UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

# "ESTUDIO DEL IMPACTO DE LAS VARIABLES MINERALÓGICAS EN EL PROCESO DE FLOTACIÓN DE MEZCLAS DE MINERALES DEL SECTOR ESMERALDA, DIVISIÓN EL TENIENTE, CODELCO, VI REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS, CHILE"

Memoria para optar al título de Geóloga

MARÍA JOSÉ GIL GONZÁLEZ

| | |
|---|---|
| Profesor Patrocinante | : Dr. Marcos Javier Pincheira Núñez. |
| Profesores Comisión | : Dr. Oscar Alfonso Jerez Riveros. |
| | : M.Sc Liubow Nikolaivna González Martínez. |

Concepción
2018

# ÍNDICE

Pág.

**RESUMEN** ……

**1 INTRODUCCIÓN** ..…….. 1

**1.1 Objetivos** ..…… 1

**1.1.1 Objetivo General** ……..…….. 1

**1.1.2 Objetivos Específicos** …… 1

**1.2 Ubicación y Accesos** ……... 2

**1.3 Metodología de Trabajo** ……..……...….. 4

**1.3.1 Gabinete I** ……..……... 4

**1.3.2 Gabinete II** ……..……... 4

**1.4 Trabajos Anteriores** …… 8

**1.5 Agradecimientos** ……..... 8

**2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL** ..…… 10

**2.1 Generalidades** ……..……..... 10

**2.2 Rocas Estratificadas** ……. 10

**2.2.1 Formación Nacientes del Teno (Bajociano-Kimmeridgiano Inferior)** ……..... 10

**2.2.2 Formación Río Damas (Kimmeridgiano Superior-Titoniano Inferior)** ……..... 12

**2.2.3 Formación Leñas-Espinoza (Kimmeridgiano Superior)** …..... 12

**2.2.4 Formación Baños del Flaco (Titoniano-Neocomiano)** ..…..... 12

**2.2.5 Formación Colimapu (Barremiano-Albiano)** …… 13

**2.2.6 Formación Coya-Machalí (Oligoceno Superior-Mioceno Inferior)** . 13

**2.2.7 Formación Farellones (Mioceno Superior)** ……. 14

2.2.8 Formación Colón-Coya (Plioceno-Pleistoceno) ..... 14

2.2.9 Cuaternario Continental Clástico (Depósitos no consolidados) (Pleistoceno) ..... 15

2.3. Rocas Intrusivas ..... 15

2.4. Estructuras ..... 15

3 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO ..... 17

3.1 Complejo Máfico El Teniente, CMET ..... 17

3.2 Complejo Félsico ..... 19

3.2.1 Pórfido Diorítico-Tonalítico ..... 20

3.2.2 Pórfido Teniente ..... 21

3.3 Complejo Brecha Braden ..... 22

3.3.1 Brecha Braden Sericita ..... 22

3.3.2 Brecha Braden Clorita ..... 22

3.3.3 Brecha Braden Turmalina ..... 23

3.4 Unidades de Brecha (Brechas Subordinadas) ..... 23

3.4.1 Brechas de Biotita ..... 23

3.4.2 Brechas Ígneas ..... 23

3.4.3 Brechas de Anhidrita ..... 24

3.5 Intrusivos menores ..... 24

3.5.1 Dique de Andesita ..... 24

3.5.2 Dique Lamprófido ..... 24

3.5.3 Pórfido Latítico ..... 25

3.6 Estructuras ..... 25

3.7 Alteración y Mineralización ..... 26

3.7.1 Etapa Tardimagmática ..... 27

3.7.2 **Etapa Hidrotermal Principal** ..... 27
3.7.3 **Etapa Hidrotermal Tardía** ..... 27
3.7.4 **Etapa Póstuma** ..... 28
3.7.5 **Etapa Supérgena** ..... 28
**4 GEOLOGIA DEL SECTOR DE ESTUDIO** ..... 29
**4.1 Litología** ..... 29
4.1.1 **Brecha Braden** ..... 29
4.1.2 **Brecha Marginal** ..... 29
4.1.3 **Complejo Máfico El Teniente (C.M.E.T.)** ..... 30
4.1.3.1 Complejo Máfico El Teniente Hw ..... 30
4.1.3.2 Complejo Máfico El Teniente Fw ..... 30
4.1.4 **Pórfido Diorítico y Microdiorítico** ..... 32
4.1.5 **Unidades de Brechas** ..... 32
4.1.5.1 Brecha Ígnea de Andesita ..... 32
4.1.5.2 Brecha Hidrotermal de Anhidrita ..... 33
4.1.6 **Latita** ..... 33
4.1.7 **Veta de Cuarzo** ..... 33
**4.2 Alteración y Mineralización** ..... 33
**4.3 Estructuras** ..... 34
4.3.1 **Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Hw-Noroeste** .. 34
4.3.2 **Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Fw-Noreste** .... 35
4.3.3 **Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Fw-Noroeste** .. 35
4.3.4 **Dominio Estructural Brecha Norte** ..... 35
4.3.5 **Dominio Estructural Pórfido Diorítico** ..... 35
**5 GEOLOGÍA Y METALÚRGICA** ..... 36

5.1 Introducción ..... 36
5.2 Conceptos Básicos ..... 36
5.3 Proceso de Concentración ..... 37
5.4 Liberación y Flotabilidad de Partículas ..... 38
5.5 Blending ..... 40
5.6 Antecedentes Geometalúrgicos del Yacimiento ..... 41
6 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA ..... 43
6.1 Descripción Macroscópica de Muestras ..... 44
6.1.1 Metodología ..... 44
6.1.2 Unidad Geometalúrgica Estándar (E) ..... 44
6.1.3 Unidad Geometalúrgica Favorable (F) ..... 45
6.1.4 Unidad Geometalúrgica Desfavorable (D) ..... 46
6.1.5 Unidad Geometalúrgica Muy Desfavorable (MD) ..... 47
6.2 Descripción Microscópica de Muestras ..... 47
6.2.1 Metodología ..... 47
6.2.2 Muestra Estándar (E) ..... 49
6.2.3 Muestra Favorable (F) ..... 51
6.2.4 Muestra Desfavorable (D) ..... 53
6.2.5 Muestra Muy Desfavorable (MD) ..... 55
6.3 Difracción de Rayos X y Fluorescencia de Rayos X ..... 56
6.3.1 Metodología ..... 57
6.3.2 Análisis de Roca Total (DRX) ..... 59
6.3.3 Análisis de Arcillas (Fracción menor a 2 micrones en DRX) ..... 61
6.4 Análisis de Qemscan ..... 64
6.4.1 Metodología ..... 65

**6.4.2 Distribución de Minerales de Ganga en Muestras Puras y Mezclas** ..... 68

6.4.2.1 Muestras de Alimentación ..... 68

6.4.2.2 Muestras de Concentrado ..... 94

6.4.2.3 Muestras de Cola ..... 82

**6.4.3 Distribución de Sulfuros en muestras Puras y Mezclas** ..... 87

6.4.3.1 Muestras de Alimentación..... 87

6.4.3.2 Muestras de Concentrado..... 95

6.4.3.3 Muestras de Cola..... 99

**6.5 Análisis Químico** ..... 103

**6.5.1 Metodología** ..... 103

**6.5.2 Leyes de Cu, Mo y Fe** ..... 105

**7 IMPACTO DE LA MINERALOGÍA EN EL PROCESO DE FLOTACIÓN** ..... 107

**7.1 Identificación de Factores Problemáticos para la Flotación** ..... 107

**7.2 Factores Mineralógicos que Influyen en la Recuperación de Cobre** ..... 108

**7.3 Influencia de Presencia de Filosilicatos y Anhidrita** ..... 110

**7.3.1 Asociaciones Minerales de Gangas Influyentes** ..... 111

**7.4 Granulometría y Liberación de Minerales** ..... 120

**7.5 Recuperación de Cobre y Molibdeno** ..... 123

**7.6 Estadística y Correlación** ..... 128

**7.6.1 Metodología** ..... 128

**7.6.2 Estadígrafos Descriptivos Según Análisis de Partículas <2um (DRX)** ..... 129

**7.6.3 Estadígrafos Descriptivos según Análisis Qemscan (PMA)** ..... 139

7.6.3.1 Grupo de los Sulfuros y Oxidados de Cu ..... 139

7.6.3.2 Grupo de los Minerales de Ganga Principales y de Alteración ..... 144
7.6.3.3 Grupo de los Minerales de Ganga Secundarios y Otros ..... 150
7.6.3.4 Correlacion entre Fases Minerales Identificadas por Qemscan ..... 150
**8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... 255
**9 REFERENCIAS** ..... 160
**ANEXOS** ..... 166

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Pag.
1. 1. Mapa de ubicación y acceso al Yacimiento El Teniente ..... 2
1. 2. Esquema de los niveles existentes en el Yacimiento El Teniente ..... 3
1. 3. Esquema de análisis realizados en unidades geometalúrgicas y mezclas de ellas ..... 5
2. 1. Mapa geológico zona centro de Chile ..... 11
3. 1. Mapa Geológico Yacimiento El Teniente cota nivel Teniente-5, 2.285 m s.n.m. 18
4. 1. Mapa Geológico del sector Esmeralda ..... 31
5. 1. Diagrama de flotación ..... 37
5. 2. Mecanismo de flotación de partículas ..... 39
5. 3. Ejemplo de grafica de "*Blending*", punto crítico y sinergia entre dos muestras minerales ..... 40
5. 4. Zonificación de Calidad Mineral en sector Esmeralda a junio de 2015. Plano interno SGDT, Codelco, Chile..... 42
6. 1. Mapa geológico zona de estudio, que incluye puntos de extracción de muestras 43
6. 2. Unidad Estándar ..... 45
6. 3. Unidad Favorable ..... 46
6. 4. Unidad Desfavorable ..... 46

