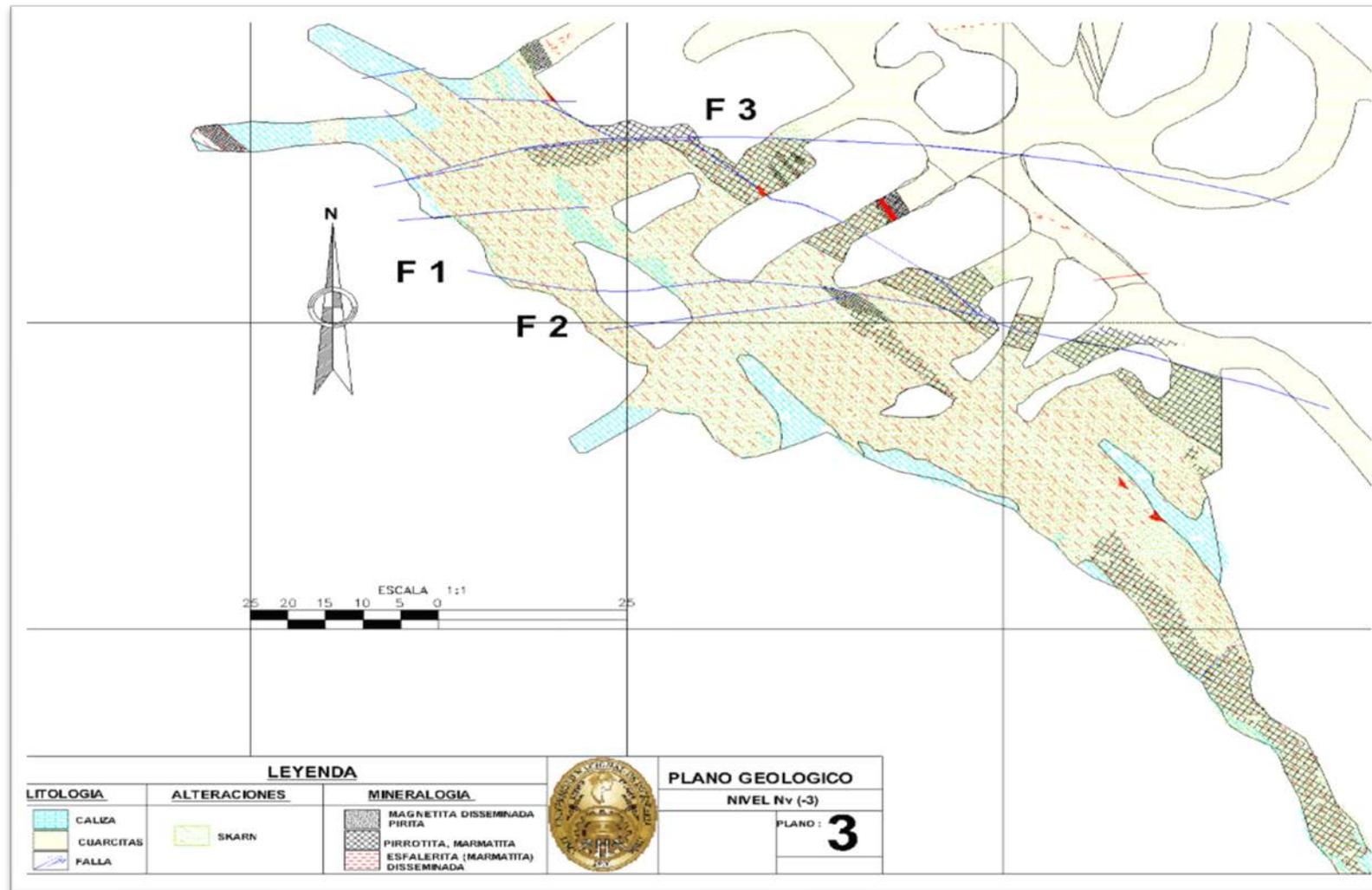


Figura N° 19: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-3).

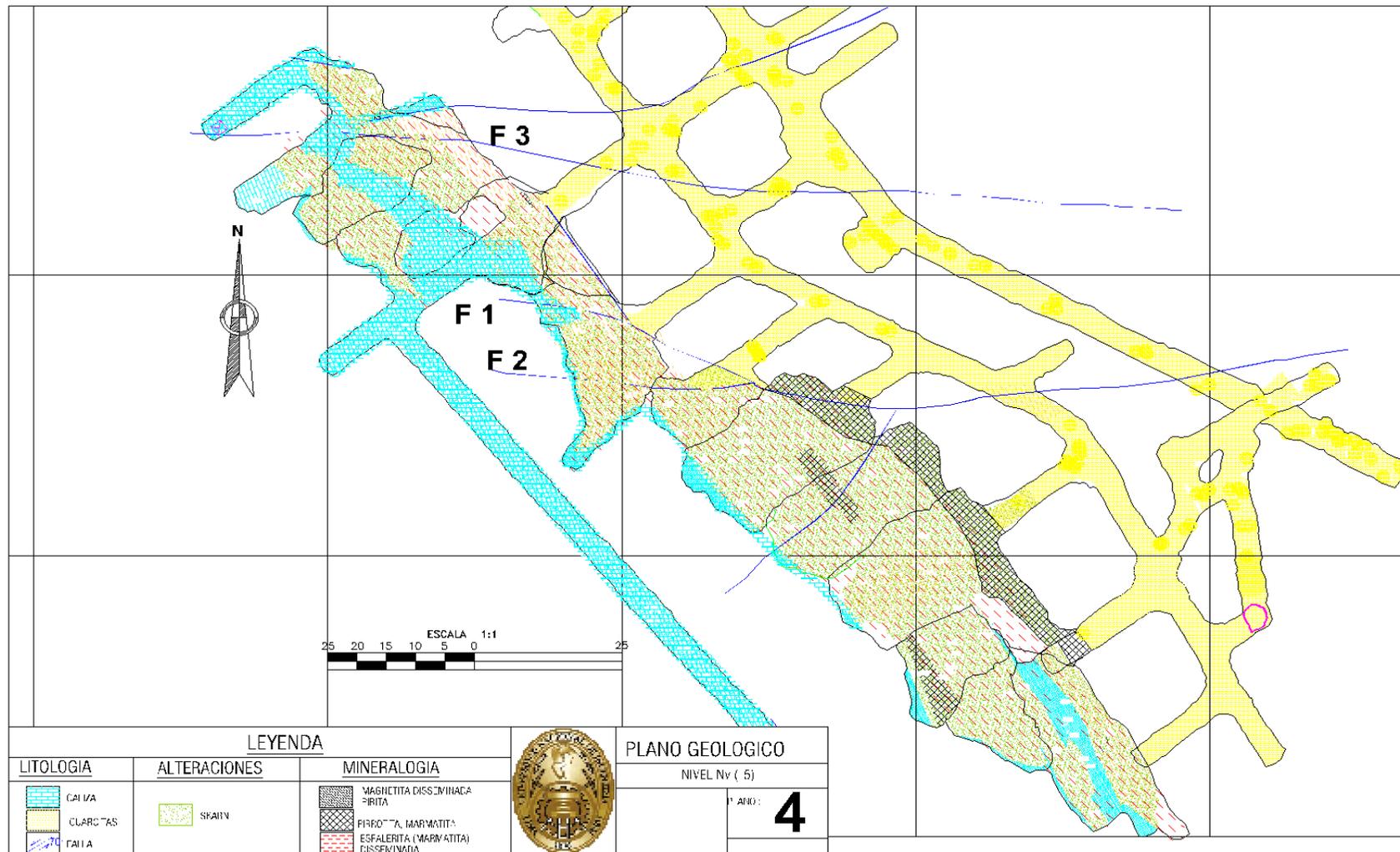


Figura N° 20: Plano geológico se observa la zonificación mineralógica correspondiente al Nivel (-5).

3.5 Tipología del Yacimiento

El Yacimiento corresponde al grupo de depósitos tipo Skarn, caracterizado por la presencia de minerales calcosilicatados. Los depósitos Skarn se pueden clasificar de diversas formas. Una de ellas es por mena, reconociéndose entre otros, Skarn Sn, Skarn de W, Skarn de Cu, y Skarn de Zn-Pb.

En la zona de estudio el yacimiento correspondería a un Skarn Zn – Pb, es un cuerpo mineralizado de reemplazamiento metasomático, de posición y relación con respecto a un intrusivo variable, pero **siempre distal**. Estos yacimientos ocurren en márgenes continentales de subducción, la fuente de fluidos hidrotermales son intrusivos granodioríticos y cuarzo monzonitas calco-alcinos, la alteración progradada está dominada por piroxenos (razón granate/ piroxeno bajo) de composición Ca-Fe y Mn (piroxenos hedenbergita – johansenita; granates andradita – almandino - espesartina), las leyes típicas de zinc varían entre 6 y 12 %, menor plomo y menor cobre. No se observa una aureola de metamorfismo centrada en el Skarn, pero si una zonación de granates a piroxenos desde un alimentador hacia afuera, los sulfuros están asociados con los piroxenos.

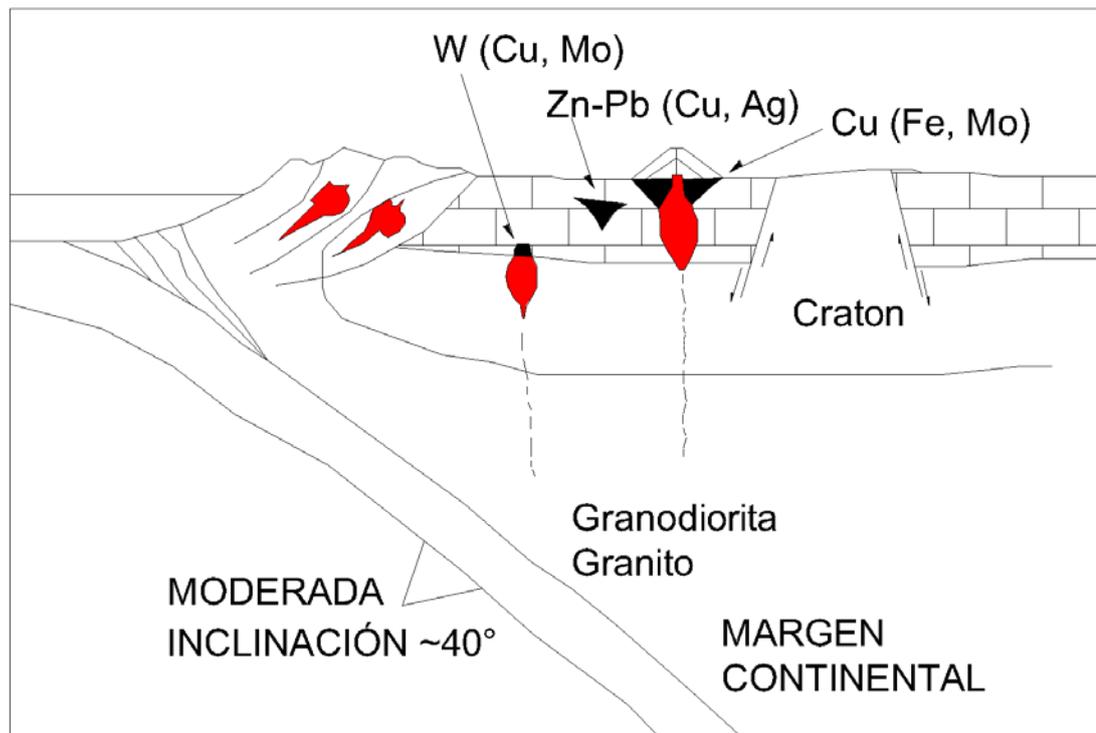


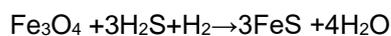
Figura N° 21: Esquema idealizado de los yacimientos de Skarn de Zn – Pb.

3.6 Alteraciones

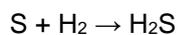
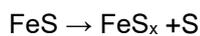
Las rocas hospedantes están ligeramente alteradas por el Skarn y las unidades mineralizadas, las texturas sedimentarias originales están conservadas y la alteración visible está representada por halos de blanqueamiento y mármol a escala centimétrica. Las relaciones texturales indican que la deposición de sulfuros comenzó con la pirita, seguida por la pirrotita-calcopirita-esfalerita y luego hubo una segunda fase de pirita. El ensamble de alteración mineral en la zona de estudio incluye andradita, epidota, talco, clorita, muscovita, calcita, clinocloro, rutilo y posiblemente hedenbergita o johansenita. El ensamble de andradita + magnetita+ titanita+ ilvaita han sido reconocidos en los niveles inferiores del yacimiento y estos minerales parecen haber sido los primeros en formarse. Los granates no son tan abundante, las relaciones texturales indican que el granate fue parcialmente reemplazado por dos fases de alteración retrógrada; la primera fase formada por epidota + clinocloro + flogopita + johansenita y la segunda fase por actinolita + estilpnomelano +

calcita. El ensamble mineralógico de dickita+ illita+ caolín ocurre como halos centimétricos a los minerales de mena, donde la caolinita es posterior a la dickita.

La paragénesis está influenciada por las variaciones en la composición original de las rocas de la Formación Pariahuanca, magnetita – pirita se formaron en la fase progradada del Skarn. La formación de pirrotita debe haber ocurrido por la interacción de la magnetita con fluidos ricos en azufre en condiciones relativamente de reducción:



La pirrotita también pudo haberse formado después de la pirita en presencia de H_2 produciendo H_2S donde el H_2 retiro el azufre de la superficie de la pirita (Lambert et al 1988). Esto puede haber ocurrido por las dos siguientes reacciones:



La composición de la pirrotita en equilibrio con la pirita depende de la temperatura y se produce en el rango entre 523° y 1016°K . (Scott, 1974). La composición de la pirrotita sería más rica en azufre si se formara a temperaturas más altas donde la reacción $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{FeS}_x$ es más rápida que la reacción $\text{FeS}_x \rightarrow \text{FeS}$ (Lambert et al, 1988).

CAPITULO IV

MUESTREO

El muestreo es un procedimiento en el que se toma una pequeña parte representativa, homogénea y equitativa de una población (macizo rocoso), siguiendo una técnica optimizada. El grado de exactitud requerido va a depender del análisis variográfico del yacimiento. Los resultados del análisis químico de las muestras permiten delimitar la parte explotable comercial del yacimiento. El muestreo de labores horizontales y de los piques proporciona los datos que permiten hacer las estimaciones de ley de los blocks cubicados.

4.1 Controles de las Muestras

En el yacimiento para asegurar el control de la calidad del muestreo se requiere alcanzar los siguientes objetivos.

- Prevenir el ingreso de errores a la base de datos utilizada para el modelado de recursos.
- Demostrar que los muestreos y las diferencias analíticas estén dentro del rango de variabilidad aceptable, con relación a las variaciones geológicas.
- Garantizar que la precisión de la información en la que se basa el modelo de recursos pueda ser confirmada dentro de los límites razonables por otros laboratorios, ensayos metalúrgicos, y en la operación metalúrgica.

4.1.1 Duplicados

Los duplicados solo pueden obtenerse por cuarteo de muestras representativas de minerales. Mediante los duplicados se evalúa la precisión. Los duplicados gruesos deberán constituir el 5% de las muestras entregadas al laboratorio. Debido a la cantidad de muestreo diario, se coloca un duplicado considerando un mínimo de 5 muestras. Menores cantidades de muestras no requieren muestras de control. La muestra duplicada se toma dentro del tramo donde la concentración del mineral es visible. Los rangos de aceptación para los duplicados en campo es hasta 30% de diferencia; para los duplicados de las muestras del rechazo tomados en el laboratorio a una malla <10 será de 20% de diferencia y las muestras duplicadas tomadas de los rechazos de pulpa es de 5% de diferencia.

4.1.2 Blancos

Consistente en material desprovisto del (los) elemento(s) o producto de interés económico ó de un contaminante que afecta el costo de un proceso o decisión. Las muestras Blancas deberán constituir el 5% de las muestras entregadas al laboratorio, siempre deben ir dentro o a continuación de la identificación visual del tramo mineralizado. Seguir la siguiente secuencia: Muestra rica – Blanco grueso, de esta manera se evalúa la contaminación que se pueda producir en el laboratorio. Debido a la cantidad de muestreo diario, se inserta un blanco considerando un mínimo de 5 muestras. Menores cantidades de muestras no requieren muestras de control. El rango de aceptación para las muestras blancas es de 5 veces el límite de detección.