6. 5. Fotomicrografía de la muestra E.E2c. Micas blancas finas sobre plagioclasas ... 50
6. 6. Fotomicrografía de la muestra E.E2c. Calcopirita rellenando espacios ……. 50
6. 7. Fotomicrografía de la muestra E.F5a. Vetilla de cuarzo con anhidrita, plagioclasas con alteración fílica, remplazo por mica blanca ……. 52
6. 8. Fotomicrografía de la muestra E.F5a, bornita y calcopirita en sucesión pasiva y sulfuros secundarios de cobre en remplazo de bornita …… 53
6. 9. Fotomicrografía de la muestra E.D2a. Mica blanca y cuarzo …….. 54
6.10. Fotomicrografía de la muestra E.D4a. Pirita y Calcopirita ..…… 55
6.11. Análisis de roca total de las muestras E, D, F, MD ..……. 59
6.12. Diagrama 3D del análisis roca total entre posición de 0-20 [º2θ] ..……. 60
6.13. Diagrama 3D del análisis roca total entre posición de 20-30 [º2θ] ..…….. 60
6.14. Comparación de análisis de roca total desde la posición 35 [º2θ] ..……..... 61
6.15. Análisis de fracción menor a 2 micrones, unidad E de alimentación ..…… 62
6.16. Análisis de fracción menor a 2 micrones, unidad MD de concentrado ..…… 63
6.17. Análisis de fracción menor a 2 micrones, unidad F de concentrado ..…… 63
6.18. Diagrama de funcionamiento del Qemscan ..…… 65
6.19. Distribución de minerales de ganga en muestras puras de alimentación ..... 68
6.20. Porcentaje de minerales de ganga y tendencia lineal de mezclas E-D ..…….. 69
6.21. Porcentaje de minerales de ganga y tendencia lineal de mezclas E-F ..... 71
6.22. Porcentaje de minerales de ganga y tendencia lineal de mezclas E-MD ..... 73
6.23. Distribución de minerales de ganga por granulometría en muestras de alimentación, en mezclas E-D ……. 74
6.24. Distribución de minerales de ganga por granulometría en muestras de alimentación, en mezclas E-F…… 75
6.25. Distribución de minerales de ganga por granulometría en muestras de alimentación, en mezclas E-MD ..……. 76
6.26. Distribución de minerales de ganga en unidades geometalúrgicas puras en la etapa de concentrado ..…….. 77
6.27. Distribución de minerales de ganga en mezclas E-D de concentrado ..…… 78
6.28. Distribución de minerales de ganga en mezclas E-F de concentrado ..……. 80
6.29. Distribución de minerales de ganga en mezclas E-MD de concentrado ..……. 81
6.30. Contenido de minerales de ganga no metálicos en muestras de alimentación ... 85
6.31. Contenido de minerales de ganga no metálicos en muestras de concentrado .... 86
6.32. Contenido de minerales de ganga no metálicos en muestras de cola ..…… 86

6.33. Contenido de minerales de mena en muestras de alimentación ..…….. 87
6.34. Contenido de sulfuros según granulometría en muestra E de alimentación ..…... 88
6.35. Contenido de sulfuros según granulometría en muestra D de alimentación ..…... 89
6.36. Contenido de sulfuros según granulometría en muestra F de alimentación ..…... 89
6.37. Contenido de sulfuros según granulometría en muestra MD de alimentación ..... 90
6.38. Contenido de sulfuros en mezclas E-D de alimentación ..…… 91
6.39. Contenido de sulfuros en mezclas E-F de alimentación ..…… 92
6.40. Contenido de sulfuros en mezclas E-MD de alimentación ..…… 93
6.41. Contenido de minerales de mena y sulfuros en muestras puras de concentrado. 95
6.42. Contenido de sulfuros en mezclas E-D de concentrado ..…… 96
6.43. Contenido de sulfuros en mezclas E-F de concentrado ...…… 97
6.44. Contenido de sulfuros en mezclas E-MD de concentrado ..……. 98
6.45. Contenido de sulfuros en muestras puras de cola ..…….. 100
6.46. Contenido de sulfuros en mezclas E-D de cola ..…….. 101
6.47. Contenido de sulfuros en mezclas E-F de cola ..……..... 102
6.48. Contenido de sulfuros en mezclas E-MD de cola ..……..... 103
6.49. Esquema de Espectrofotometría de absorción atómica ..…… 104
7. 1. Gráfico resumen de asociación mineral entre calcopirita y mica blanca ..……. 119
7. 2. Gráfico resumen de asociación mineral entre bornita y mica blanca…….. 119
7. 3. Gráfico resumen de asociación mineral entre sulfuros secundarios de cobre y mica blanca ..…… 119
7. 4. Gráfico resumen de asociación mineral entre molibdenita y anhidrita ..…… 119
7. 5. Diagrama de porcentaje de liberación de minerales en muestras de alimentación ..…….. 120
7. 6. Diagrama de porcentaje de liberación de minerales en muestras de concentrado ……..……..... 122
7. 7. Diagrama de porcentaje de liberación de minerales en muestras de cola ……..... 123
7. 8. Porcentaje de recuperación de Cu, Mo, y Fe en unidades geometalúrgicas puras ..…….. 125
7. 9. Porcentaje de recuperación entre mezclas E-D en curva real y calculada ..…… 126
7.10. Porcentaje de recuperación entre mezclas E-F en curva real y calculada …..…. 126
7.11. Porcentaje de recuperación entre mezclas E-MD en curva real y calculada ..…. 127
7.12. Histograma de %Re Cu ..……..... 130

7.13. Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en muestras de alimentación …….. 131
7.14. Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en muestras de alimentación ..…….. 132
7.15. Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en muestras de alimentación ..……... 132
7.16. Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en muestras de concentrado ..……... 133
7.17. Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en muestras de concentrado ..……..... 134
7.18. Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en muestras de concentrado …….…..... 135
7.19. Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en muestras de cola ..…….. 136
7.20. Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en muestras de cola …… 136
7.21. Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en muestras de cola ..…….. 137
7.22. Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en el proceso global ..…….. 138
7.23. Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en el proceso global ..…… 138
7.24. Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en el proceso global ..…….. 139
7.25. Diagrama de dispersión de los sulfuros secundarios de cobre versus recuperación de cobre en muestras de alimentación ..……. 141
7.26. Diagrama de dispersión de la pirita versus recuperación de cobre en muestras de alimentación ..……..... 141
7.27. Diagrama de dispersión de sulfuros secundarios de cobre versus recuperación de cobre en muestras de concentrado ..……. 143
7.28. Diagrama de dispersión de la calcopirita versus recuperación de cobre en muestras de concentrado ..…… 143
7.29. Diagrama de dispersión de la clorita versus recuperación de cobre en el proceso global ..……..... 145

7.30. Diagrama de dispersión de la anhidrita/yeso versus recuperación de cobre en el proceso global ..... 145
7.31. Diagrama de dispersión de la clorita versus recuperación de cobre en alimentación ..... 147
7.32. Diagrama de dispersión de la anhidrita/yeso versus recuperación de cobre en alimentación ..... 147
7.33. Diagrama de dispersión de la clorita versus recuperación de cobre en concentrado ..... 148
7.34. Diagrama de dispersión de la anhidrita/yeso versus recuperación de cobre en concentrado ..... 149

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Pag.

6. 1. Listado de muestras macroscópicas a las cuales se les realizó corte pulido transparente ..... 48
6. 2. Listado de muestras de difracción de rayos X en roca total y fracción fina o arcillas ..... 58
6. 3. Listado de muestras a las cuales se les realizaron briquetas para análisis PMA en Qemscan ..... 67
6. 4. Listado de muestras de alimentación y leyes de Cu, Mo y Fe ..... 105
6. 5. Listado de muestras de cola y leyes de Cu, Mo y Fe ..... 106
7. 1. Muestra 100% - E de alimentación ..... 112
7. 2. Muestra 100% - E de concentrado ..... 112
7. 3. Muestra 100% - E de cola ..... 113
7. 4. Muestra 100% - D de alimentación ..... 114
7. 5. Muestra 100% - D de concentrado ..... 114
7. 6. Muestra 100% - D de cola ..... 115
7. 7. Muestra 100% - F de alimentación ..... 115
7. 8. Muestra 100% - F de concentrado ..... 116
7. 9. Muestra 100% - F de cola ..... 117

7.10. Muestra 100% - F de alimentación ……. 117
7.11. Muestra 100% - F de concentrado ……. 118
7.12. Muestra 100% - F de cola ……. 118
7.13. Porcentaje de recuperación y ley de Cu para unidades geometalúrgicas puras 127
7.14. Porcentaje de recuperación y ley de Mo para unidades geometalúrgicas puras 128
7.15. Frecuencia de porcentaje de recuperación ..... 130
7.16. Estadígrafos descriptivos de muestras de alimentación ……. 131
7.17. Estadígrafos descriptivos de muestras de concentrado ..... 133
7.18. Estadígrafos descriptivos de muestras de cola ……. 135
7.19. Estadígrafos descriptivos del proceso global ……. 138
7.20. Estadígrafos descriptivos del proceso de flotación completo para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan ..... 140
7.21. Estadígrafos descriptivos de muestras de alimentación para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan ……. 140
7.22. Estadígrafos descriptivos de muestras de concentrado para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan ……. 142
7.23. Estadígrafos descriptivos de muestras de cola para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan ……. 144
7.24. Estadígrafos descriptivos del proceso global de flotación para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan ……. 145
7.25. Estadígrafos descriptivos para muestras de alimentación para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan ……. 146
7.26. Estadígrafos descriptivos para muestras de concentrado para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan ..... 148
7.27. Estadígrafos descriptivos para muestras de cola para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan ..... 149
7.28. Estadígrafos descriptivos del proceso global de flotación para contenidos de minerales de ganga secundarios por análisis Qemscan ..... 150
7.29. Tabla de coeficientes de correlación de Pearson, entre fases minerales identificadas por Qemscan ……. 152

# RESUMEN

El estudio presenta los resultados del análisis de variables mineralógicas respecto de muestras geometalúrgicas y mezclas favorables y desfavorables, que influyen en la recuperación rougher en el sector Esmeralda en el Yacimiento El Teniente, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile. Se analizan unidades geometalúrgicas que provienen de El Teniente, sector Esmeralda, las que son diferenciadas según la respuesta metalúrgica que tienen en el proceso de flotación o zona de calidad mineral, estas son: unidad estándar (E), unidad favorable (F), unidad desfavorable (D) y unidad muy desfavorable (MD). Los objetivos de este trabajo consisten en caracterizar las unidades geometalúrgicas para determinar si existen variables mineralógicas que pueden incidir negativamente en el proceso de concentración de cobre. Para esto se utilizaron diferentes técnicas, como análisis macroscópico, microscópico, difracción de rayos X en roca total y fracción menor a 2 micrones, fluorescencia de rayos X y mineralogía automatizada de Qemscan.

El análisis macroscópico y microscópico determinó que las muestras geometalúrgicas contienen diferentes litologías, como pórfido diorítico, brechas de biotita y anhidrita y CMET (Complejo Máfico El Teniente), las muestras poseen diferentes grados de alteración. Es posible identificar minerales primarios como cuarzo, plagioclasas y biotitas, además de los minerales típicos de alteración como cloritas, biotitas secundarias, micas blancas y arcillas. Se identifican 4 minerales de mena principalmente, calcopirita, bornita y sulfuros secundarios de cobre que agrupa a la calcosina, digenita y covelina, todas estas menas de Cu y molibdenita como mena de Mo. El análisis de difracción de rayos X, en la fracción menor a 2 micrones señala que no existe presencia de arcillas expansivas ni pirofilitas. Los filosilicatos de mayor abundancia son micas blancas, cloritas y caolinita.

La mineralogía automatizada de Qemscan establece porcentajes de abundancia de las fases mineralógicas de mena y de ganga, con excepción del contenido de caolín, el cual es agrupando en una fase llamada arcillas, junto a otras fases finas desconocidas. Se establece que las asociaciones minerales Calcopirita-Mica blanca, Bornita-Mica Blanca y Molibdenita-Anhidrita pueden afectar a la flotación, generando perdidas de sulfuros por "*slime coat*" en el proceso. Analizando los contenidos de cobre de las unidades geometalúrgicas y su porcentaje de recuperación, se determina que la unidad E es la que obtiene mayor recuperación y que la unidad F es la que presenta mayor Ley de Cu. El efecto "Blending" solo se cumple a partir de la mezcla 25E/75MD.

El análisis estadístico logra develar que la clorita posee una correlación negativa con la recuperación de cobre, al igual que las micas blancas, pero en menor grado. Para la caolinita no se obtienen resultados concluyentes. La presencia de sulfuros secundarios de cobre se correlaciona negativamente a la recuperación de cobre, se determina que proceso de flotación no esté adecuado para la presencia de este mineral. Se recomienda además estudiar la textura de las asociaciones Sulfuros de Cobre-Micas Blancas y Molibdenita-Anhidrita, para determinar si influyen en la recuperación de Cu-Mo.

# 1 INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Objetivos.

### 1.1.1 Objetivo General.

Estudiar el comportamiento de los minerales en el proceso de flotación rougher de minerales de mezcla de sectores favorables y desfavorables del sector Esmeralda, División El Teniente-Codelco. Para ello se analizará la mineralogía de mena y ganga de las unidades geo-metalúrgicas principales del sector Esmeralda, enfatizando en las variables mineralógicas y texturales que pueden alterar y provocar una baja recuperación de cobre.

Este trabajo se enmarca en el proyecto SMI-ICE-Chile, llevado a cabo con la cooperación de la División El Teniente-Codelco, para mejorar el proceso de flotación de minerales de cobre-molibdeno.

### 1.1.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar textural y mineralógicamente las muestras (cabeza, concentrado y cola) de unidades geometalúrgicas utilizadas en el proceso de flotación rougher.

- Realizar un estudio cualitativo y cuantitativo de los minerales de mena y ganga, que incluyan el estudio macroscópico, microscópico, difracción de rayos X y de mineralogía automatizada de Qemscan para determinar las ocurrencias de estos y su relación con la recuperación de cobre.

- Identificar las variables mineralógicas que inciden en la recuperación rougher de cobre en las mezclas generadas.

- Generar una base de minerales con incidencia en la recuperación de cobre, la cual pueda ser aplicada en otros sectores o yacimientos para determinar posibles dificultades en el proceso.

## 1.2 Ubicación y Accesos.

El yacimiento El Teniente, se emplaza a 47 km al Noreste de la ciudad de Rancagua, en la provincia del Cachapoal, VI Región del Libertador Bernardo O' Higgins, Ubicado a los 34º14' de latitud Sur y 70º21' de longitud Oeste, a una altura promedio de 2.400 m s.n.m. (Figura 1.1).

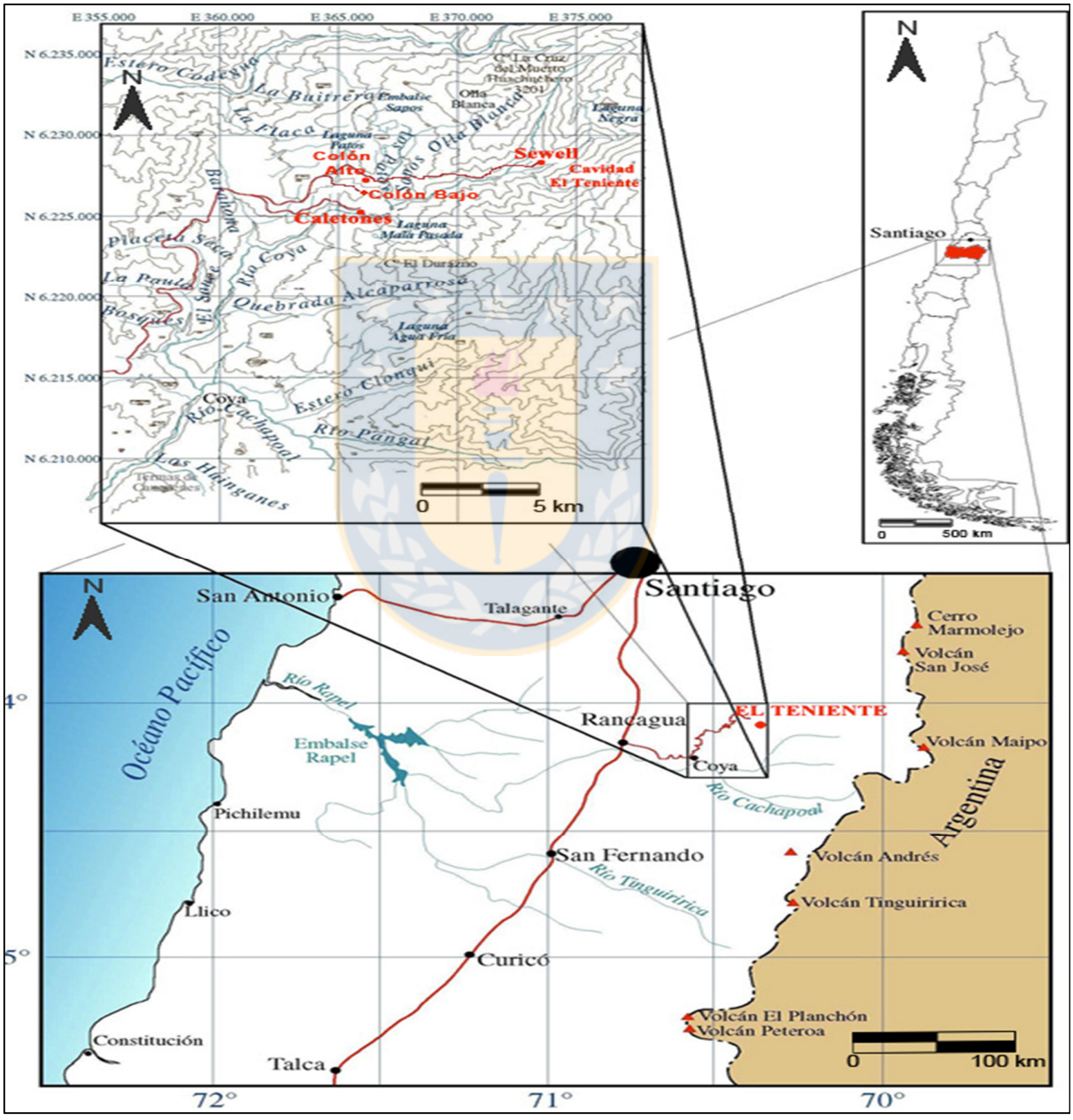



**Figura 1.1:** Mapa de ubicación y acceso al yacimiento El Teniente (Tomado de Gómez, 2001).

La ruta de acceso desde la ciudad de Rancagua es a través de la conocida “Carretera del Cobre Presidente Eduardo Frei Montalva”. Carretera de vía simple con doble sentido, asfaltada, y con una longitud de 60 km. Esta ruta se divide en 5 tramos: tramo 1, de uso público, la que une la ciudad de Rancagua con el control de acceso al yacimiento (barrera Maitenes). Los tramos siguientes son caminos privados.