4.1.3 Material de Referencia Estándar (MFR)

Mediante los estándares se evalúa la exactitud. Para el control de muestreo con MRF, quincenalmente se tendrá que recuperar el 5% de las pulpas del total del lote enviado, de las muestras normales, muestras al azar y dentro de ellos se insertarán estándares de zinc

y /o estándares de cobre. La cantidad de muestras de referencia estándar (MRF), deberán constituir el 5% del total de muestras del lote que se va entregar al laboratorio. La ubicación del estándar es variable, lo que se quiere medir es la exactitud. Las muestras de referencia estándar tendrán valores de zinc y cobre, serán utilizadas en la incorporación de los controles de acuerdo al tipo de concentración de mineral. Para la selección del nuevo lote, donde se incorporaran los estándares, se debe considerar que los valores del nuevo lote deben tener leyes muy similares al de los estándares. Los rangos de aceptación para las MRF tendrán en cuenta los límites mínimos y máximos de acuerdo a los límites de confianza al 99%, para cada elemento de acuerdo al test por límites de cada preparación de estándar.

4.1.4 Gemelos

Muestra tomada de una misma canal, obtenida bajo condiciones similares, cuya diferencia relativa entre las dos muestras es una variable con media cero. Mediante este control de muestras gemelas se podrá evaluar la calidad del muestreo tomado por el personal. Se deberá tomar una secuencia de muestras a la semana, de los mismos canales ya muestreados anteriormente o en el momento, al azar, con el mismo personal que tomo la muestra inicial. La diferencia es que la segunda muestra será con supervisión del geólogo, quien observara la técnica del muestreo in situ. Finalmente se compara los resultados con la muestra original tomada sin supervisión. El resultado debe ser similar y la diferencia no debe pasar del 20%.

CAPITULO V

ANALISIS CUANTITATIVO

Los programas de planeamiento anual que se llevan a cabo están basados en información geológica, dicha información tiene un soporte basado en el muestreo de labores mineras y sondajes de perforación diamantina. El análisis cualitativo tiene por objeto la identificación y combinación aproximada de los constituyentes de una muestra dada, puede ser un elemento puro o una sustancia químicamente pura o cualquier mezcla posible, no solamente se llega a demostrar la presencia de determinados constituyentes, sino que puede también obtenerse una aproximación relativa de las cantidades de cada una de ellos en la muestra tomada. La precisión de estas cantidades es el objeto del Análisis Cuantitativo.

El resultado del análisis químico cualitativo es el soporte para realizar los modelos de bloques que luego son plasmados en un inventario de recursos y reservas, en el cual se muestran los valores en leyes de los bloques de minado. También es importante para definir diferentes zonas de los elementos de interés económico y predecir su distribución espacial en el yacimiento.

5.1 Análisis de Resultados Metalúrgicos

En el yacimiento las leyes promedio son 8.69% de Zn, 0.29% Pb, 0.25% de Cu y 0.37 Oz Ag, con una producción sostenida de 3700 TMD. En este informe se presentan resultados metalúrgicos y el comportamiento con el blending. La zona de estudio del presente Informe de Suficiencia, corresponde a uno de los yacimientos del Distrito Minero. El mineral de todos los yacimientos de la zona son tratados en una sola planta metalúrgica, y en los últimos años el porcentaje de tonelaje de la zona de estudio en los procesos metalúrgicos se ha incrementado considerablemente. La mayor participación de este depósito no estuvo prevista inicialmente en el Planeamiento Anual de la planta metalúrgica. Las reservas de los yacimientos adyacentes a la zona de estudio se han ido agotando paulatinamente, por lo que se tuvo que modificar el blending en el desarrollo de la operación de la planta metalúrgica, generando una fluctuación en los resultados obtenidos por la planta metalúrgica. Con el fin de revertir los malos resultados se hizo un análisis y el presente informe sintetiza lo realizado. El análisis que se presenta a continuación se hizo solo con las características de la mena, y los ensayos se basaron en el muestreo de zonas puntuales de este yacimiento, asumiendo características generales. A continuación se presenta los resultados metalúrgicos versus los blending propuestos en el Planeamiento Anual de la planta metalúrgica.

Tabla N° 1: Cuadro de mineralogía de las diferentes zonas en el yacimiento

	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)
TIPO DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO ZINC PLOMO	TRATAMIENTO ZINC PLOMO	TRATAMIENTO ZINC COBRE	A) TRATAMIENTO ZINC COBRE B) ZINC PLOMO
MINERALOGIA	Esfalerita(blenda) masiva con parches de esfalerita, e inclusiones de galena argentífera	Pirita Masiva, y en bandas intercalada con esfalerita (blenda), e inclusiones de calcopirita y pequeñas cantidades de magnetita.	Al techo una banda de 1 a 2 m de calcosina bandas de 2 a 5 m de potencia de esfalerita (blenda) masiva, y de 5 a 10 m esfalerita diseminada en una matriz de actinolita tremolita magnetita.	Esfalerita (marmatita) en parches en una matriz de pirrotita de 5 a 10 m de potencia, y de 15 a 20 de potencia esfalerita (marmatita) diseminada en una matriz de actinolita - tremolita, magnetita, pirita e ilvaita magnetita.

Tabla N° 2: Datos de blending vs resultados metalúrgicos (Tratamiento zinc – plomo)

ITEM	BLENDING				MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO		Recuperación Zn	MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO		Recuperación Pb
	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)	% Zn	% Fe	% Zn	% Fe		% Pb	% Cu	% Pb	% Cu	
1	2373.84	474.77	0.00	0.00	11.68	21.39	52.22	10.15	94.27	1.65	0.12	61.88	0.52	82.90
2	2365.45	1576.97	0.00	0.00	10.01	21.51	50.94	10.71	93.91	1.43	0.11	60.36	0.42	83.38
3	2196.35	1830.29	0.00	0.00	9.13	21.73	50.07	11.74	92.70	1.22	0.20	59.48	0.68	78.19
4	523.04	435.86	0.00	0.00	8.30	20.96	50.29	11.28	89.67	0.60	0.12	50.72	0.77	73.99
5	2201.28	1467.52	0.00	366.88	9.96	23.93	51.79	10.88	91.95	1.04	0.12	59.95	0.94	75.04
6	2897.53	1053.65	0.00	0.00	9.48	23.07	50.10	11.26	90.04	0.80	0.12	55.06	1.04	64.62
7	1986.04	0.00	0.00	1986.04	8.31	23.39	51.89	9.81	93.50	0.48	0.44	50.97	4.53	42.23
8	708.02	1416.04	0.00	0.00	10.64	22.03	50.96	11.68	94.08	0.64	0.27	63.19	1.33	77.01
9	1094.07	2917.53	0.00	0.00	9.94	22.01	49.78	11.81	93.55	0.45	0.19	51.18	3.72	69.38
10	1602.11	0.00	0.00	2403.17	9.83	21.46	52.57	9.43	93.94	0.48	0.24	53.45	1.89	65.94
11	1003.94	602.36	0.00	401.57	11.29	18.12	50.96	9.81	92.77	0.60	0.17	69.65	0.64	78.60
12	968.08	580.85	0.00	387.23	11.43	17.74	51.75	9.89	93.49	0.67	0.19	57.23	1.50	73.61
13	1178.94	707.36	0.00	471.58	10.23	17.14	50.85	10.12	94.21	0.41	0.19	50.04	1.80	61.16
14	791.62	474.97	0.00	316.65	13.80	17.60	51.92	8.99	95.39	0.56	0.23	48.56	6.29	30.37
15	772.66	1545.33	0.00	1545.33	7.69	22.52	51.29	9.93	95.28	0.47	0.20	58.25	4.10	50.79
16	484.04	968.08	0.00	484.04	8.42	22.07	51.75	10.88	95.46	0.43	0.18	56.56	1.79	64.54
17	707.36	1178.94	0.00	471.58	9.53	19.21	53.23	8.68	94.18	0.69	0.22	64.41	1.25	79.42
18	474.97	791.62	0.00	316.65	7.28	23.95	49.23	10.21	93.98	0.55	0.13	69.23	0.54	67.90
19	227.76	227.76	0.00	911.03	8.45	23.00	50.23	11.06	95.52	1.59	0.14	74.42	0.43	80.58
20	3273.16	0.00	0.00	727.37	10.22	21.49	50.94	11.17	94.06	1.65	0.08	67.76	0.16	75.37
21	782.75	0.00	0.00	173.94	9.18	19.27	51.50	10.24	94.23	1.36	0.10	70.36	0.15	75.59
22	546.23	0.00	0.00	1911.82	8.51	23.36	51.51	10.02	95.16	0.83	0.15	68.69	0.58	71.42
23	1921.20	640.40	0.00	1280.80	10.50	21.68	52.70	9.10	95.28	0.85	0.12	63.99	2.26	60.88
24	466.60	0.00	0.00	311.07	11.42	21.27	52.35	9.42	92.88	0.83	0.10	66.16	1.16	62.68

Tabla N° 3: Datos de Blending de zinc – plomo, con calidad de concentrado por debajo de lo proyectado

ITEM	BLENDING				MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO		Recuperación Zn	MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO		Recuperación Pb
	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)	% Zn	% Fe	% Zn	% Fe		% Pb	% Cu	% Pb	% Cu	
25	3476.35	0.00	0.00	325.91	7.43	21.68	51.06	9.93	94.55	0.71	0.10	62.92	0.87	65.93
26	0.00	332.60	0.00	498.89	7.29	21.05	52.75	9.71	94.13	0.68	0.11	55.23	0.68	75.06
27	211.41	70.47	0.00	140.94	5.77	22.55	52.70	9.57	84.96	0.82	0.10	48.23	4.81	73.78
28	1198.76	0.00	0.00	799.17	6.22	24.31	50.53	10.40	88.69	0.93	0.11	51.44	3.36	72.73
29	1326.23	795.74	0.00	0.00	11.19	23.26	51.34	10.97	83.98	0.72	0.09	49.57	2.44	74.15
30	2030.41	1218.25	0.00	0.00	12.69	23.36	51.54	10.61	94.10	0.85	0.11	55.15	2.02	70.87
31	744.57	0.00	0.00	372.28	12.79	22.43	51.09	11.14	93.56	0.80	0.11	62.93	2.30	70.82
32	2413.41	965.36	0.00	724.02	11.76	21.60	52.24	9.52	91.66	0.76	0.14	64.85	1.60	75.53
33	1434.21	717.10	0.00	1792.76	11.16	21.31	48.77	10.95	92.56	0.47	0.11	60.82	0.41	61.30
34	505.34	0.00	0.00	2021.36	6.65	24.20	49.56	11.08	91.27					
35	336.33	224.22	0.00	784.78	8.11	24.13	49.54	11.11	94.66	0.50	0.18	44.84	5.57	77.85
36	1227.49	1227.49	0.00	1636.65	9.53	22.13	51.14	10.97	94.59	0.61	0.14	58.27	1.20	72.96
37	518.76	518.76	0.00	1037.51	5.83	25.44	49.97	11.27	92.01	0.32	0.16	53.67	0.90	58.02
38	1604.12	0.00	0.00	1405.12	9.36	25.25	51.37	10.78	89.43	1.18	0.14	61.54	1.38	75.83
39	1091.93	0.00	0.00	1637.90	10.08	21.72	49.48	11.16	95.00	1.33	0.18	63.39	1.32	74.61
40	1304.31	559.79	0.00	279.90	13.01	17.89	51.67	9.92	94.96	0.38	0.21	47.75	0.77	61.38
41	2274.93	1240.87	0.00	620.43	11.88	20.09	51.08	10.76	91.74	0.37	0.23	60.56	1.20	59.77
42	1152.60	0.00	0.00	864.45	9.49	22.83	51.56	10.74	91.97	1.44	0.15	64.46	0.82	75.03
43	1167.15	0.00	0.00	1556.21	8.56	18.62	51.71	10.81	93.79	1.50	0.20	64.62	0.36	76.21
44	1175.51	0.00	0.00	706.01	7.65	21.84	51.34	10.99	94.11	0.98	0.28	59.04	3.88	67.58
45	1682.94	0.00	0.00	2243.92	7.24	20.34	50.36	11.62	93.87	0.85	0.18	64.81	0.47	64.47
46	274.56	0.00	0.00	549.13	6.43	18.62	49.59	12.49	89.25	0.75	0.20	64.12	1.03	66.37
47	417.59	0.00	92.80	603.19	5.52	23.37	48.83	12.01	93.04	0.58	0.29	59.54	2.05	65.44
48	1044.50	522.25	261.12	2088.99	6.25	19.53	52.37	9.91	92.18	0.62	0.22	62.45	2.10	71.98

Tabla N° 4: Datos de blending, nótese las bajas recuperaciones obtenidas

ITEM	BLENDING				MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO DE ZINC		Recuperación Zn	MINERAL DE CABEZA	CONCENTRADO DE COBRE			Recuperación Cu
	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)	% Zn	% Fe	% Zn	% Fe		% Cu	% Zn	% Pb	%Cu	
1	611.68	0.00	0.00	2446.73	7.10	23.25	50.85	10.98	90.43	0.50	8.38	0.70	22.47	71.76
2	159.13	0.00	159.13	477.40	7.27	24.58	52.78	9.29	86.03	0.36	14.70	1.55	17.45	58.14
3	382.43	573.64	764.86	2294.57	5.85	24.89	52.28	9.39	87.64	0.43	13.99	0.95	19.03	66.26
4	0.00	882.41	882.41	1764.83	5.12	24.53	51.14	10.57	86.83	0.54	10.33	0.69	18.33	70.17
5	422.26	422.26	422.26	2744.70	5.15	28.14	50.02	11.37	88.23	0.60	10.56	0.74	19.78	65.42
6	611.48	0.00	1222.95	1834.43	5.23	28.52	50.29	10.87	85.62	0.97	10.77	1.63	21.9	78.80
7	0.00	906.73	453.36	2493.51	6.11	29.55	53.75	9.25	89.06	0.88	9.93	1.77	22.92	86.02
8	253.34	760.03	253.34	1013.37	5.83	27.17	52.22	10.40	89.55	0.71	12.56	1.27	22.11	78.52
9	469.32	938.63	0.00	2346.58	6.64	26.39	51.16	10.28	92.43	0.63	9.34	0.95	21.77	69.12
10	1165.76	582.88	0.00	2331.52	6.75	28.41	51.67	9.42	94.16	0.58	6.05	0.51	24.21	74.50
11	750.24	500.16	250.08	2500.79	6.76	25.85	51.12	10.71	93.12	0.59	8.17	0.67	25.50	76.57
12	806.04	0.00	806.04	2015.10	7.71	25.04	52.97	9.44	91.54	0.52	11.45	0.55	20.48	71.39
13	0.00	0.00	346.93	1619.00	6.68	25.64	51.08	10.90	92.22	0.41	7.83	1.71	17.27	77.36
14	667.25	1334.50	0.00	2001.76	7.58	26.90	50.24	11.95	91.88	0.52	13.71	0.50	18.78	66.39
15	1203.43	601.71	0.00	2106.00	6.85	28.82	49.59	13.17	92.25	0.48	11.75	0.46	19.46	65.63
16	1231.92	615.96	0.00	2155.86	7.84	26.54	50.89	12.38	89.14	0.47	9.82	0.42	20.61	62.37
17	575.24	287.62	0.00	1006.68	5.18	27.87	50.48	11.73	90.35	0.61	6.89	0.3	22	75.28
18	311.92	623.84	0.00	935.76	4.28	27.57	50.19	10.18	90.35	0.47	10.4	0.52	20.73	70.5
19	1223.97	611.99	0.00	2141.95	6.14	25.62	48.34	12.06	93.36	0.38	10.59	0.51	22.07	66.69
20	1212.75	606.37	0.00	2122.31	7.01	22.91	51.85	9.58	90.50	0.36	21.65	0.61	18.39	47.16
21	1202.56	601.28	0.00	2104.48	6.21	25.73	50.68	11.23	89.28	0.68	14.17	0.18	22.31	74.79
22	655.42	655.42	0.00	2621.67	4.19	24.74	48.44	11.91	86.26	0.78	10.11	0.73	22.01	78.2
23	105.44	105.44	0.00	369.06	5.20	20.65	52.46	9.21	78.60	0.5	21.47	2.98	16.07	75.94
24	912.08	0.00	0.00	3192.27	5.83	21.90	50.70	10.00	89.11	0.45	13.48	5.21	16.92	58.87