Para ingresar a las instalaciones de producción de la mina, debe realizarse en buses y taxibuses a través del tramo 5 de la carretera hasta el túnel ADIT-71 (Acceso principal); cuando las condiciones climáticas lo impiden, el ingreso debe ser realizado en ferrocarril eléctrico que conduce directamente hasta el nivel Teniente-8 (1.982 m s.n.m.).

El sector de estudio Esmeralda es uno de los niveles que compone el yacimiento El Teniente y se encuentra a una cota de 2.192 m s.n.m. (Figura 1.2)

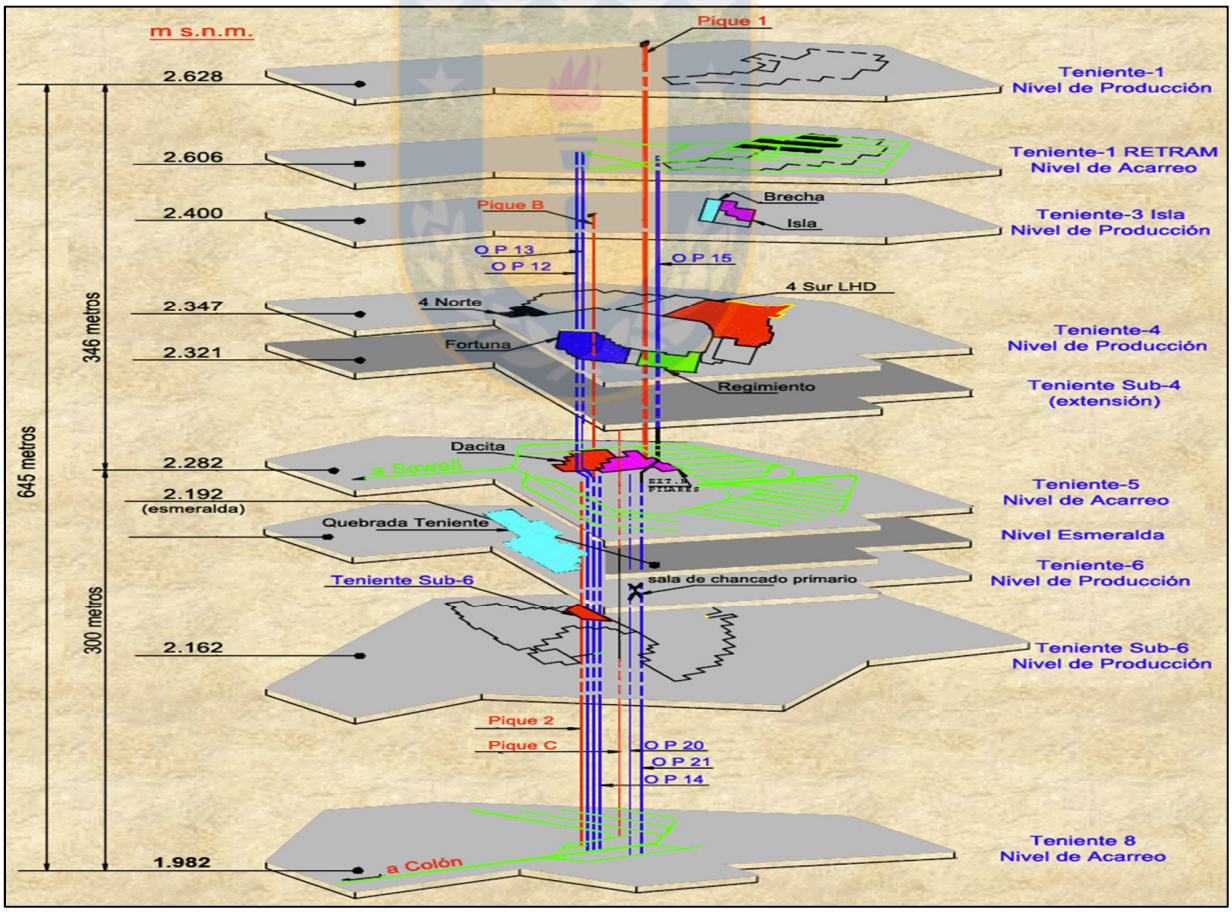



**Figura 1.2:** Esquema de los niveles existentes en el yacimiento El Teniente. (Tomado de Valenzuela, 2003).

Para acceder al nivel Esmeralda, el descenso se produce en ascensores que actualmente circulan por 3 piques diferentes dentro del yacimiento. La Figura 1.2 muestra un esquema de los niveles del yacimiento, desde Teniente-1 (nivel actualmente abandonado) hasta Teniente-8, y en color azul se representan los piques que corresponden a vías de descarga de mineral extraído de los diversos niveles de producción.

## 1.3 Metodología de Trabajo.

Para el desarrollo del estudio se determinaron dos etapas de trabajo, las cuales incluyen una etapa de gabinete I y una etapa de gabinete II, descritas a continuación.

### 1.3.1 Etapa de Gabinete I.

Se recepcionan muestras geo-metalúrgicas enviadas por la División El Teniente, provenientes del sector Esmeralda, consistentes en cuatro tipos de muestras, clasificadas geometalúrgicamente, en: Muestra Estándar (E), Muestra Favorable (F), Muestra Desfavorable (D), Muestra Muy Desfavorable (MD). Cada muestra llega en 8 sacos, con un peso total de 200 kg por muestra.

Posteriormente se realiza una búsqueda de bibliografía relacionada con el yacimiento y con las técnicas a utilizar, además de la relacionada directamente con el estudio, para eso se recurre a las bases de datos de la biblioteca de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, como a los documentos de otras casas de estudios disponibles en internet, y a literatura escaneada desde otras Universidades de Chile.

### 1.3.2 Etapa de Gabinete II.

Dentro de esta etapa se preparan las muestras para ser analizadas por las diferentes técnicas que se utilizarán para lograr los objetivos propuestos, la Figura 1.3 muestra una matriz de análisis y de donde fueron tomadas cada una de las muestras.

De las unidades geometalúrgicas recibidas (E, D, F) se seleccionan un numero variable de muestras representativas de cada saco, para obtener la mayor representatividad en cada unidad. Algunas de estas muestras son analizadas macroscópicamente, con ayuda

de equipamiento como, lupas manuales de 10X, 14X y 20X de aumento, rayador de dureza, y lupas electrónicas de hasta 100X.

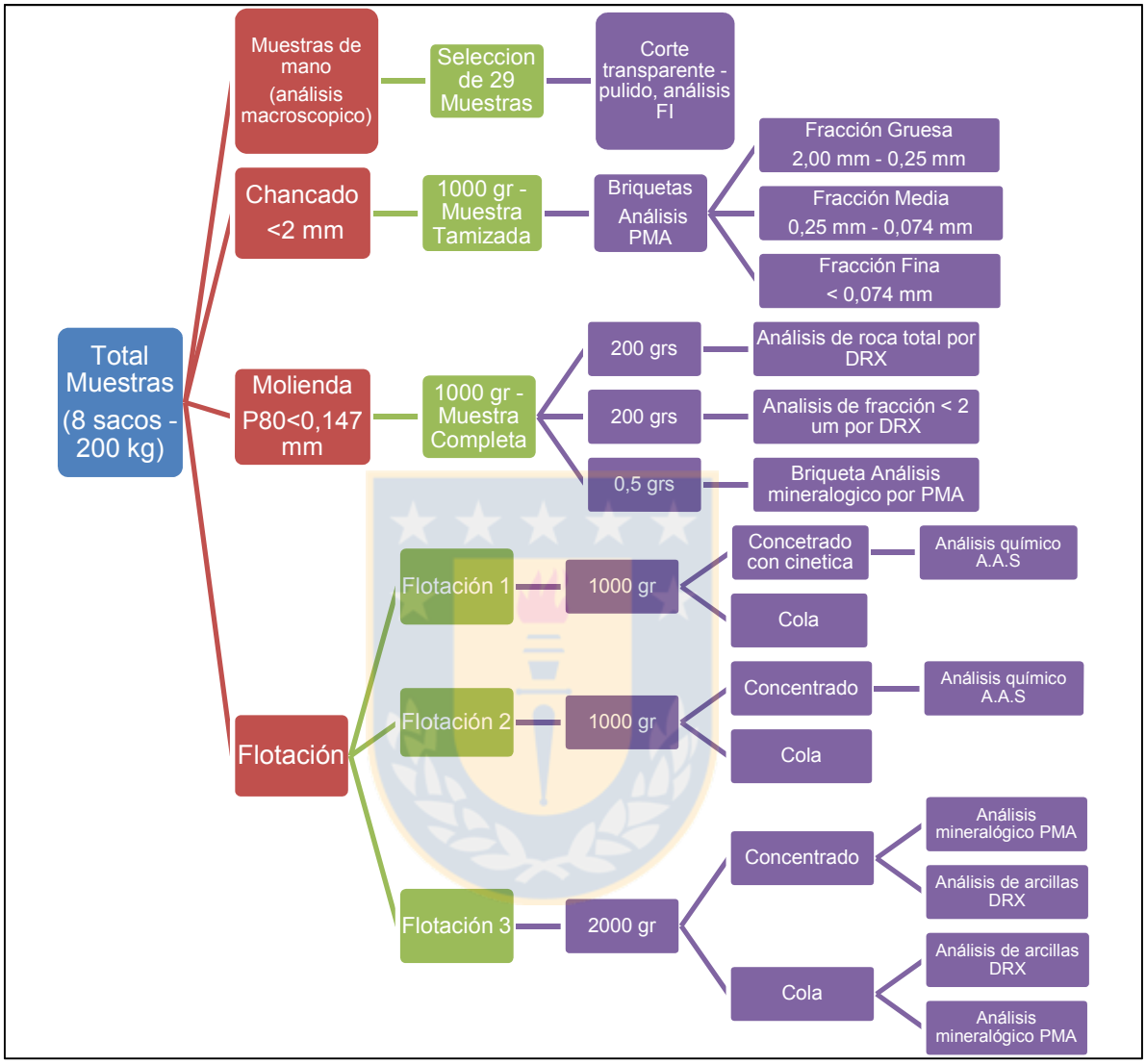



**Figura 1.3:** Esquema de análisis realizados en unidades geometalúrgicas y mezclas de ellas.

Posteriormente, de las muestras ya seleccionados, se vuelven a escoger aquellas que presenten mineralogía dudosa, que ha sido imposible determinar macroscópicamente, marcando el lugar donde extraer una muestra para realizarles un análisis microscópico.

La generación de pulidos transparentes para el estudio microscópico se realizó en el taller de cortes del Instituto de Geología Económica Aplicada, donde llegan las muestras

seleccionadas y marcadas para su procesamiento. Es en este taller donde cortan la muestra, pulen, secan y pegan a un portaobjetos. Los cortes fueron analizados en un microscopio Nikon Optiphot 2, para determinar sus mineralogías y registrarlas en una tabla. Para reforzar esta descripción los mismos cortes son enviados a un análisis automatizado de mineralogía realizado con el equipo de Qemscan, llamado Field Image (FI).

De manera paralela, el equipo metalúrgico procesó las unidades geometalúrgicas E, F, D y MD, las cuales fueron chancadas. Este primer proceso de trituración produjo material con granulometría menor a 2 mm, desde donde se apartó una muestra de 1 kg. Este kilo de cada unidad geometalúrgica fue tamizada utilizando 2 granulometrías, malla #60 (0,25 mm) y malla #200 (0,074 mm), lo cual determinó tres grupos de estudio, fina, media y gruesa. La granulometría gruesa se encuentra entre 2 mm y 0,25 mm, la granulometría media va desde los 0,25 mm a los 0,074 mm, y la granulometría fina tiene un tamaño menor a 0,074 mm. Con cada una de estas porciones se generó una briqueta, la cual fue pulida para posteriormente analizar mediante Qemscan a través de un análisis PMA (Particle Mineralogical Analysis).

El resto de material chancado pasó a una etapa de molienda en un molino de bolas, desde donde el mineral termina el proceso con una granulometría $P_{80}$ menor a 0,147 mm, de aquí se aparta una muestra de 1 kg para la creación de briquetas, este kilo de muestra es cuarteado y se seleccionan 5 gr para la creación de briquetas, las que fueron analizadas por Qemscan a través de PMA, estas briquetas fueron llamadas briquetas de alimentación o cabeza y se les designó la nomenclatura F (Feed). Del mismo kilogramo se separan 200 grs. para realizar análisis de arcillas por difracción de rayos X y 200 grs, los que fueron pulverizados en un molino automatizado para realizar análisis de roca total por difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y análisis químicos.

El material restante que salió del molino fue a un proceso de concentración, realizado por el equipo metalúrgico. Por cada unidad geometalúrgica y combinaciones entre ellas a proporciones de 25% de contenido de cambio (75X-25Y, 50X-50Y, 25X-75Y), se realizó una flotación, más una flotación de duplicado. Estas flotaciones dieron como resultado, dos baterías de concentrados con cinética, es decir el concentrado era retirado cada

cierta cantidad de minutos establecidos con anterioridad, más su respectiva muestra de cola. Los concentrados fueron analizados químicamente mientras las colas fueron analizadas por arcillas mediante difracción de rayos X. A las muestras de concentrado se les designo la letra C (Concentrate) mientras que a las colas les designaron la letra T (Tail) como nomenclatura en el estudio.

Además, para un estudio de arcillas se realizó una flotación doble (doble de material comúnmente procesado) la que produjo como resultado un concentrado total y cola de la flotación. Los concentrados fueron analizados mediante Qemscan (PMA) y mediante DRX, mientras la cola solo por DRX. Los resultados de todos estos análisis permitieron la realización del estudio, conclusiones y recomendaciones que se presentan en este documento.

## 1.4 Trabajos Anteriores.

**Camus (1974)**, actualizó la geología del yacimiento, describió la mineralogía de la alteración en las vetillas y enriqueció el conocimiento del modelo de pórfido cuprífero conocido en la época

**Camus (1975)**, realizó nuevos aportes sobre la geología de El Teniente con énfasis en los antecedentes de alteración de las rocas del yacimiento.

**Seguel (2004),** realiza un informe interno sobre los antecedentes geológicos-geotécnicos del sector extensión cabeza (Hw) Mina Esmeralda. Aquí indica las principales litologías, que corresponden al Complejo Máfico El Teniente (CMET), Pórfidos Félsicos, Unidades de Brechas y Diques de Cuarzo.

**Millán y Seguel (2004),** publican el anterior informe realizado en 2004 por Seguel, con el mismo nombre “Antecedentes Geológicos-Geotécnicos del Sector Extensión Norte, Mina Esmeralda”. Describen la litología principal y realizan un mapeo de estructuras, donde concluyen que estas corresponden mayoritariamente a vetillas en ambientes hidrotermal principal (HP) con un 61% le siguen vetillas de ambiente hidrotermal tardío (HT) con 21% y finalmente vetillas de ambiente tardimagmático abarcan el 18%.

**Guzmán (2006),** presenta un modelamiento geometalúrgico para Teniente Fase III. Informe interno.

**Mejías *et al* (2014),** propone una metodología de trabajo para capturar información sobre características químicas, geológicas y metalúrgicas similares, para agrupar áreas denominadas “zonas de calidad mineral”.

**Sepúlveda (2015),** realiza una caracterización mineralógica y granulométrica del material con potencial para formar “barro” en los sectores productivos del yacimiento El Teniente.

**Mejías *et al* (2015),** presentan en el XIV Congreso Geológico Chileno un estudio sobre las características y los efectos geo-minero-metalúrgicos del material de sobrecarga del Sector Reserva Norte. Donde caracteriza la muestra Desfavorables (D) y determina que su comportamiento afecta la flotación del circuito SAG debido al alto grado de oxidación y presencia de filosilicatos en la fracción fina.

**Burgos (2015)**, estudia la influencia de parámetros geológicos-metalúrgicos para la realización de un modelo geometalúrgico para la recuperación tipo rougher de cobre.

## 1.5 Agradecimientos.

Quiero agradecer primeramente al equipo de profesionales del “Proyecto Blending”, quienes permitieron que esta memoria se materializara. A mi profesor patrocinante, Dr. Marcos Pincheira, quien, con paciencia y gran voluntad, me enseñó y encamino en el desarrollo de este estudio, gracias por las correcciones y los nuevos puntos de vista para la mejora de este tema. Al quienes trabajaron en el proyecto Blending, académicos del Dimet y del GEA, técnicos, laboratoristas, y compañeros de estudios, gracias por el apoyo continuo.

Profesora Sonia Helle un agradecimiento especial a usted, ya que, durante gran parte de mi carrera, se mostró como una tutora, quien me ayudó a superarme y generó instancias para que me desempeñara como mejor profesional. Gracias por todas las oportunidades.

El más profundo agradecimiento al dador de la vida, Dios, porque por Él es que he llegado a este punto de mi existencia, quien me ha dado el apoyo, no solo a mí, sino también a

mi familia, mi madre y hermanos, los que se mantuvieron como pilares, constantes durante toda la trayectoria de este gran desafío y sobre todo en los últimos momentos donde con esmero me instaban a seguir adelante.

A Maximiliano, mi novio, el hombre quien me regañó en más de una ocasión, para que creyera en mí, en mi potencial, pero que siempre me apoyó en todas las decisiones, mostrándome su amor incondicional. Y a cada una de esas personas que me extendieron su mano de ayuda aun cuando no se las pedí, a todos ellos Gracias.

A la Geóloga, María Olivia Mejías, agradecerte por todos los mails respondidos, por todas las preguntas aclaradas, y por tu completa colaboración.

Al plantel docente del Departamento de Ciencias de la Tierra, gracias por los conocimientos traspasados, y por la labor que realizan con esmero para educar a las nuevas generaciones. Gracias por los buenos y malos momentos vividos en la terraza de Geología.

# 2 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

## 2.1 Generalidades.

Chile central, entre la V y VI región, está constituido por unidades litológicas, cuyo rango de edad va desde el Devónico al Reciente (Corvalán *et al*., 1965).

El área de la Cordillera Principal comprendida entre los 33º30’ hasta los 34º45’ de latitud sur se caracteriza por la presencia de potentes unidades estratigráficas volcánicas, intercaladas con unidades sedimentarias que datan desde el Triásico superior, las cuales corresponden a las unidades Meso-Cenozoicas del ciclo Orogénico Andino, y son intruidas posteriormente por cuerpos plutónicos de edad Cenozoica (Klöhn, 1960). En la Figura 2.1, se muestra la geología escala 1:1.000.000 de la zona central de nuestro país, modificado de Charrier *et al*., 1996 y tomado de Harrison, 2009.