Tabla N° 5: Datos observándose la baja calidad y recuperación de los concentrados de zinc

ITEM	BLENDING				MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO DE ZINC		Recuperación Zn	MINERAL DE CABEZA	CONCENTRADO DE COBRE			Recuperación Cu
	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)	% Zn	% Fe	% Zn	% Fe		% Cu	% Zn	% Pb	%Cu	
25	911.54	0.00	0.00	3190.38	5.70	27.48	47.77	12.98	89.76	0.4	7.98	2.28	23.23	64.64
26	411.46	411.46	0.00	1645.84	5.54	29.59	50.72	11.61	88.54	0.42	7.78	0.73	22.45	69.6
27	682.66	682.66	0.00	682.66	4.24	34.5	45.9	15.4	89.57	0.4	7.36	1	21.44	78.28
28	455.72	455.72	0.00	1139.30	5.37	28.19	51.06	11.36	85.36	0.55	4.15	2.27	27.49	75.88
29	571.85	0.00	571.85	2859.26	4.79	27.23	50.17	10.87	91.33	0.5	6.99	1.03	24.67	72.26
30	443.21	443.21	443.21	1329.63	5.34	24.97	50.35	10.49	92.33	0.46	9.63	0.69	22.16	67.05
31	1144.19	1716.29	0.00	1144.19	5.21	29.79	49.34	11.03	88.84	0.38	12.14	6.45	14.97	49.39
32	2290.87	1145.43	0.00	572.72	5.63	32.27	51.29	9.71	91.21	0.3	7.71	4.53	18.7	57.18
33	389.46	0.00	389.46	778.92	4.98	27.88	50.12	11.26	91.72	0.36	8.71	1.06	19.2	70.54
34	425.09	425.09	425.09	425.09	6.31	25.22	48.12	10.84	92.06	0.4	22.44	1.11	16.54	4.43
35	656.30	984.45	0.00	1968.91	5.53	28.18	49.72	11.55	92.65	0.33	11.42	1.9	21.93	39.43
36	866.88	0.00	0.00	3034.09	5.30	26.47	50.19	11.02	91.97	0.31	10.27	0.61	21.84	65.89
37	0.00	0.00	960.08	2880.25	5.63	26.35	50.80	11.63	92.48	0.29	12.45	0.49	20.78	58.56
38	0.00	632.93	632.93	2531.73	4.85	26.14	49.80	11.59	89.14	0.32	16.04	0.72	19.07	63
39	518.69	778.04	0.00	1556.08	5.17	28.68	48.78	13.71	92.98	0.32	9.34	4.37	19.53	69.35
40	437.00	0.00	0.00	1529.50	4.89	27.28	50.14	13.04	91.97	0.34	12.14	1.35	19.55	73.7
41	0.00	0.00	389.70	1169.10	5.73	23.71	50.26	11.82	91.43	0.27	15.24	2.42	20.46	57.04
42	0.00	650.31	650.31	2601.24	5.43	22.97	49.95	10.95	91.24	0.28	13.03	1.97	22.25	56.14
43	709.49	1064.23	0.00	2128.46	6.57	23.9	49.8	11.5	89.95	0.4	13.45	2.84	21.26	38.37
44	0.00	0.00	516.92	1447.38	6.45	24.37	45.82	15.67	93.61	0.33	11.73	2.17	18.02	56.65
45	0.00	0.00	925.06	3006.44	5.55	25.51	47.81	15.06	89.70	0.44	11.69	0.94	19.42	53.89
46	0.00	244.03	244.03	3446.02	5.96	29.07	46.68	15.96	84.97	0.63	7.88	0.86	17.86	62.47
47	0.00	121.37	849.57	970.94	6.29	27.03	48.38	14.32	91.73	0.58	9.12	4.40	19.17	59.87
48	0.00	1603.67	229.10	1832.76	6.61	25.10	50.48	11.25	90.62	0.32	10.03	1.94	18.52	58.99

Tabla N° 6: Tabla de resultados metalúrgicos

ITEM	BLENDING				MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO DE ZINC		Recuperación Zn	MINERAL DE CABEZA	CONCENTRADO DE COBRE			Recuperación Cu
	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)	% Zn	% Fe	% Zn	% Fe		% Cu	% Zn	% Pb	%Cu	
49	0.00	1146.71	0.00	2866.77	6.59	25.65	49.30	12.09	92.42	0.37	8.55	1.85	19.08	58.93
50	233.64	467.28	233.64	1051.38	5.71	28.02	49.79	11.45	87.79	0.27	23.43	1.65	17	43.89
51	277.79	0.00	555.58	1666.73	6.06	27.06	51.32	11.63	92.55	0.2	6.87	2.32	17.43	46.67
52	0.00	238.68	0.00	3616.32	4.60	24.10	48.56	12.74	88.49	0.28	13.48	0.82	17.75	49.37
53	0.00	0.00	0.00	992.91	4.44	27.36	46.34	14.35	85.20	0.26	8.3	0.71	18.96	65.87
54	0.00	0.00	390.44	1561.74	6.67	22.40	47.95	11.94	91.81	0.34	16.28	0.74	16.21	49.81
55	0.00	0.00	0.00	1644.34	6.54	23.8	46.71	13.6	88.03	0.31	11.55	1.02	18.58	64.33
56	0.00	308.95	0.00	3707.44	7.63	23.00	46.95	14.54	89.74	0.23	8.41	2.08	17.07	52.6
57	0.00	258.36	0.00	3358.64	6.71	23.12	43.86	17.56	93.00	0.27	11.05	1.15	20.01	46.96
58	0.00	0.00	0.00	1166.93	5.32	20.97	50.61	11.39	93.52	0.31	5.75	2.42	24.39	64.37
59	244.18	244.18	0.00	3296.50	5.09	18.84	51.15	11.43	93.55	0.32	7.65	0.36	23.63	69.21
60	247.68	0.00	0.00	1857.62	5.06	19.85	50.49	12.97	89.58	0.33	12.97	0.45	23.13	72.31
61	757.67	0.00	0.00	757.67	5.57	20.21	49.14	10.65	91.97	0.44	15.32	0.96	20.55	37.19
62	299.55	599.09	0.00	1797.28	4.66	22.28	47.06	14.87	88.78	0.39	11.52	2.06	19.36	70.64
63	1423.20	0.00	0.00	1423.20	6.03	22.83	53.29	10.18	88.15	0.53	12.98	0.18	23.56	72.08

Tabla N° 7: Resultados obtenidos con el blending solo de la zona de estudio

ITEM	BLENDING				MINERAL DE CABEZA		CONCENTRADO DE ZINC		Recuperación
	ZONA 1 (TMD)	ZONA 2 (TMD)	ZONA 3 (TMD)	ZONA DE ESTUDIO (TMD)	% Zn	% Fe	% Zn	% Fe	
1	517.08	258.54	0.00	3102.47	8.17	17.32	51.19	9.69	93.96
2	611.79	305.89	0.00	3058.94	8.59	22.1	50.98	11.15	94.38
2	0.00	0.00	0.00	1961.46	6.28	23.55	47.31	14.94	93.84

Tabla N° 8: Tendencia de la zona de estudio del tratamiento zinc – plomo

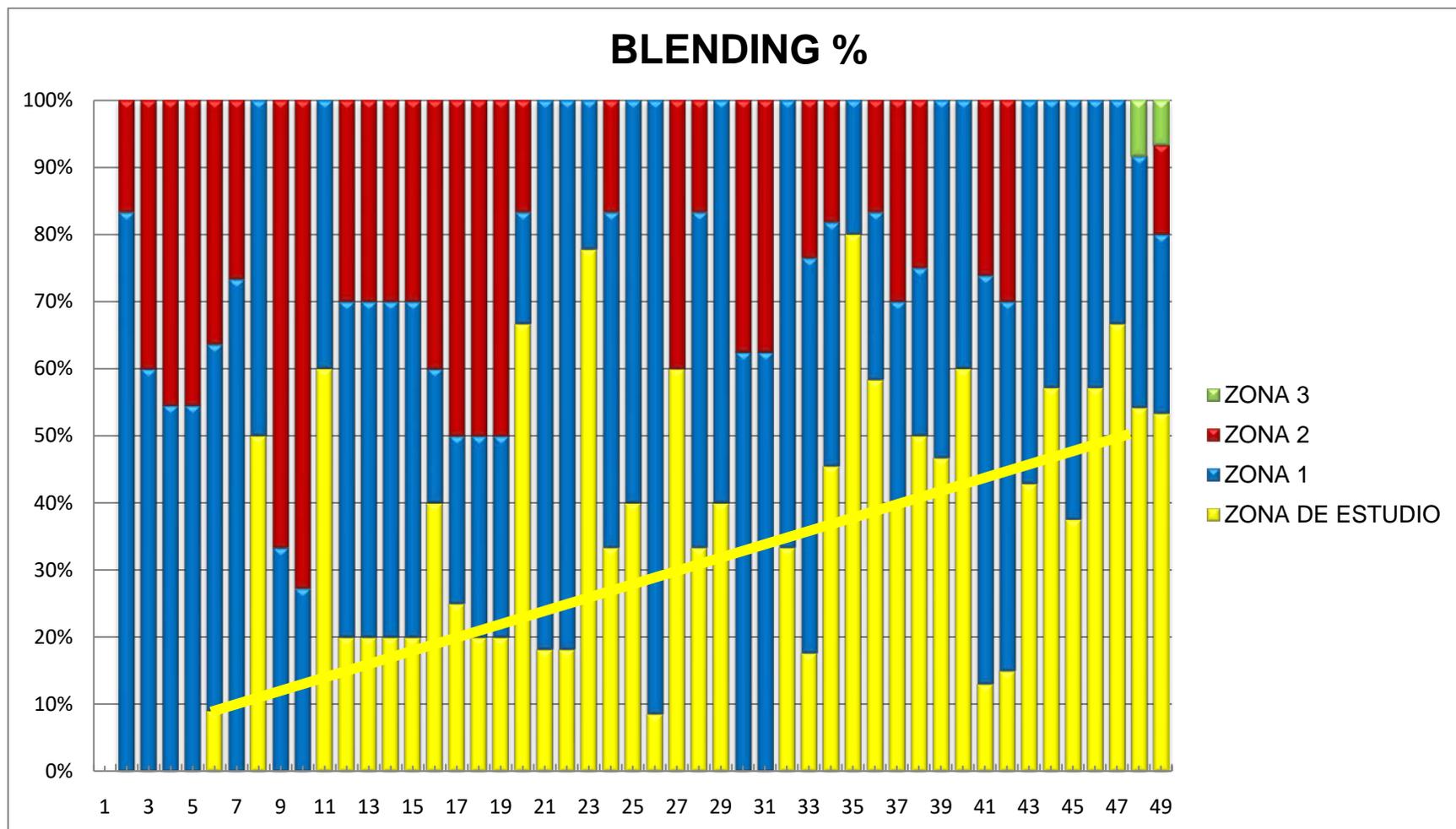
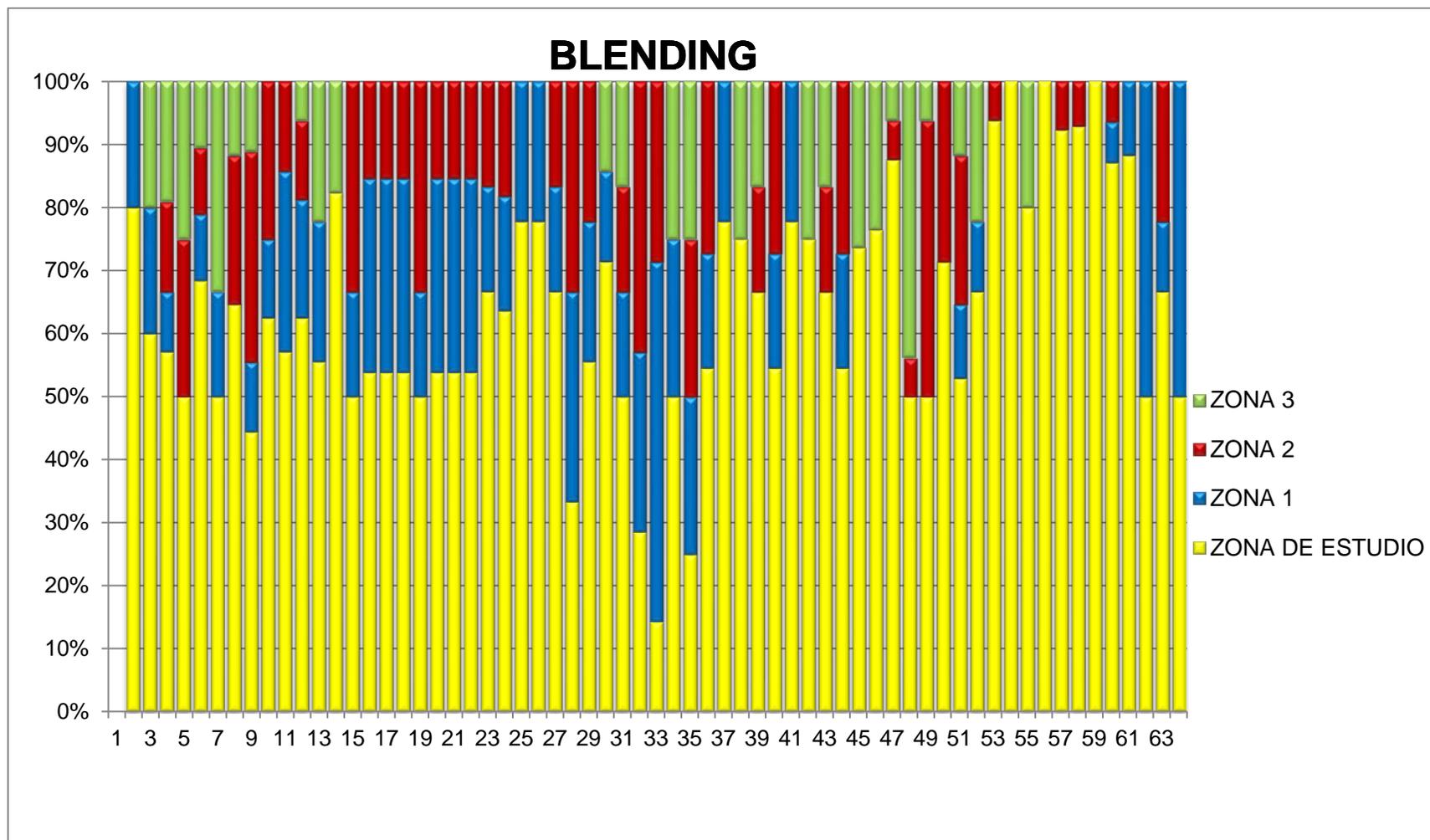
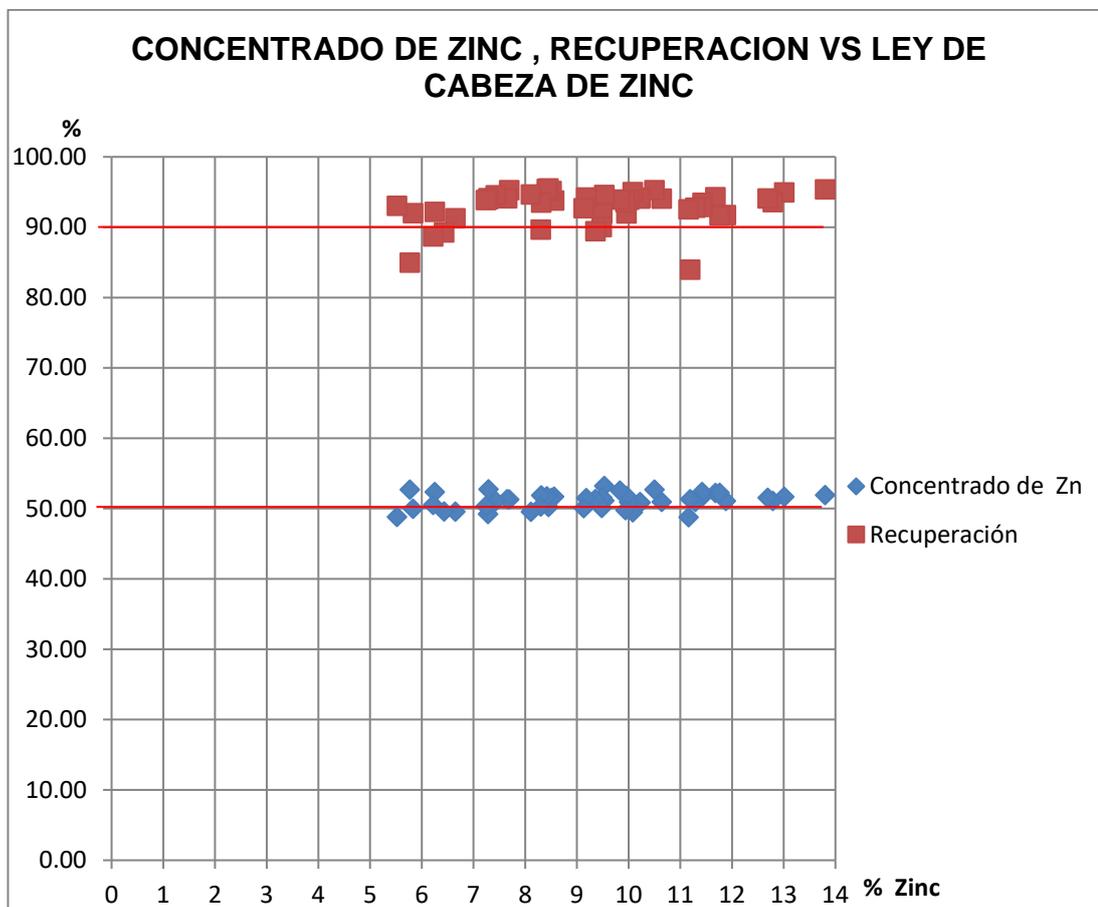