## 2.2 Rocas Estratificadas.

Las unidades estratificadas de la zona de estudio han sido definidas por varios autores entre estos Klöhn (1960) y Charrier (1973 y 1981), de más antigua a recientes estas son:

### 2.2.1 **Formación Nacientes del Teno** (Bajociano-Kimmeridgiano Inferior).

Definida por Klöhn (1960) como una secuencia de rocas sedimentarias marinas, principalmente clásticas, que representan el evento final de la transgresión ocurrida en Chile durante el Jurásico. Tiene una distribución areal discontinua en el sector oriental (Charrier, 1973) y subyace concordantemente a la Formación Río Damas (Davidson, 1971). La Formación Nacientes del Teno posee dos miembros, el miembro superior evaporítico llamado Miembro Santa Elena, con una potencia entre 500 y 600 m, distribuidos paulatinamente hacia el Este, y el miembro inferior detrítico y calcáreo, que corresponde al Miembro Rinconada; sumado a esto, Klöhn (1960) define un complejo de estratos los cuales incluyen los estratos Valle Villagra y estratos Quebrada la Zorra que en conjunto poseen una potencia de 100 a 200 m.

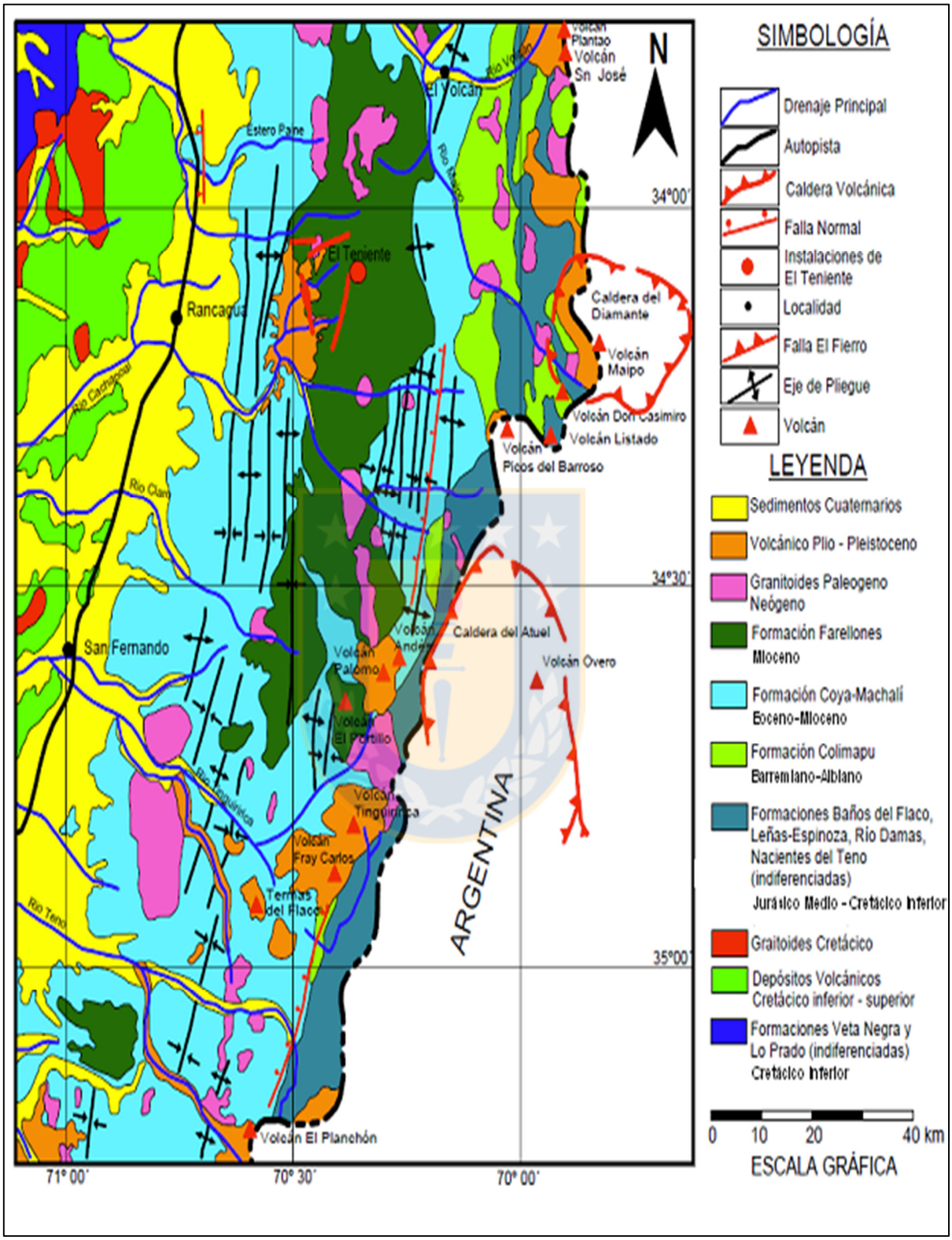



**Figura 2.1:** Mapa geológico zona centro de Chile (Modificado de Charrier *et al*, 1996; Tomado de Harrison, 2009).

### 2.2.2 **Formación Río Damas** (Kimmeridgiano Superior-Titoniano Inferior).

Aflora en la parte oriental de la región, definida por Klöhn (1960), se compone de secuencias clásticas continentales y niveles de origen volcánicos (efusivos y piroclásticos), depositados en un ambiente esencialmente terrestre, subaéreo y lagunar, conformando lo que Klöhn (1960) denominaba el Jurásico terrestre. alcanza una potencia de 1000 m en la zona del Río Damas y forma una franja de 3 km de ancho aprox., en sentido NS. Sobreyace concordantemente a la Nacientes del Teno e infrayace en concordancia y gradual a la Formación Baños del Flaco. Se desconoce la relación estratigráfica con la Formación Leñas-Espinoza (Charrier, 1981). Esta secuencia representa el término del ciclo regresivo en el Kimmeridgiano Superior y Titoniano Inferior, originado por el solevantamiento tectónico del paleoborde sudamericano (Vail *et al*., 1977).

### 2.2.3 **Formación Leñas-Espinoza** (Kimmeridgiano Superior).

Compuesta principalmente por brechas y piroclastitas con intercalaciones pelíticas que presentan frecuentes laminaciones de piroclastos, correspondería a la serie transgresiva de Klöhn (1960). Se habrían depositado en un ambiente subaéreo, de carácter transgresivo, y con una tasa de sedimentación alta, los cuales son producto del importante ascenso eustático del nivel del mar desde el Kimmeridgiano al Hauteriviano (Charrier, 1973; Vail *et al*., 1977). Se distribuye con dirección NS y posee una potencia promedio de 1200 m e infrayace a la Formación Baños del Flaco. Su base es desconocida.

### 2.2.4 **Formación Baños del Flaco** (Titoniano-Neocomiano).

Comprende depósitos marinos, predominantemente una secuencia calcárea y fosilífera con menores intercalaciones detríticas, piroclásticas y de coladas de lava locales. Estos depósitos se habrían generado en un ambiente marino-costero, durante el segundo ciclo transgresivo desarrollado en el Mesozoico tardío. Se reconoce en el sector oriente de la región con un espesor promedio de 1 km. Infrayace concordantemente a la Formación Colimapu y es correlacionable con la Formación Lo Valdés (Corvalán, 1959).

### 2.2.5 **Formación Colimapu** (Barremiano-Albiano).

Es la formación más joven definidas por Klöhn (1960) en la quebrada homónima, afluente del Río Maipo, posteriormente fue redefinida por Charrier (1981). Comprende facies continentales de sedimentos clásticos gruesos y depósitos volcánicos color rojizo, los que afloran en la parte oriental de la zona. Esta formación está dividida en dos miembros: uno inferior sedimentario, compuesto por areniscas finas epiclásticas y calizas del tipo micríticas con una potencia de 1500 m, y el miembro superior volcánico, compuesto de tobas lítico-cristalinas, tobas de lapilli e ignimbritas, de 1600 m de potencia. El origen de los fragmentos del miembro superior, provendrían de un cordón volcánico activo cercano al área de depositación; el mismo que habría aportado las componentes volcánicas para las formaciones Río Damas, Leñas-Espinozas y Baños del Flaco (Charrier, 1981). Estas fases son producto de la regresión provocada por un alzamiento, documentado a partir del Barremiano (fase Sub-Hercinica). Sobreyace en discordancia sobre la formación Baños del Flaco, y de la misma forma infrayace discordante a la Formación Coya-Machalí (Charrier *et al*.,1996).

### 2.2.6 **Formación Coya-Machalí** (Oligoceno Superior- Mioceno Inferior).

Definida por Klöhn (1960), es el equivalente lateral de la Formación Abanico (Aguirre, 1960; Klöhn, 1960). Se distribuye en dos franjas paralelas con dirección NS; una oriental y otra occidental con anchos promedios de 13 km y 20 km respectivamente, estas franjas se encuentran separadas por la Formación Farellones (Charrier *et al*.,1994). Consiste en una potente serie de rocas continentales, principalmente volcánicas (coladas de lava, brechas y tobas andesíticas - riolíticas), con importantes intercalaciones sedimentarias (Charrier & Munizaga, 1979). Se caracteriza por un intenso plegamiento y fallamiento (Charrier *et al*., 1997). Se habría depositado en un ambiente continental con predominio volcánico; la potencia de la franja occidental es 1900 m aprox., lo que indica que se habría acumulado cerca de centros eruptivos; mientras que la franja oriental de menor potencia (1300 m aprox.) se habría depositado sobre planicies o relieves más suaves. Las rocas de la franja oriental, infrayacen en discordancia angular sobre la formación Rio Damas, Leñas-Espinoza y Baños del Flaco. El límite inferior de los estratos de la franja occidental,

no se reconoce en la región. Aparentemente ambas franjas subyacen en discordancia angular a la Formación Farellones (Charrier & Munizaga,1979).

### 2.2.7 **Formación Farellones** (Mioceno Superior).

La Formación Farellones es la más importante de la zona, ya que aloja la mineralización del yacimiento El Teniente. Se reconoce por aflorar en una franja de 25 km de ancho, con orientación NS, que separa a las dos franjas de la Formación Coya-Machalí. La componen secuencias volcánicas y continentales que consisten en depósitos de flujo piroclástico e intercalaciones de sedimentos lacustre, en la parte inferior, y lavas intermedias a básicas y domos riolíticos en la parte superior (Thiele *et al*., 1990). Posee un espesor de más de 2400 m. Las rocas volcánicas que la conforman agrupan lavas andesíticas - riolíticas, tobas e ignimbritas con intercalaciones de brechas (Charrier & Munizaga, 1979). El ambiente de depositación corresponde a un ambiente continental con actividad volcánica principalmente de composición andesítica, cuyo centro eruptivo se ubicaría probablemente a lo largo de la actual zona de afloramiento de esta Formación. Estas secuencias se habrían acumulado en un graben volcánico-tectónico, formado a partir de una serie de colapsos de calderas, basándose en la presencia de fallas normales que delimitan esta formación (Thiele *et al*., 1990). Sobreyace en discordancia angular a la Formación Coya-Machalí (Klöhn, 1960; Charrier, 1973) y su techo corresponde a la actual superficie de erosión.

### 2.2.8 **Formación Colón- Coya** (Plioceno-Pleistoceno).

Recientemente elevada al rango de Formación por Gómez (2001) fue descrita inicialmente por Enrione (1972). Corresponde a un conjunto de lahares, piroclastos, flujos de ceniza e intercalaciones de lava. El espesor de este depósito varía entre algunos centímetros y 150 m, los afloramientos en el área se disponen discordante sobre la Formación Farellones, abarcando un área de 160 $km^2$, los más antiguos constituyen centros de efusión de material andesítico gris oscuro, de carácter calco-alcalino de actividad sin y post-glacial. Su techo corresponde a la actual superficie de erosión. Se encuentra al Suroeste del yacimiento El Teniente.

### 2.2.9 **Cuaternario Continental Clástico** (Depósitos no consolidados) (Pleistoceno).

Secuencias asignadas al Cuaternario, que se reconocen en el fondo de los valles como depósitos aluviales (fluviales, lacustres y glaciofluviales), glaciales, de escombros y depósitos de derrumbes, representados principalmente por el Río Cachapoal que constituye el sistema hídrico básico de la zona.

## 2.3 Rocas Intrusivas.

Las rocas intrusivas que afloran en la región, pueden ser agrupadas en 5 franjas de complejos ígneos intrusivos del Oligoceno Superior al Mioceno Superior, con edades que van desde los 34,3 a los 5,59 Ma. (Falcón y Rivera, 1998). Estas unidades intrusivas se caracterizan por cuerpos plutónicos e hipabisales que corresponden principalmente a granodioritas, pórfidos dioríticos, monzonitas, monzodioritas y pórfidos dacíticos.

Se reconocen cuerpos menores que corresponden en su mayoría a stock, apófisis, diques y filones de rocas fanerocristalinas, subordinadamente, afaníticas y brechas, con composiciones graníticas, granodioríticas, tonalíticas, cuarzo monzoníticas y cuarzo dioríticas.

En general se trata de cuerpos relativamente pequeño y aislados. Los afloramientos en el área se distribuyen con dirección NS aprox. y cortando a las Formaciones Coya-Machalí y Farellones (Charrier,1981). En la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, se ubican pequeñas zonas de alteración hidrotermal, las cuales no necesariamente están ligadas a los cuerpos intrusivos.

Por relaciones de contacto con las rocas encajantes y por la alineación que muestran estos cuerpos, se les asigna una edad general post-Formación Farellones, es decir, posterior al Mioceno (Stewart y Araya, 1972 y Godoy, 1993).

## 2.4 Estructuras.

En la región existen dos tipos de estructuras predominantes, pliegues anticlinales y sinclinales (Charrier *et al*., 1994), y un sistema de fallas N30ºW (Falcón & Rivera, 2000).

Los pliegues presentan un suave buzamiento hacia el Sur, cuyos ejes de rumbo general son NS, muestran inflexiones en el rumbo desde N30ºW a N30ºE. Estas estructuras, presentan continuidad longitudinal, solamente, entre los segmentos acotados por sistemas de fallas N30ºW (Falcón y Rivera, 1998). Los flancos de los pliegues presentan un suave plegamiento con manteo de 20º a 30º al Oeste.

En el caso del sistema de fallas, corresponde a siete zonas de falla, según Rivera y Cembrano (2000), estas se distribuyen en el entorno del yacimiento El Teniente, entre las zonas destacan las zonas de falla Piuquencillo al Norte, El Azufre al centro y Juanita al Sur, que truncan a los ejes de plegamiento de la Formación Farellones. Falcón y Rivera (1998) describen la cuenca del Teniente, como una depresión volcano-tectónica limitada al Norte por la falla Piuquencillo y al Sur por el lineamiento Tinguiririca-Navidad (Godoy y Lara, 1994). Su ancho es de casi 100 km y su largo en la dirección NW-SE, superior a 150 km.

# 3 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.

El yacimiento El Teniente se encuentra emplazado en rocas intrusivas, piroclásticas, volcánicas y subvolcánicas de edad Mioceno (Maksaev *et al*., 2004) asignadas a la Formación Farellones (Skewes y Stern, 1995). Se trata de cuerpos irregulares de composición diorítica que afloran en los alrededores de la localidad de Sewell. En su parte central se encuentra la megaestructura denominada Brecha Braden, con forma de cono invertido (Cuadra, 1986) y es donde se ubican las instalaciones principales del yacimiento. Se distinguen también diques de composición diorítica que solo aflora en las laderas de la Quebrada Teniente; filones latíticos dispuestos concéntricamente a la chimenea de Brecha Braden, ubicados al Oeste del sector; Cuerpos intrusivos y brechas menores; y un dique lamprófido que aflora al Sur de la megaestructura (Figura 3.1).

La mineralización, se encuentra genéticamente relacionada con procesos magmáticos hidrotermales del Mioceno-Plioceno, generando una asociación de calcopirita-bornita-pirita y molibdenita en la zona primaria, calcosina como mineral de enriquecimiento secundario y covelina de manera subordinada (Cuadra, 1986). El cuerpo mineralizado (sobre 0,5 % Cu) posee 2700 m de largo en dirección NS y un ancho variante de 1000 a 1700 m, con un espesor reconocido de aproximadamente 1800 m (Maksaev *et al*., 2004).

## 3.1 Complejo Máfico El Teniente, C.M.E.T.

Corresponde a un conjunto de rocas oscuras del Mioceno Superior que intruyen a la Formación Farellones (Munizaga *et al*., 2002; Charrier *et* al., 2002) y que constituye la roca caja en la cual se hospeda más del 80% de la mineralización de cobre presente en el depósito (Camus, 1975; Arévalo & Floody, 1995 y Arévalo *et al*., 1998). Estas rocas conforman un lacolito (Skewes & Arévalo, 2000) constituido por gabros diabasas, basaltos y andesitas basálticas porfídicas (Morel & Sprönhle, 1992). Las rocas poseen texturas desde afaníticas a porfídicas, pese a estas variaciones, es difícil reconocer contactos o gradaciones entre ellas.