Tabla N° 9: Tendencia del tratamiento zinc y cobre



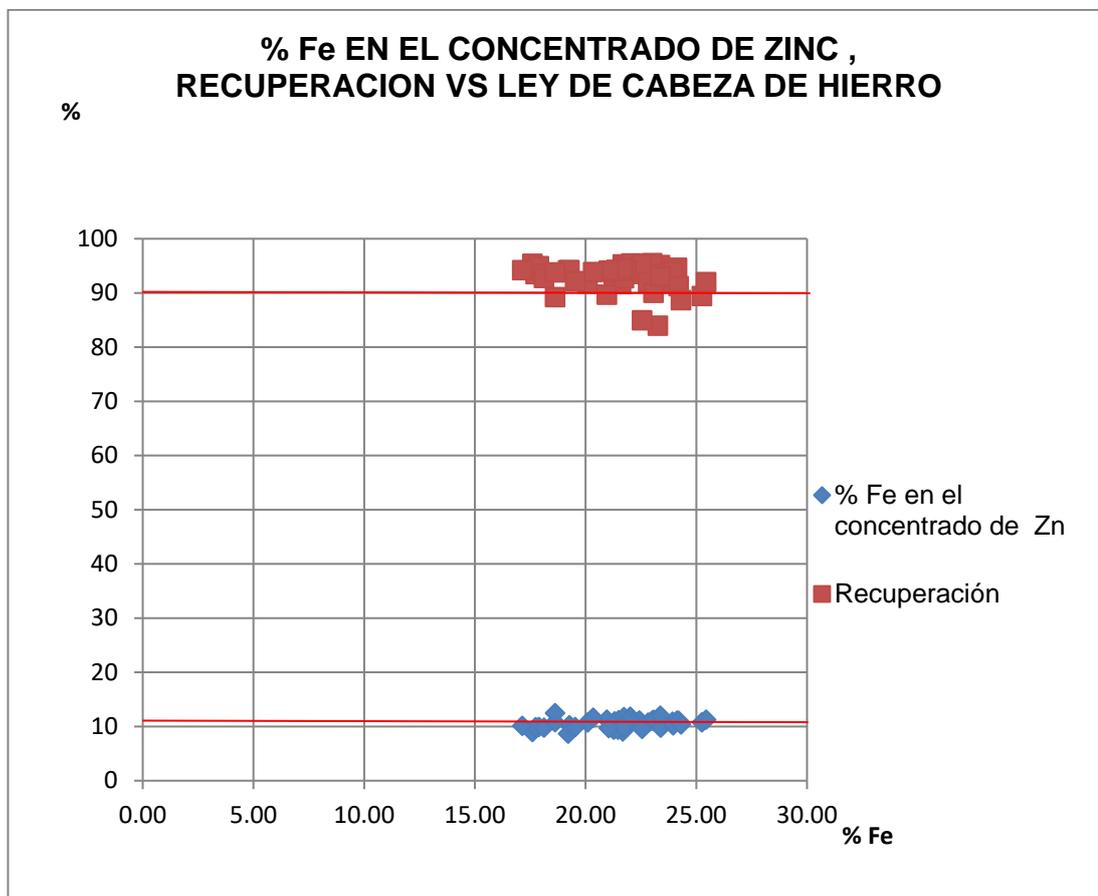
Se ha recolectado datos de los 6 primeros meses del año, esta información cuenta con resultados metalúrgicos, cantidades (en toneladas) que aportan las distintas zonas del Distrito Minero, que se muestran en las Tabla del 2 al 7, ordenado en forma cronológica, que permite observar el comportamiento que ha tenido la zona de estudio en relación al tratamiento de la planta concentradora. El incremento del aporte en el blending de la zona de estudio (ver tabla 8 y 9) generó un vuelco en la planificación que inicialmente tenía la planta concentradora, puesto que las pruebas iniciales no consideraron esta mayor participación. Se han realizado tratamientos en campañas distintas, los datos correspondientes a los concentrados de zinc - plomo se observan en las figuras 2,3 y en las figuras 4, 5, y 6 son concentrados zinc y cobre. La figura 7 corresponde a pruebas que se hicieron inicialmente a nivel laboratorio y luego a escala industrial con material en su mayoría de la zona de estudio.

A continuación se va analizar el comportamiento del zinc y el hierro en los concentrados de zinc obtenidos en la planta metalúrgica.

Tabla N° 10: Comportamiento del zinc correspondiente al tratamiento zinc – plomo

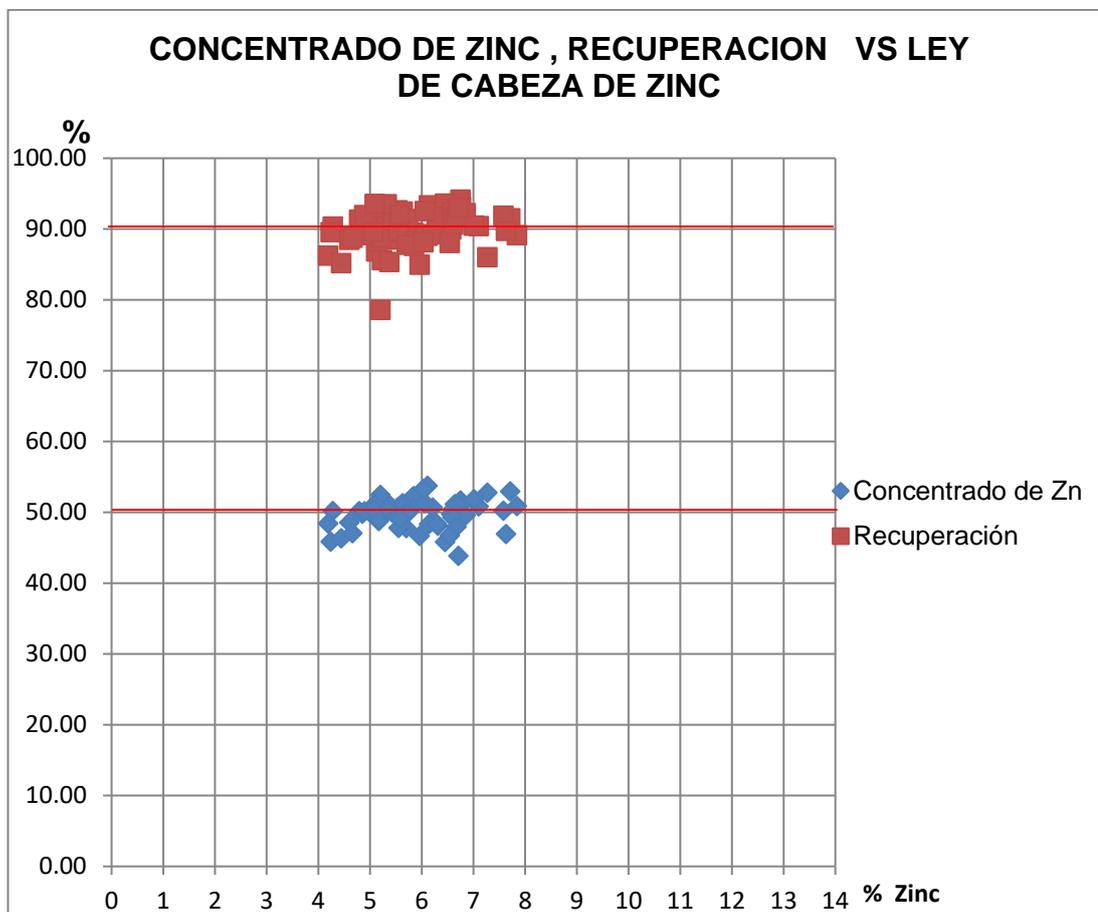
Se observa la nube de datos que corresponden al concentrado de zinc (ver tabla 10), el promedio supera el 50 % (ver línea roja inferior en la tabla 10), y la recuperación en promedio se encuentra encima del 90% (ver línea roja superior en la tabla 10), estos resultados obtenidos es debido al tipo de blending empleado para el tratamiento de zinc – plomo, donde el aporte de la zona de estudio fue menor al 50 % del blending utilizado. La recuperación y la calidad del concentrado dependen de la ley de cabeza de zinc (% Zn), esta afirmación en cierta medida es verdadera, si se observa la tabla 10 en el intervalo de 13 a 14 se obtienen los mejores resultados metalúrgicos, mientras que en el intervalo de 5 a 6 los resultados están por debajo de lo esperado, pero analizando en conjunto a diferentes leyes de cabeza de zinc se obtienen buenos resultados metalúrgicos. Es evidente que el tratamiento metalúrgico depende de las propiedades físico químicas de los minerales.

Tabla N° 11: Comportamiento del hierro en el tratamiento de zinc – plomo.



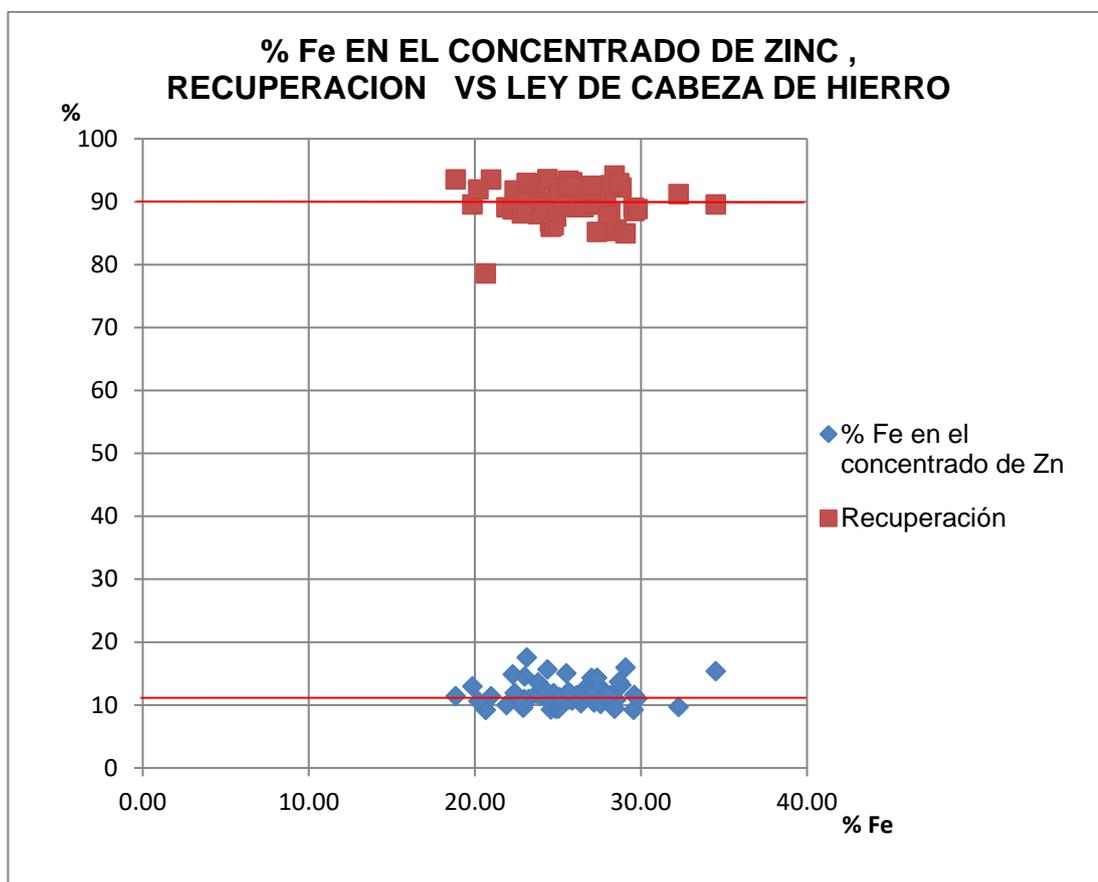
El hierro en el concentrado de zinc es un elemento determinante en la comercialización, puesto que valores altos (generalmente por encima de 9 %) son penalizados, debido a la gran abundancia de hierro en la zona de estudio se consideran valores aceptables menores a 11 %. De la tabla 11 se observa que existe una relación inversamente proporcional entre el % Fe en el concentrado de zinc y la recuperación del concentrado de zinc, esto quiere decir que para valores menores a 11 % (ver línea inferior roja en la tabla 11) se obtiene mejor recuperación, y para valores mayores a 11 % se obtiene una recuperación menor al 90 %. Analizando la ley de cabeza del hierro (% Fe), se debería pensar que a mayor ley de cabeza de hierro también debería incrementarse el porcentaje el % Fe en el concentrado de zinc, en la tabla 11 se observa que esto no es una tendencia, debido a las propiedades de los minerales de hierro presentes en el proceso metalúrgico.

Tabla N° 12: Comportamiento del zinc en el tratamiento zinc – cobre



Los resultados que se observan en la tabla 12 han sido analizados teniendo en cuenta el aporte de 63.98 % de mineral que corresponde a la zona de estudio. Si se observa las leyes entre 4 y 5 % existen valores con buena recuperación y calidad, entre las leyes 7 y 8 % existen valores con grados de concentrados por debajo de 50 % y recuperaciones menores a 90 %, es notorio el contraste de resultados, esto indica que existen otros factores que influyen en el proceso metalúrgico que no permiten homogenizar los resultados.

Tabla N° 13: Comportamiento del hierro en el tratamiento zinc – cobre



Los resultados observados en la tabla 13, también fueron analizados con el 63.98 % de mineral que aportó el yacimiento de la zona de trabajo. Las leyes de hierro en el concentrado de zinc menores a 25% muestran un comportamiento errático con buenos y malos resultados metalúrgicos.

Es claro que existen otros factores que influyen en el tratamiento metalúrgico, el análisis que se ha efectuado indica tendencias pero no conlleva a la solución directa del problema.

CAPITULO VI

ANALISIS GEOESTADISTICO

En el presente informe se utilizó esta herramienta para analizar el comportamiento de los elementos químicos presentes en el yacimiento, se va analizar al zinc (la Unidad Minera comercializa concentrado de zinc), el hierro es un elemento muy abundante y el contaminante principal en los concentrados resultantes, debido a la coyuntura internacional y al incremento de la abundancia relativa del cobre en la zona de estudio, es de interés analizar su comportamiento. Se hicieron análisis geoestadísticos de 4 niveles de producción de la mina.

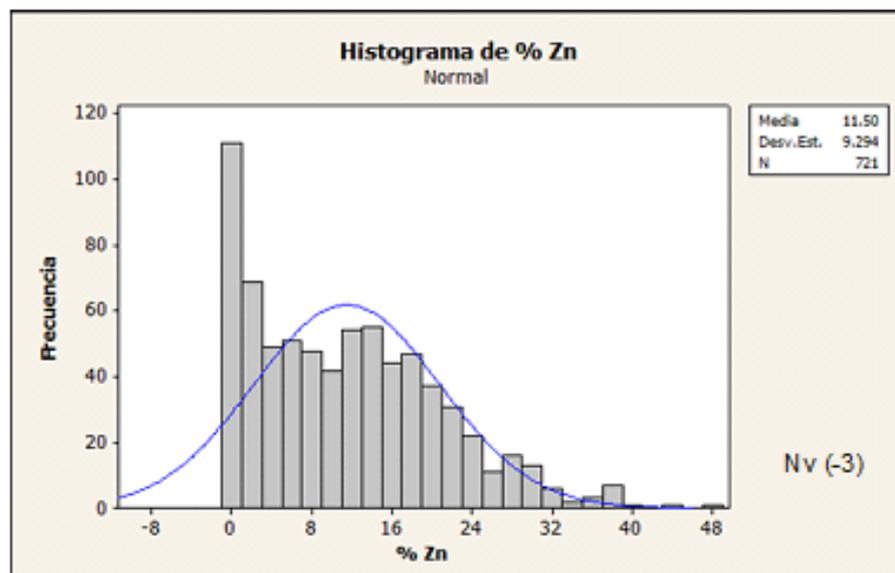
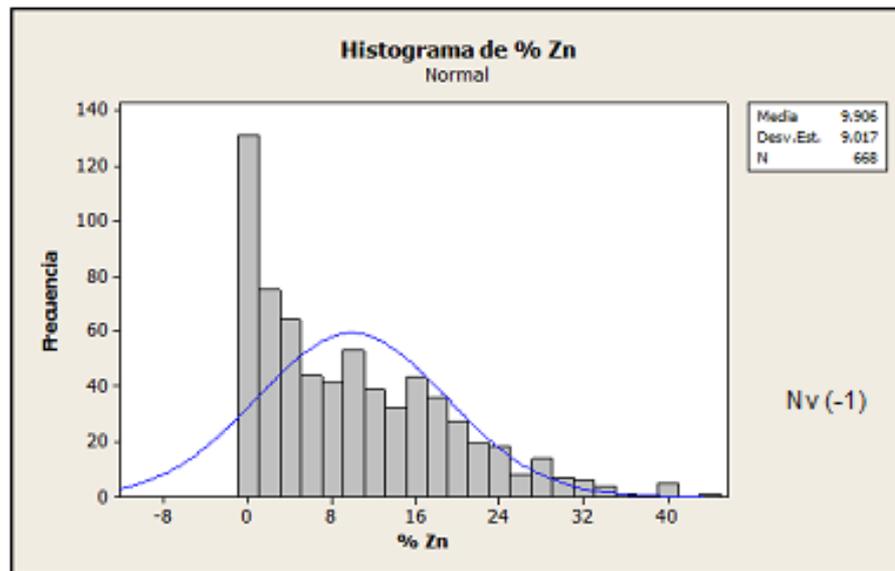
6.1 Análisis de Frecuencias

Para el análisis de frecuencia se ha considerado denominar a los nivel como: Nivel Nv. (-1), Nivel Nv (-2), Nivel Nv (-3), Nivel Nv (-5), se está utilizando información de canales de muestreo de estos niveles. La configuración y el desarrollo del análisis se detalla seguidamente.

6.1.1 Análisis Estadístico del Zinc

Se ha realizado el análisis tomando 668 leyes de zinc del nivel (-1); 609 leyes de zinc del nivel (-2); 721 leyes de zinc del nivel (3); y 741 leyes de zinc que corresponden al nivel (-5). Todas las leyes de zinc están expresadas en porcentaje (% Zn).

Tabla N° 14: Frecuencia del zinc



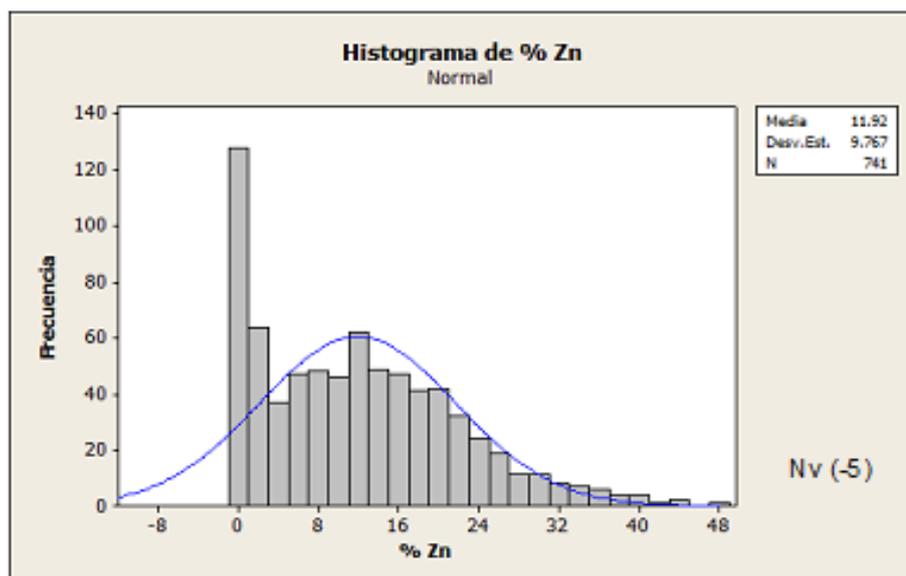
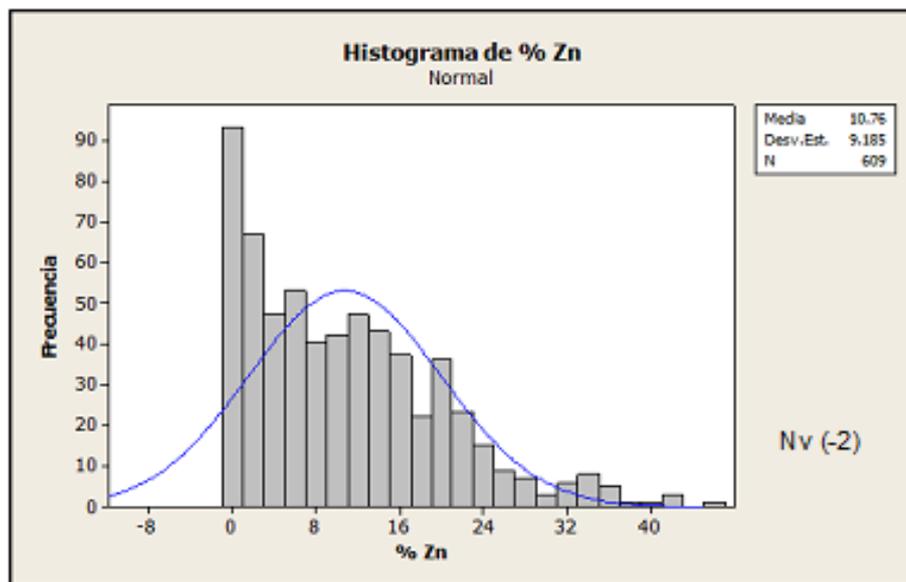


Tabla N° 15: Parámetros estadísticos del zinc

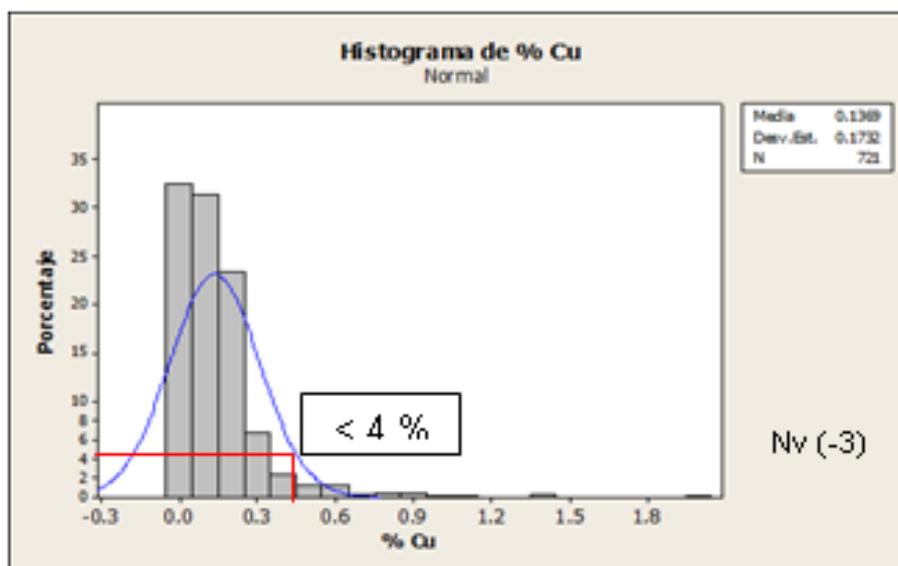
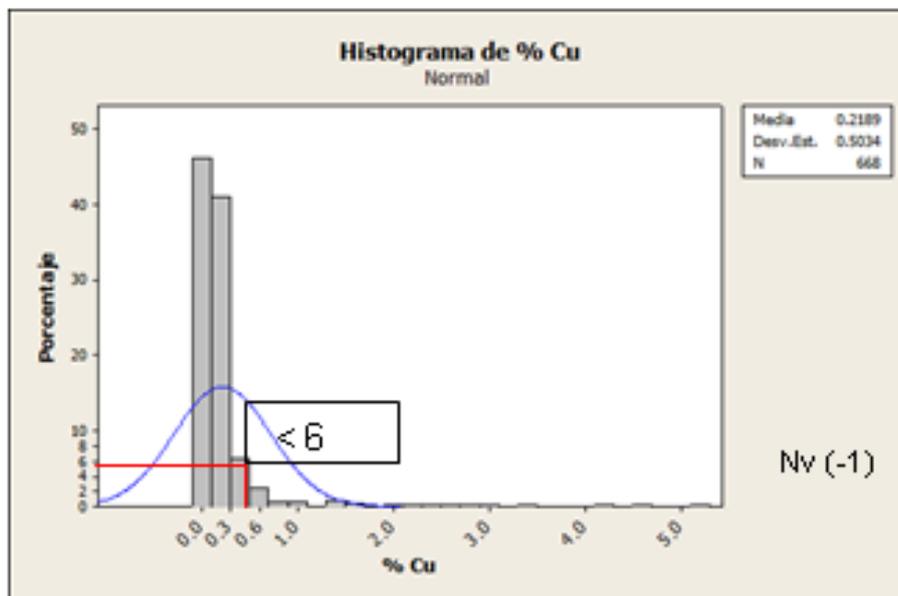
% Zn													
Nivel	Media	DvsEst	Varianza	CoefVar	Q1	Mediana1	Q3	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo	Kurtosis	Total de muestra
Nv (-1)	9.91	9.02	81.30	91.03	1.60	8.08	15.88	0.00	44.10	44.10	0.94	0.36	668
Nv (-2)	10.76	9.19	84.37	85.33	2.39	9.27	16.18	0.03	46.79	46.76	0.94	0.60	609
Nv (-3)	11.50	9.29	86.38	80.84	2.93	10.74	18.03	0.03	48.22	48.19	0.73	0.07	721
Nv (-5)	11.92	9.77	95.39	81.96	2.75	11.00	18.13	0.00	47.74	47.74	0.74	0.09	741

Analizando los histogramas del zinc (ver. Tabla 14), se puede observar que presentan un comportamiento similar en los cuatro niveles con una tendencia marcada hacia la simetría o a una distribución normal, donde la media y la mediana tienen valores semejantes (ver tabla 15), esto podría indicar un comportamiento similar a profundidad en el yacimiento, existe una población de datos que se puede interpretar también como otro evento geológico.

6.1.2 Análisis Estadístico del Cobre

Para el análisis se ha tomado 668 leyes de cobre del nivel (-1), 609 leyes de cobre del nivel (-2), 721 leyes de cobre del nivel (3), y 741 leyes de cobre que corresponden al nivel (-5). Todas las leyes de cobre están expresadas en porcentaje (% Cu).

Tabla N° 16: Frecuencia del cobre



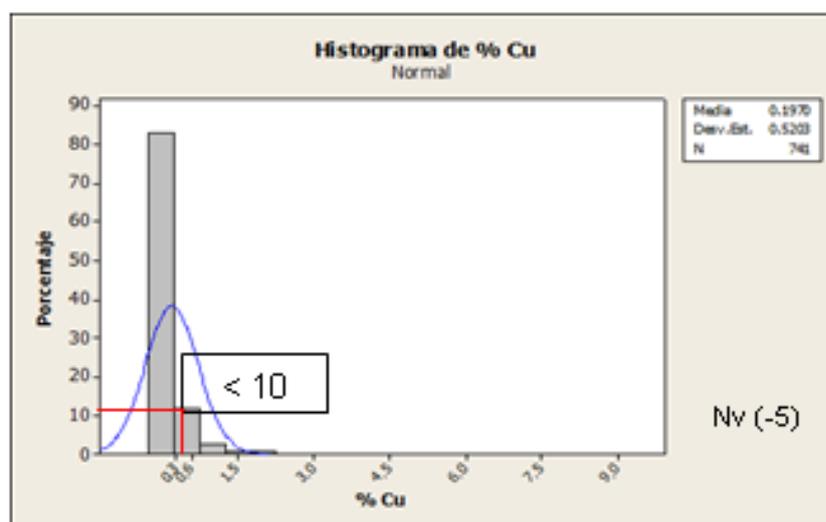
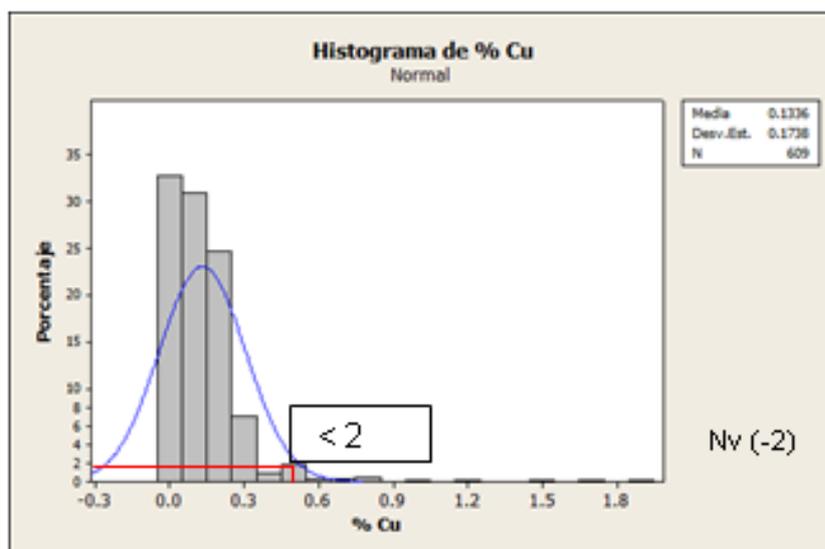


Tabla N° 17: Parámetros estadísticos del cobre

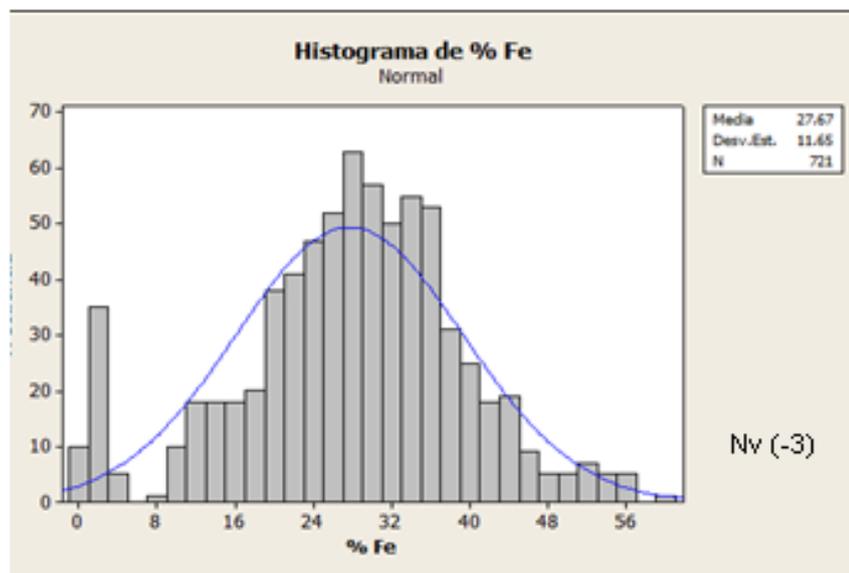
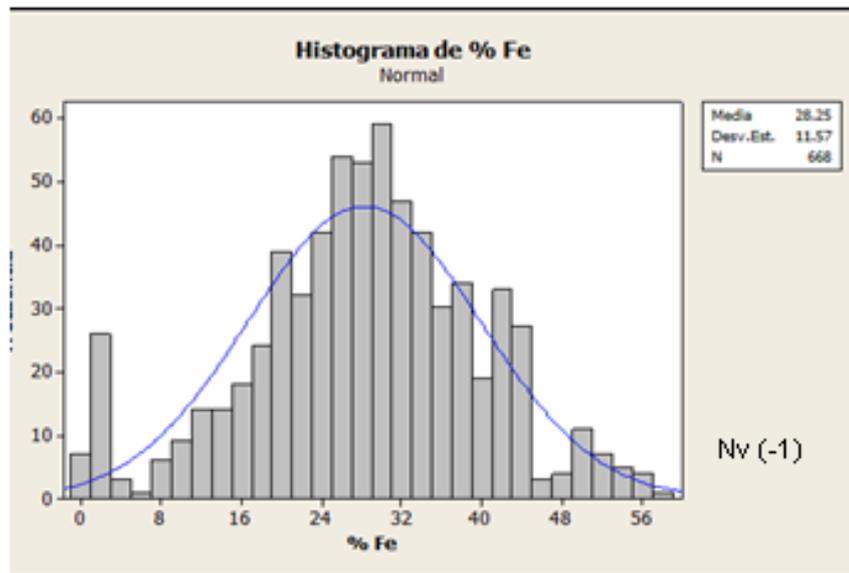
% Cu													
Nivel	Media	DvsEst	Varianza	CoefVar	Q1	Mediana1	Q3	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo	Kurtosis	Total de muestra
Nv (-1)	0.22	0.50	0.25	229.93	0.04	0.11	0.20	0.00	5.29	5.29	6.35	47.29	668
Nv (-2)	0.13	0.17	0.03	130.04	0.03	0.10	0.18	0.00	1.94	1.94	5.07	39.50	609
Nv (-3)	0.14	0.17	0.03	126.49	0.03	0.10	0.19	0.00	2.02	2.02	4.23	29.90	721
Nv (-5)	0.20	0.52	0.27	264.17	0.03	0.09	0.18	0.00	9.71	9.71	11.47	177.53	741

Las leyes de cabeza tratadas en la Unidad Minera están entre 6 – 8 % de zinc, y el cobre entre 0.3 – 0.6 %. En la tabla 16 se observa que en el Nv (-1) el rango es mayor a 6 % de la población de datos pero presenta una desviación estándar mayor con respecto a los niveles Nv (-2) y Nv (-3) (ver tabla 17). Analizando el Nv (-2) se observa que leyes de cobre entre 0.3 - 0.6 son mayores al 2 % de la población de datos, para el Nivel Nv (-3), los valores de cobre comprendido en el rango de 0.3- 0.6 son mayores a 6 % de la población de datos. En el Nivel Nv (-5) los valores comprendidos en el intervalo de 0.3- 0.6 son mayores a 10 % de la población de datos; como se observa hay un incremento en la abundancia relativa del cobre a medida que se profundiza.

6.1.3 Análisis Estadístico del Hierro

Para realizar la siguiente interpretación se ha considerado las leyes de hierro de los niveles Nv (-1), Nv (-2), Nv (-3) y Nv (-5). Todas las leyes de hierro están expresadas en porcentaje (% Fe).

Tabla N° 18: Frecuencia del hierro



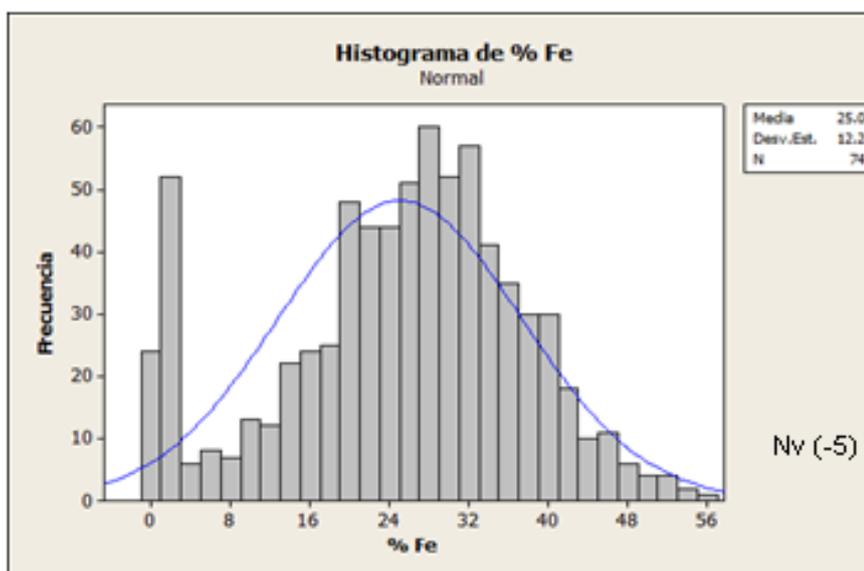
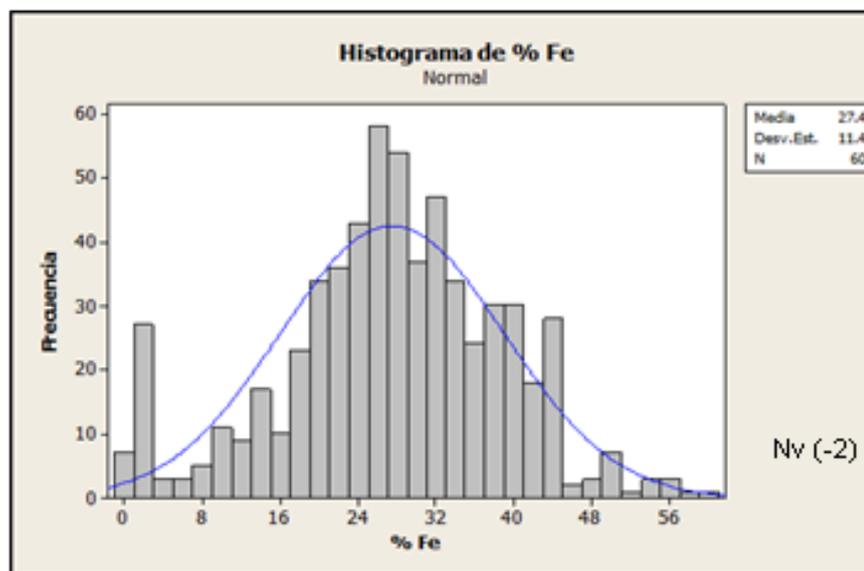


Tabla N° 19: Parámetros estadísticos del zinc

% Fe													
Nivel	Media	DvsEst	Varianza	CoefVar	Q1	Mediana1	Q3	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo	Kurtosis	Total de muestra
Nv (-1)	28.25	11.57	133.93	40.97	21.40	28.67	35.70	0.79	58.80	58.01	-0.24	0.13	668
Nv (-2)	27.46	11.43	130.72	41.63	21.19	27.47	34.88	0.91	59.50	58.59	-0.30	0.15	609
Nv (-3)	27.67	11.65	135.65	42.09	21.47	28.60	35.17	0.41	60.62	60.21	-0.32	0.24	721
Nv (-4)	25.04	12.28	150.78	49.04	18.37	26.72	33.29	0.00	56.20	56.20	-0.36	-0.34	741

El comportamiento de las leyes de hierro (ver tabla 18) es similar en los distintos niveles, presentando una distribución normal (simetría), y también una ligera tendencia a tres poblaciones de datos, siendo notable la población alojada en la parte izquierda, que podría corresponder a otro evento geológico.

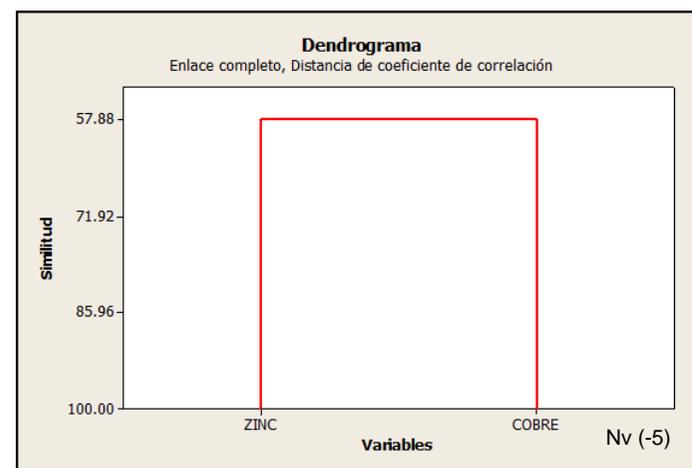
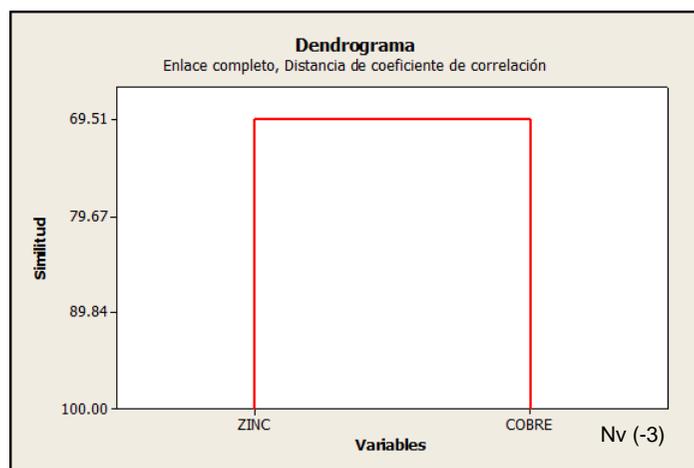
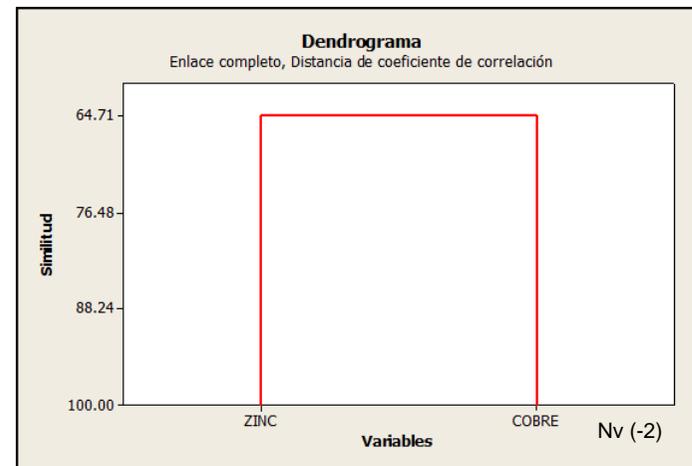
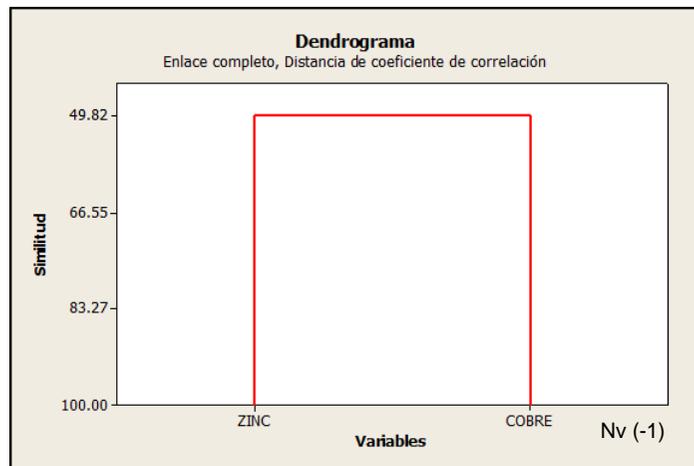
6.2 Análisis Multivariado

Para definir la real influencia de una variable se debe controlar la influencia de otras, o identificar las relaciones que exista entre ellas. Se ha desarrollado una serie de graficas de correlación (dendrogramas), donde se observa la relación existente entre los elementos en estudio. Se han desarrollado dendrogramas para el zinc-cobre, zinc-hierro, cobre-hierro, y zinc-cobre-hierro, utilizando información de los niveles Nv (-1), Nv (-2), Nv (-3) y Nv (-5), que a continuación se describe.

6.2.1 Análisis Zinc - Cobre

En la tabla 20 se observa una buena correlación, salvo en el Nv (-1) que está por debajo del 50 %. La buena correlación Zn-Cu indicaría que los dos elementos pertenecen a la misma especie mineral (calcopirita); o también podría sean de la misma secuencia paragenética de mineralización en el yacimiento.

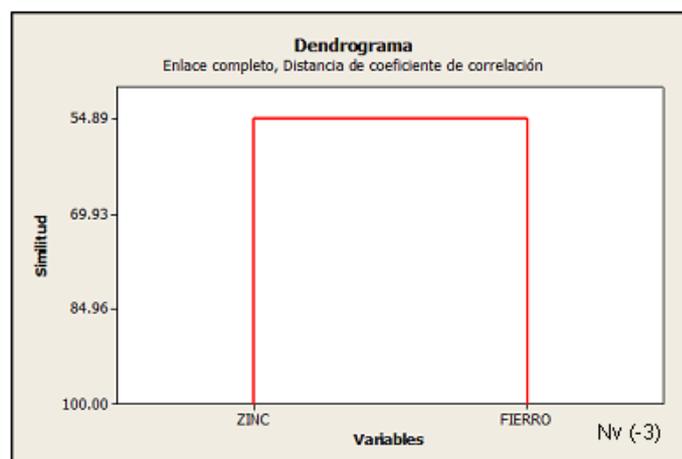
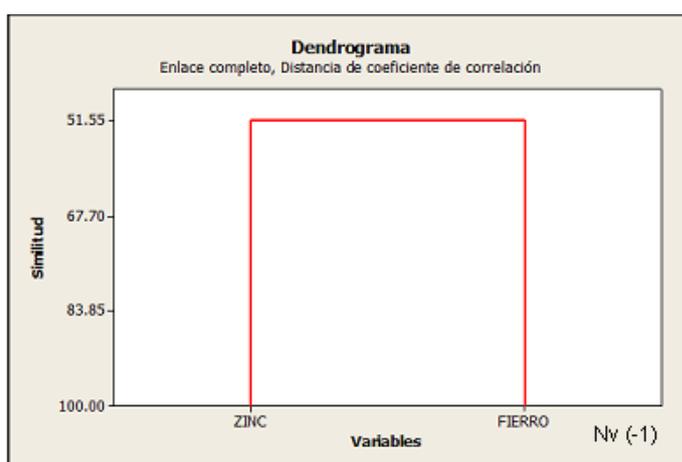
Tabla N° 20 Correlación zinc – cobre

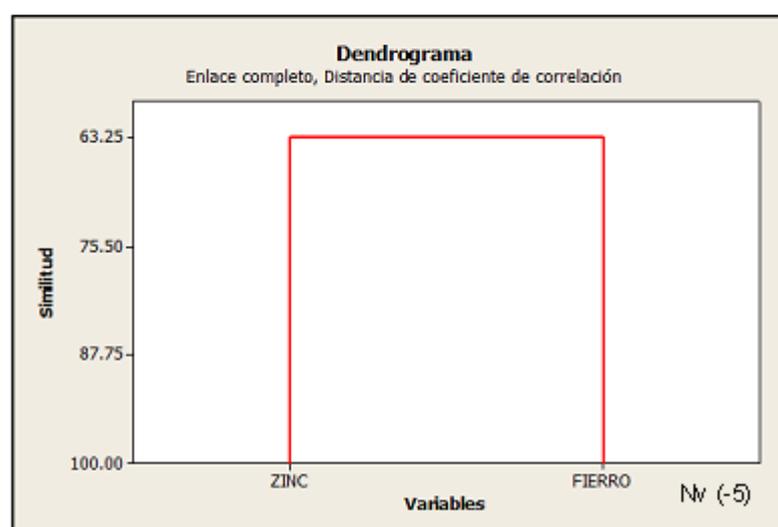
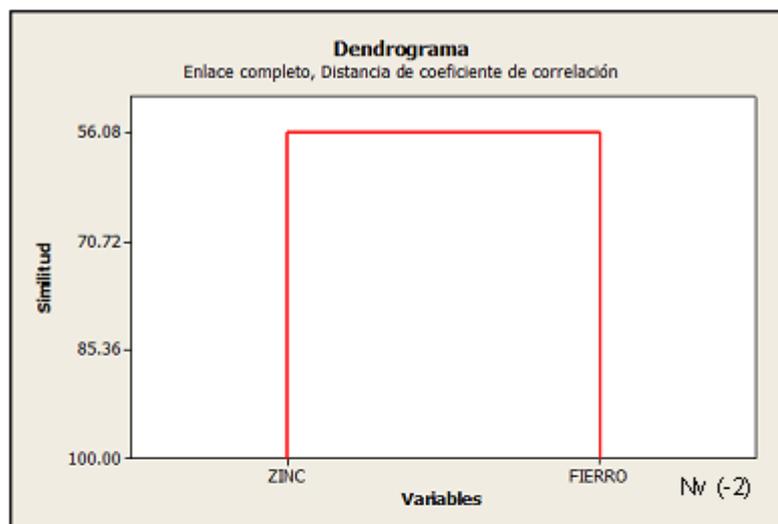


6.2.2 Análisis Zinc - Hierro

Se observa en la tabla 21 una mejor correlación entre el zinc-hierro que el zinc - cobre. La buena correlación indicaría que los dos elementos pertenecen a la misma especie mineral, o a la misma secuencia paragenética de mineralización del yacimiento. Se mencionó en el **capítulo III** al realizar la descripción mineralógica que la mena de zinc es la esfalerita ferrífera (marmatita) y que el contenido de hierro en la estructura cristalina es mayor a 10 %, los resultados obtenidos indicarían que la buena correlación entre el zinc y el hierro está asociado a la marmatita: La relación zinc – hierro es importante debido a que en los procesos metalúrgicos de flotación no se podría separar el hierro del zinc y en el proceso de blending se tiene que dosificar el aporte de la marmatita.

Tabla N° 21: Correlación zinc – hierro

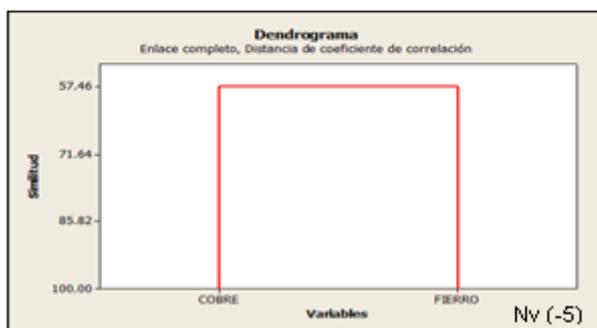
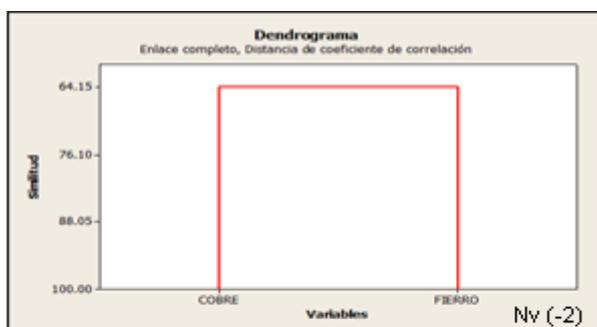
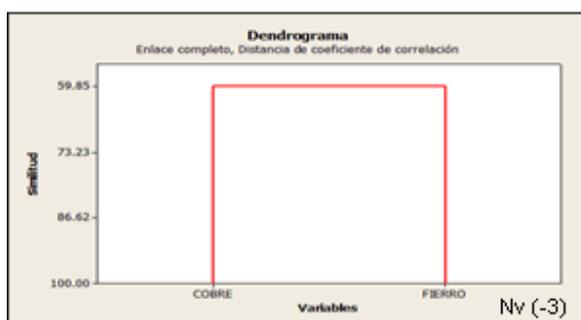
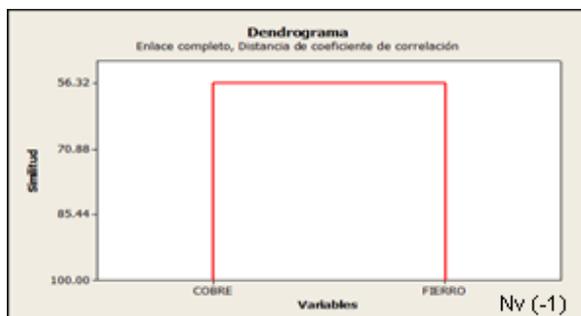




6.2.3 Análisis Cobre Hierro

En la tabla 22 se observa una buena correlación, indicaría que los dos elementos pertenecen a la misma especie mineral, o que sean de la misma secuencia paragenética de mineralización del yacimiento. Se mencionó en el **capítulo III** (mineralogía), que el mineral de cobre es la calcopirita y tiene aproximadamente 30% de Fe en su composición, los resultados obtenidos relacionan el cobre y el hierro a este mineral.

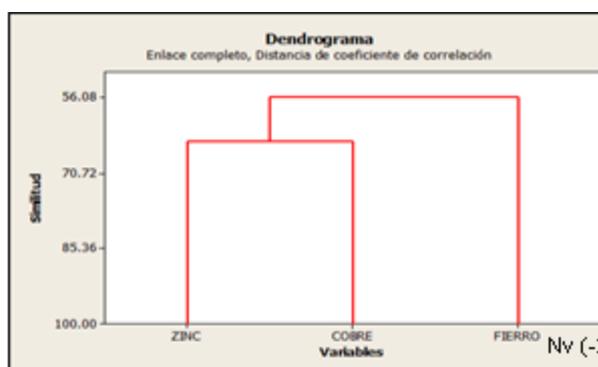
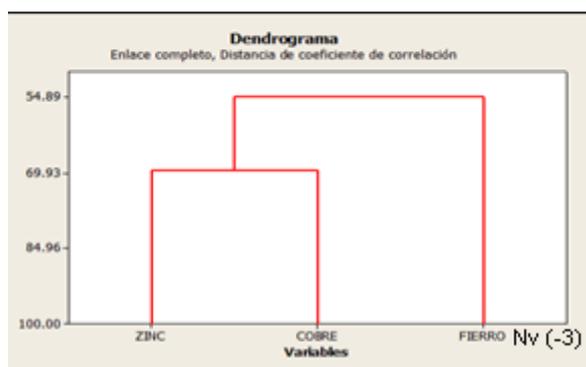
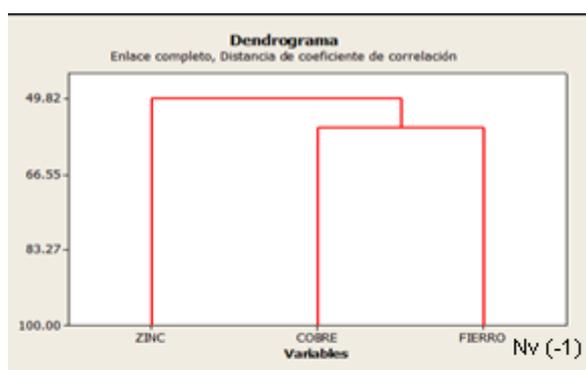
Tabla N° 22: Correlación cobre – hierro

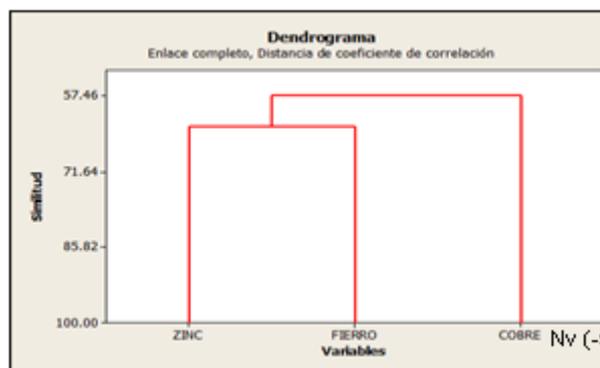


6.2.4 Análisis Zinc Cobre Hierro

Se observa de la tabla 23 una buena correlación entre los tres elementos, corroborando lo ya analizado anteriormente.

Tabla N° 23: Correlación zinc – cobre – hierro





6.3 Análisis Variográfico

Para realizar el análisis variográfico se debe considerar los siguientes criterios: el **rango** que es la distancia en el que el variograma se estabiliza, y el **sill** valor constante que toma el variograma en distancias mayores al rango (Ver figura 45).

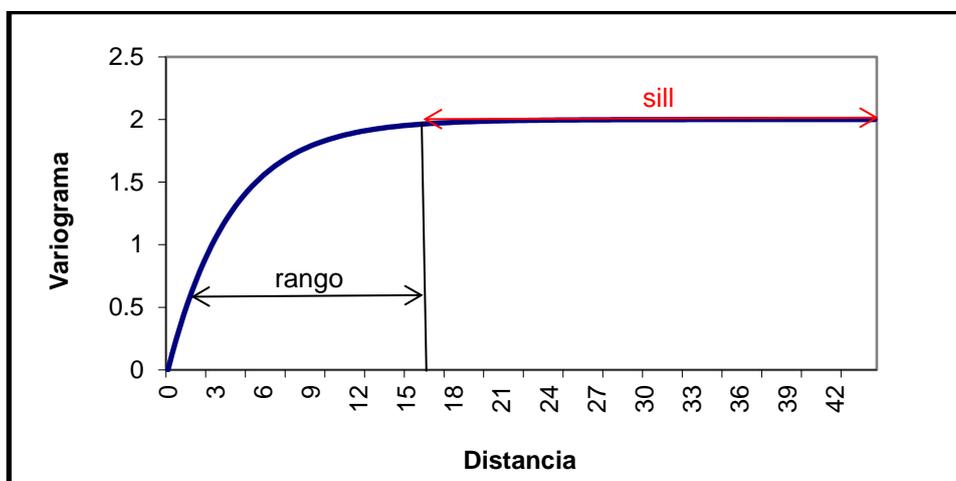


Figura N° 22: Ejemplo de un variograma experimental, con efecto de pepita en el origen.

Se han desarrollado variogramas con las muestras de canal de los niveles Nv (-1), Nv (-2), Nv (-3) y Nv (-5), para los elementos zinc, cobre y hierro.

6.3.1 Variograma de Zinc

Los semivariogramas de zinc presentan un efecto de pepita (ver figura 46) relacionado a zonas de enriquecimiento (altas concentraciones de zinc), la mineralización es continua, y la fluctuación alrededor del sill pueden estar indicando diferentes eventos de mineralización.

6.3.2 Variograma de Cobre

En la figura 47 se observa que el cobre no tiene continuidad, debido a que podría estar relacionado a diferentes estructuras. En el Nv (-1) el variograma presenta un efecto de agujero (hueco), debido a la alternancia de leyes altas con leyes bajas.

6.3.3 Variograma de Hierro

En la figuras 48 se observa que el hierro presentan una configuración experimental similar al modelo esférico, también se observa una continuidad en la mineralización. En el Nv (-3) el variograma del hierro presenta un efecto de agujero (hueco) que podría estar relacionado a la alternancia de leyes altas y bajas (diferentes eventos de mineralización).

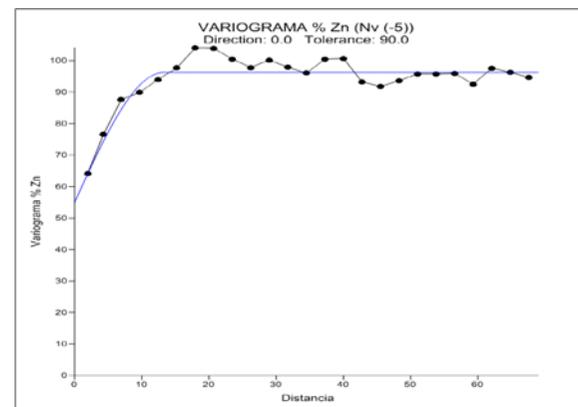
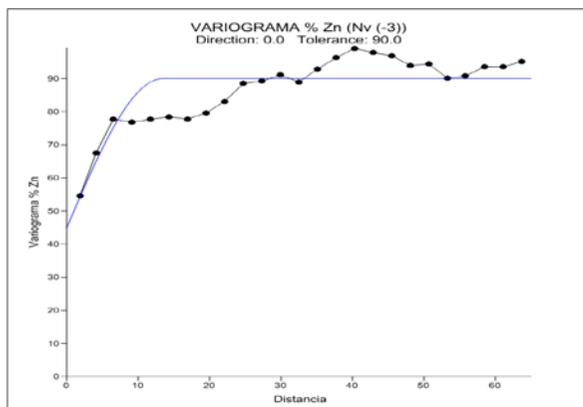
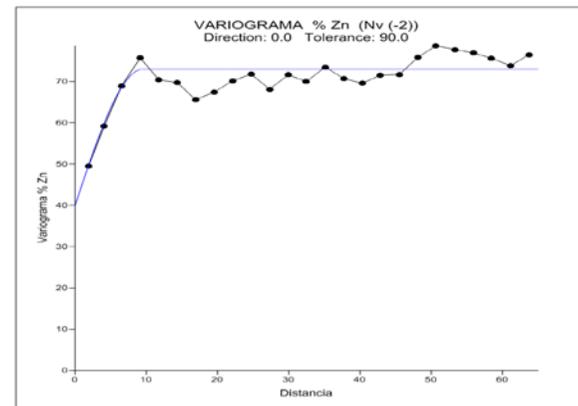
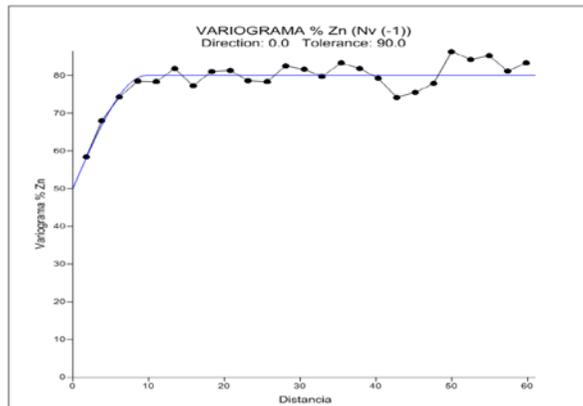
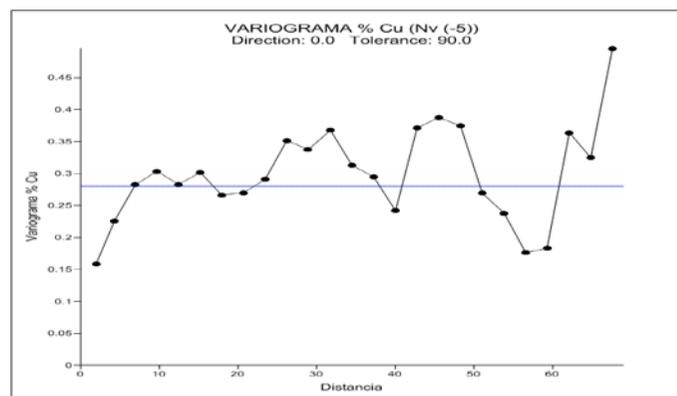
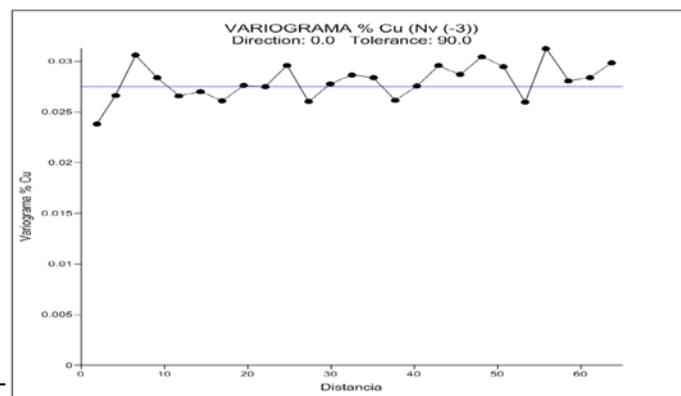
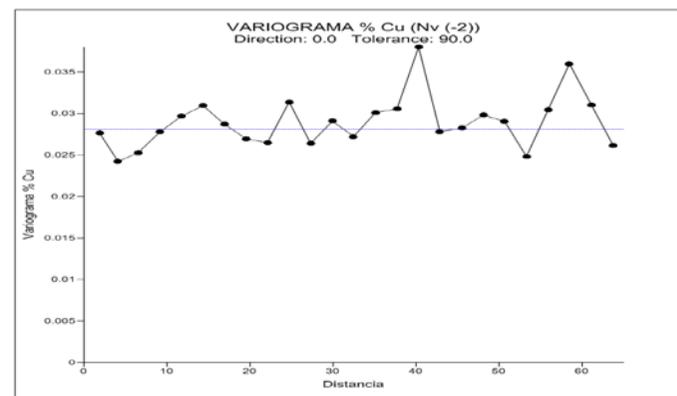
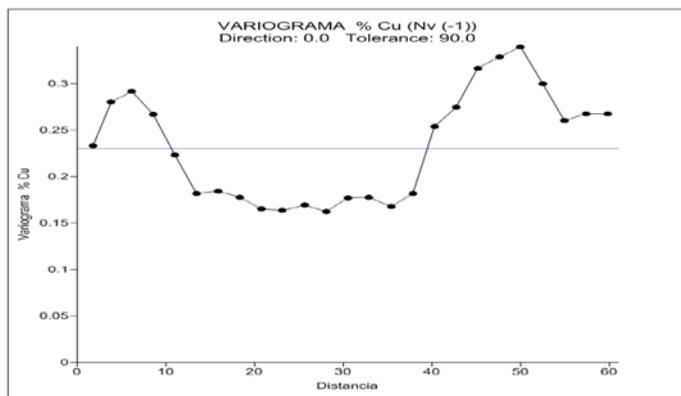


Figura N° 23: Variograma del zinc.



T
Figura N° 24: Variograma de cobre.

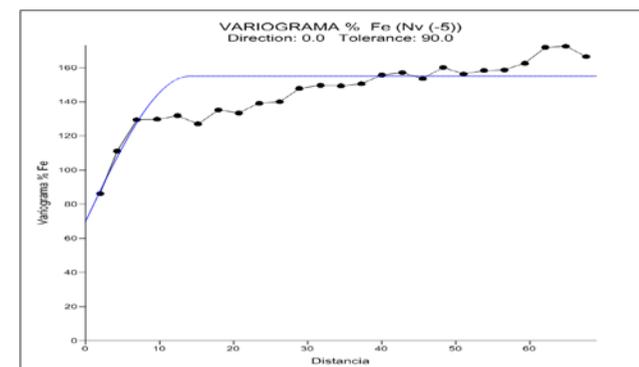
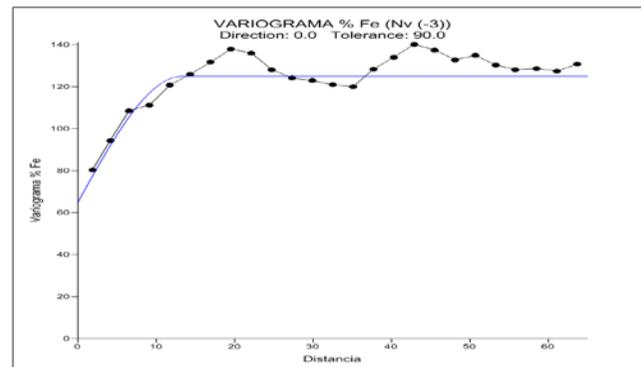
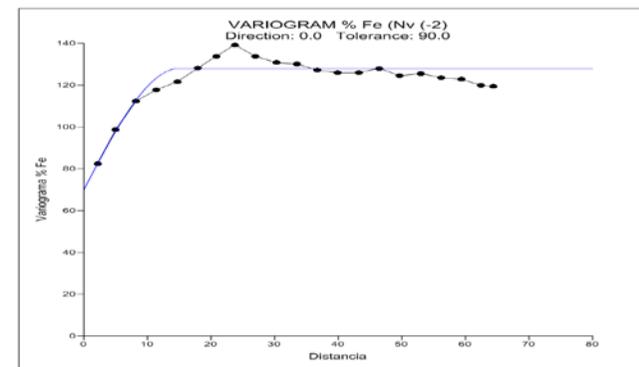
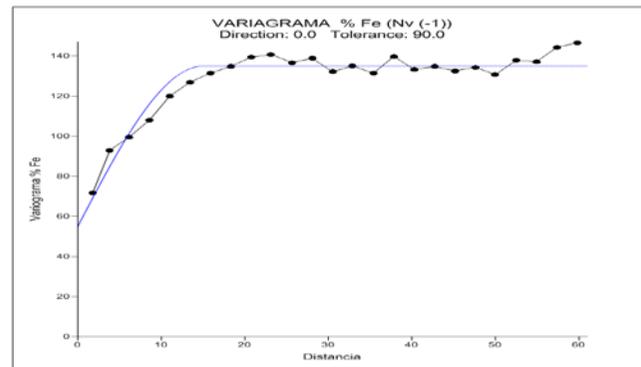


Figura N° 25: Variograma del hierro.

CAPITULO V II

ANALISIS CUALITATIVO

En los capítulos V y VI se analizó los elementos químicos zinc, cobre y hierro, en este capítulo se analiza las especies minerales y su influencia en los procesos metalúrgicos.

7.1 Descripción Mineralógica de Concentrados

En la Unidad Minera, la zona de estudio representa alrededor del 60 % de la producción, por lo tanto la mineralogía de la zona de estudio, tiene gran repercusión en la producción. Se presenta en la figura 43 uno de los resultados con menor recuperación obtenida en el año, las leyes de cabeza fueron, 6.71 % de Zn, 0.27% de Cu, y 17.56% de Fe. Para el blending el aporte de la zona de estudio fue de 92.86 %.

Tabla N° 24: Ejemplo de resultados metalúrgicos

MUESTRA	% Zn	% Pb	% Cu	Ag Oz/TM	Fe%
Conc. Zn	42.8	0.08	0.75	0.6	19.07

Se observa que el concentrado de zinc tiene un grado de 42.8 %, resultado muy por debajo de los resultados que se esperaban en la Unidad Minera, también resalta el alto porcentaje de hierro en el concentrado teniendo inicialmente una cabeza de 17.56 % Fe, que está por

debajo del promedio del yacimiento, es evidente que la especie mineral que se ha tratado ha influenciado en los resultados.

Se envió la muestra de concentrado a un consultor que realizó estudios de microscopía con luz reflejada, obteniendo los siguientes resultados.

Los minerales metálicos observados son: calcopirita, esfalerita, galena, magnetita, sulfuros secundarios de cobre, pirrotita y pirita.

La **calcopirita** es bastante escasa; se presenta en parte como partículas libres y en parte asociada a la **esfalerita, pirrotita** y/o con gangas; muy ocasionalmente se presenta como finas diseminaciones dentro de **esfalerita**, esto indicaría una relación paragenética entre la esfalerita, la calcopirita y la pirrotita.

La **esfalerita**, es muy abundante; generalmente corresponde al tipo libre de diseminaciones de calcopirita; sin embargo, muchos granos poseen abundantes diseminaciones de **pirrotita** (de variadas formas y tamaños, pero predominan los tamaños (menor a 10 micras). Aunque se presenta generalmente libre, se observa ocurrencia de numerosos y variados amarres (especialmente con gangas y/o con **pirrotita**, y en mucha menor proporción con **calcopirita, pirita, galena** (es muy escasa) o **magnetita**). La **magnetita** es extremadamente escasa; suele ocurrir como relictos dentro de **esfalerita**, y generalmente rodeada por **sulfuros secundarios de cobre**. La **pirrotita** es moderadamente abundante; la mayor parte ocurre como partículas libres; el resto se presenta asociada con **esfalerita** y/o con gangas, en intercrecimientos simples o como finas diseminaciones dentro de la esfalerita. La **pirita** es algo escasa y suele ocurrir como partículas libres, o bien formando amarres con **esfalerita**.

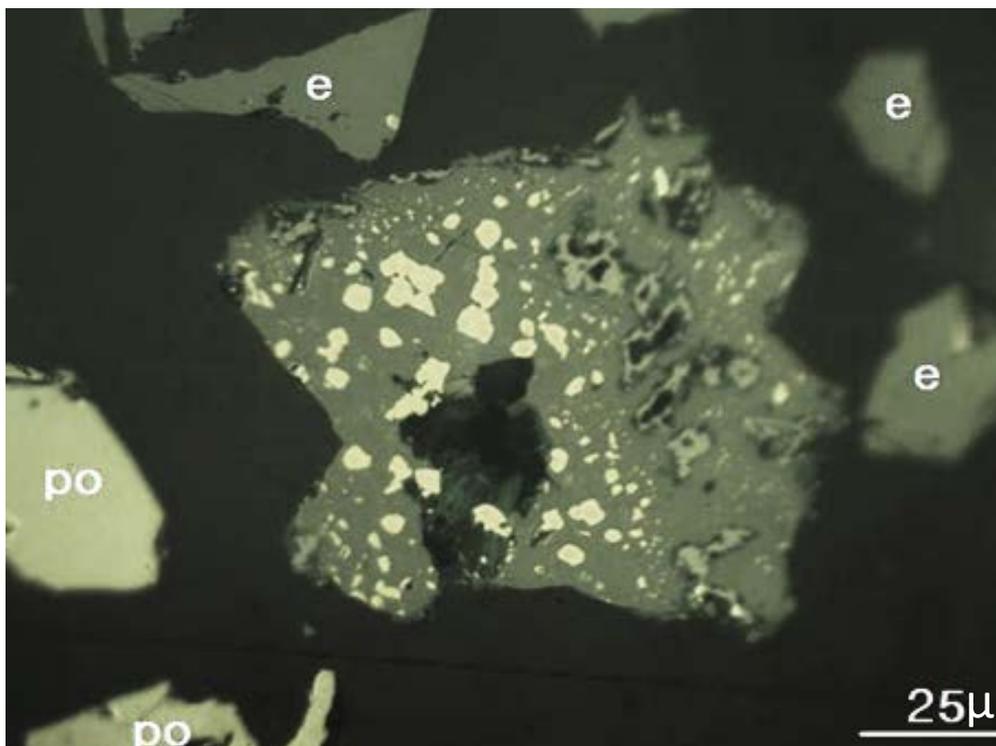


Figura N°26: Esfalerita (e) y pirrotita (po), como partículas libres. En la parte central una extensa partícula mixta compuesta de: esfalerita con finas disseminaciones de pirrotita y relictos de magnetita (color gris claro con relieve).

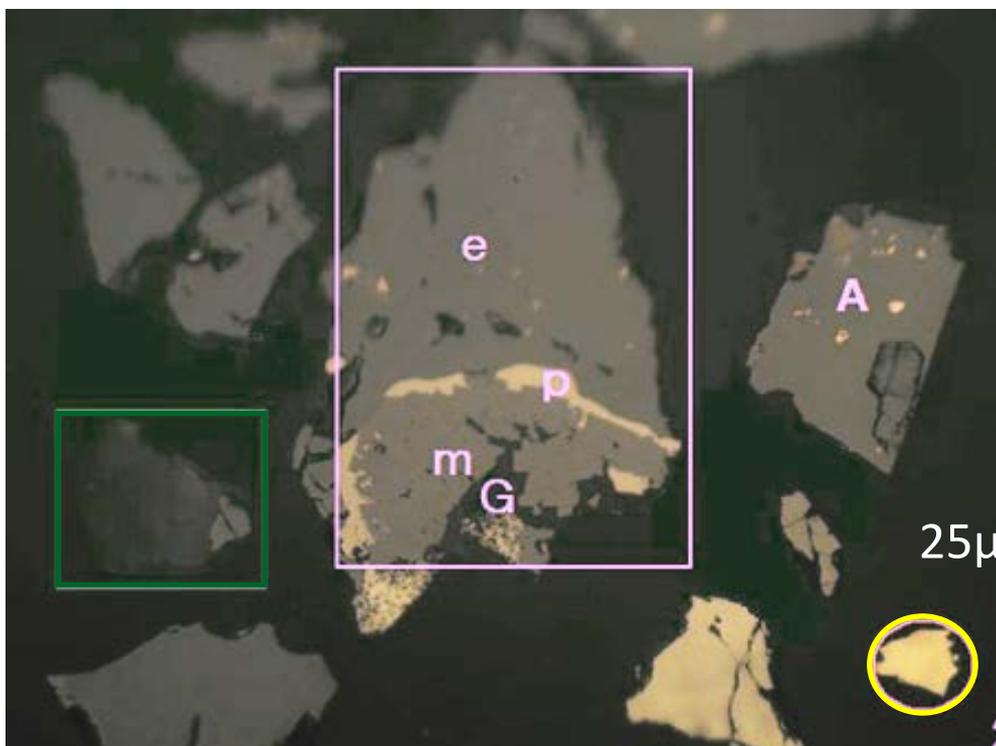


Figura N° 27: Esfalerita (color gris claro), la partícula A con finas inclusiones de pirrotita, calcopirita (elipse amarilla) y pirrotita (color amarillo grisáceo), como partículas libres. Partículas mixtas: esfalerita/gangas (marco verde) y esfalerita (e)/magnetita (m)/pirrotita (p)/gangas (G), dentro de marco blanco.

7.2 Distribución y Abundancias Relativas

Para el siguiente análisis se han elaborado planos longitudinales del zinc, cobre y hierro.

7.2.1 Isovalores de Zinc

se observa que la ocurrencia de zinc está asociada a fallas que posiblemente generaron la mineralización en la zona de estudio, también se observa una disminución considerable de los valores de Zinc a profundidad.

7.2.2 Isovalores de Cobre

Se observa que el cobre está asociado a fallas que posiblemente generaron la mineralización en la zona de estudio, también se observa que a profundidad las leyes de cobre se incrementan asociadas principalmente a la Falla 1.

7.2.3 Isovalores de Hierro

Se muestra al hierro asociado a las fallas, en los planos geológicos que corresponde a los niveles Nv (-1), Nv (-2), Nv (-3) y Nv (-5), la pirrotita se observa asociada al contacto entre las Formaciones Farrat y Pariahuanca.

CONCLUSIONES

1. Del análisis geoestadístico se observa que la zona de estudio presenta más de un evento de mineralización.
2. Existe una relación paragenética entre la marmatita y la pirrotita.
3. Los análisis cuantitativos y geoestadísticos indican una tendencia de la ocurrencia de la mineralización.
4. La abundancia de hierro en el yacimiento está asociada a la pirrotita, magnetita, pirita, y marmatita.
5. La buena correlación de zinc cobre hierro corresponde a la asociación marmatita calcopirita pirrotita.
6. El análisis de los resultados metalúrgicos solo con leyes de cabeza da una tendencia pero no explica lo que está ocurriendo en el proceso metalúrgico.
7. Las características, abundancia y distribución de los minerales descritos son factores influyentes en los procesos metalúrgicos.

8. La abundancia de la pirrotita asociada a la marmatita son perjudiciales en el proceso metalúrgico.

RECOMENDACIONES

1. Al considerar los controles geológicos de la producción se debe tener en cuenta la mineralogía del yacimiento, haciendo énfasis en el comportamiento metalúrgico de los minerales más abundantes presentes en el yacimiento.
2. Utilizar el soporte cualitativo (leyes de mineral), considerando que el comportamiento mineralógico va repercutir en los procesos metalúrgicos.
3. Es importante identificar los factores que influyen en los procesos metalúrgicos.
4. Se debe realizar el análisis descrito en el presente Informe para los cuerpos mineralizados en las zonas adyacentes identificando los factores influyentes en estos yacimientos.
5. Es recomendable profundizar en estudios geometalúrgicos.
6. Como reflexión se considera que profundizar las investigaciones no es un gasto si no una inversión de muy corto plazo de retorno.

BIBLIOGRAFIA

Davis S Moore Estadística Aplicada Básica. Segunda edición publicado por Antoni Boch (2005).

Francis Pitard Introducción al control de procesos estadísticos variográfico, crono estadística (manual diseñado para Glencore AG).

John Cobbing (1973) geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho Huaral y Canta boletín N° 26 editado por el servicio de Geología y Minería.

Boletín 026 cuadrángulo de Barranca, Ambar Oyón, Huacho; Huaral y Canta.

Lambert Jr, J.M. Simcovich, G. and Walker, Jr. (1988). The Kinetics and Mechanism of the Pyrite –to-Pyrrhotite Transformation. Metallurgical and Materials Transactions B. Vol 298. P. 385-396.

Rankama, Kalervo y Sahama, Th.G. (1954). Geoquímica. Aguilar, S:A: Ediciones Madrid

Brown, E.H. (1967). The GreenSchist Facies Of Eastern Otago, New Zeland, Contri to mineralogy and Petrology, 14, 259-292.

http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/ALFARO_Cours_00606.pdf