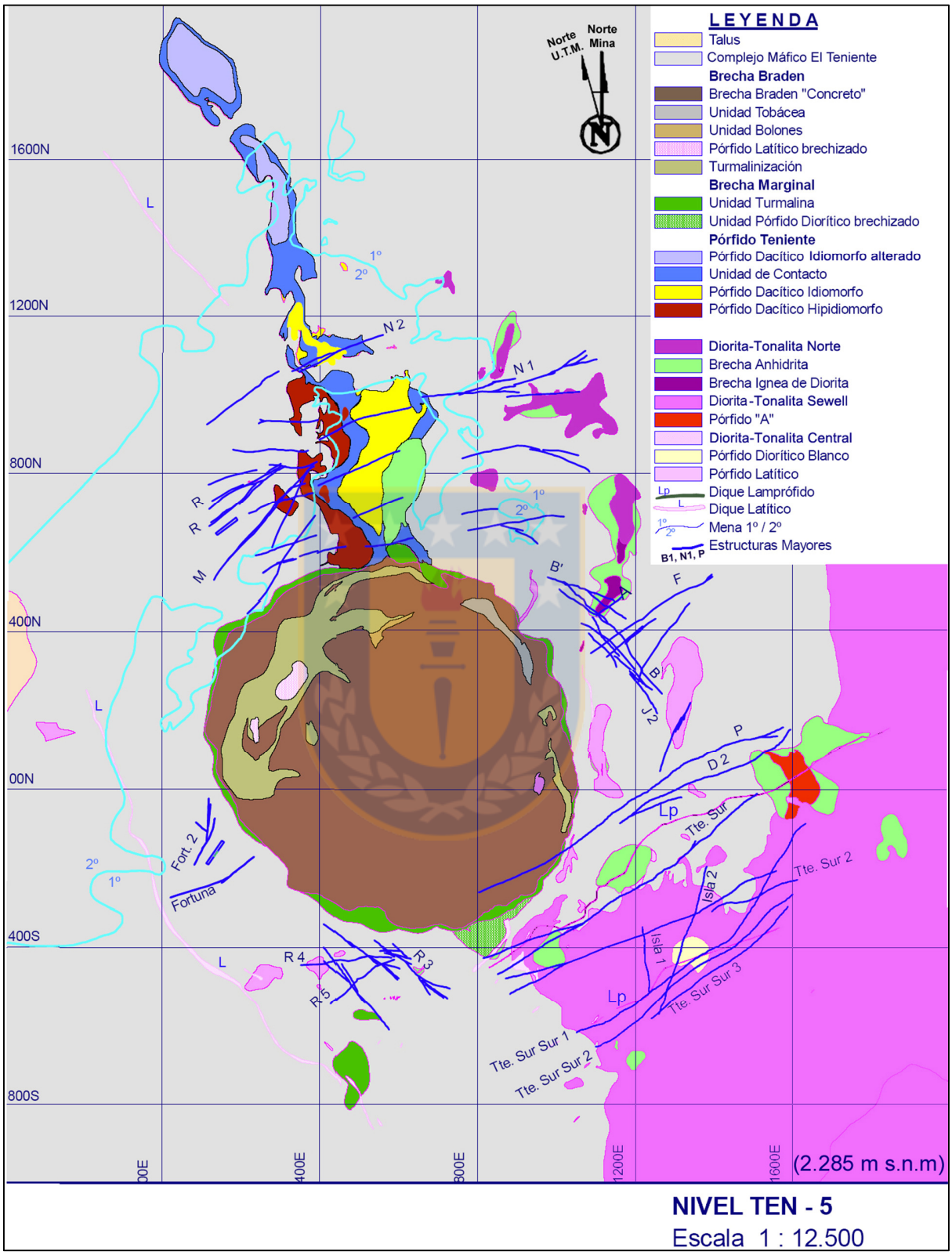



**Figura 3.1**: Mapa Geológico yacimiento El Teniente cota nivel teniente 5, 2.285 m s.n.m. (tomado de Salazar, 2003)

La petrografía original de estas rocas se encuentra obliterada, ya que poseen una fuerte alteración, brechización y mineralización. En el interior del yacimiento las características de rocas primarias quedan enmascaradas por el intenso "*stockwork*" y por la alteración hidrotermal principalmente potásica, siendo la biotita el mineral predominante en esta fase (Villalobos, 1975) y responsable del color negro que las caracterizan.

El Complejo Máfico El Teniente ha sido tema de discusión ya que se le ha considerado como andesita de la Formación Farellones o como pórfidos andesíticos subvolcánicos. Lindgren (1917) y Bastin (1917), concluyeron que estas rocas corresponden a cuerpos subvolcánicos intrusivos, en base a sus observaciones de campo y a las características petrográficas. Esta idea fue rechazada por Howell & Molloy (1960), los cuales las interpretan nuevamente como andesitas, sólo por las observaciones hechas en superficie, estas serían rocas volcánicas correlacionables con el miembro inferior de la Formación Farellones.

Estudios recientes, confirman que parte del complejo corresponde a una diabasa de textura porfídica que presenta variaciones en el tamaño de los fenocristales de plagioclasa. Las texturas de grano fino corresponderían a los márgenes del intrusivo y las de grano grueso al centro de éste. En general, se encuentra constituido por relictos de piroxenos y tiene una fuerte alteración biotítica (Burgos, 2002).

## 3.2 Complejo Félsico.

Corresponde a un conjunto de intrusivos subverticales, que presentan forma de stocks, apófisis tabulares y diques. Estas rocas presentan un alto contenido de cuarzo y están asociadas a parte importante de la mineralización debido a la alteración que las afecta (Guzmán, 1991) Dentro de los cuerpos agrupados en el Complejo Félsico encontramos:

### 3.2.1 Pórfido Diorítico - Tonalítico.

En él se agrupan numerosas unidades intrusivas alineadas de NS, y corresponde a una roca gris clara, de grano medio a grueso, que aflora en cuatro cuerpos intrusivos denominados Diorita Norte, Diorita Central, Diorita Sewell y Pórfido A.

Las unidades corresponden principalmente a dioritas cuarcíferas y en menor grado a tonalitas. Petrográficamente, se divide en una porción equigranular y otra porfídica. Las rocas con texturas equigranulares, presentan granos que varias desde 1-5 mm, compuestos por plagioclasas (andesina-oligoclasa), anfíboles alterados, biotitas, cuarzo y feldespatos potásicos en menor contenido. La porción porfídica, contiene fenocristales de plagioclasa, biotitas, relictos de anfíboles en una masa fundamental de cuarzo, microlitos de plagioclasas y feldespato potásico en menor medida (Salazar, 2003).

La Unidad *Diorita-Tonalita* Sewell, con aproximadamente 1 km de diámetro se ubica en la parte Sureste del yacimiento a los 2.284 m s.n.m. La parte superior de la unidad posee un stockwork de vetillas de calcopirita, que disminuye gradualmente en intensidad y contenido de cobre al aumentar la profundidad (Maksaev *et al*., 2004). La porción mineralizada presenta una textura principalmente porfídica con fenocristales de plagioclasa que van del 50-60%, biotitas y relictos de anfíboles, en una masa fundamental de microlitos de plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico. El estudio de Marksaev *et al*. (2004) revela que las dataciones de los sectores marginales de la unidad y que corresponden al nivel Teniente 4 tienen una edad dominante 206Pb/238U de 6,15 + -0,16 Ma. (Mioceno Tardío).

La Unidad Diorita Central y Norte, corresponden a apófisis porfídicos que se encuentran al norte de la Diorita Sewell y petrográficamente, son correlacionables con ella. Ambas unidades poseen un intenso stockwork de vetillas de calcopirita y una seritización dominante en las partes superiores, mientras que, en las zonas inferiores, domina la alteración potásica (Cuadra,1986). Del mismo modo las dataciones del estudio de Maksaev *et al*. (2004) para la *Diorita Central* con el método 206Pb/238U resultaron en una edad dominante de 6,28 + -0,16 Ma., y para la *Diorita Norte* de 6,11 +- 0,13 Ma. (Mioceno Tardío).

En el caso del Pórfido A, corresponde a un pórfido de diorita cuarcífera, que intruye a la unidad Diorita Sewell y al Complejo Máfico El Teniente. En la parte Sureste del yacimiento. Es característico su contenido de fenocristales de plagioclasas los cuales presentan una fuerte alteración a esmectitas, sericitas y siderita en una masa fundamental completamente obliterada a agregados microcristalinos de anhidrita, cuarzo, biotita secundaria parcialmente cloritizada y abundantes sulfuros. Con un diámetro de 100 m se encuentra rodeado por un anillo irregular de 100-200 m de ancho, de brecha polimíctica, de origen hidrotermal, la cual se encuentra fuertemente mineralizada. Dataciones mediante el método 206Pb/238U, arrojan una edad de 6,46 + - 0,11 Ma. (Mioceno Tardío).

### 3.2.2 Pórfido Teniente.

Cuerpo intrusivo vertical de 200 m de ancho y 1500 m de largo con dirección NNW-SSE, ubicado en el sector norte del yacimiento. Se encuentra limitado hacia el Sur por el Complejo Brecha Braden, y se caracteriza por presentar una brecha de turmalina en la zona de contacto, la que posee clastos angulosos del pórfido (Rojas, 2003). La descripción petrográfica realizada por Rojas (2003), describe el Pórfido Teniente como dos variedades litológicas. La unidad más antigua, denominada Pórfido Dacítico Hipidiomórfico (P.D.H.) y posee textura porfídica, con fenocristales principalmente de plagioclasa, biotita, feldespato potásico y cuarzo, en una masa fundamental aplítica de cuarzo anhedral principalmente, plagioclasa, biotita y granos de feldespato potásico. La intrusión, ocurrió dentro del Complejo Máfico El Teniente en una primera etapa de cristalización, hace 5,3 Ma. (Maksaev *et al*., 2001) correspondiente al Mioceno-Plioceno. La unidad más joven, corresponde al Pórfido Dacítico idiomórfico (P.D.I.), la que corta al complejo Máfico el teniente y al Pórfido Dacítico Hipidiomórfico en el extremo norte del yacimiento, compuesto por fenocristales de plagioclasa, biotita, cuarzo, hornblenda y relictos de anfíbol, en una masa fundamental aplítica, similar a la de la variedad P.D.H.

El pórfido Teniente posee mineralización metálica diseminada de bornita y calcopirita asociada a anhidrita, en un volumen de 1-2 % de roca total (Maksaev *et al*., 2004).

## 3.3 Complejo Brecha Braden.

Este complejo es un cuerpo mayor de brechas hidrotermales, que se emplaza en la parte central del yacimiento El Teniente. Con una forma de cono invertido, subcircular en planta y con un eje principal subvertical, abarca cerca de 1 km de diámetro y más de 2 km de profundidad. El contacto que posee con las rocas caja, es subvertical por el Este y por los otros lados convergen hacia el centro, con inclinaciones de 60º a 70º (Cuadra, 1986). Las unidades de mayor ocurrencia y distribución son la brecha de sericita, clorita y turmalina (Uribe y Floody, 2003).

### 3.3.1 Brecha Braden Sericita.

Aquí clasifican las brechas con textura matriz soportada y composición sericítica en su mayoría, se distribuyen en forma masiva o cuerpos tabulares con dimensiones variables, en la zona norte y superior del complejo. La matriz, contiene generalmente una alta proporción de partículas finas junto con el cemento mineral. Los clastos, corresponden a andesitas, latitas, dacitas y brechas hidrotermales alteradas además de fragmentos monominerales, de cuarzo principalmente, no superan los 5 mm de diámetro y presentan formas prismáticas a subesféricas con bordes subredondeados. La alteración principal es fílica y argílica, afectando de manera variable en intensidad, tanto a la matriz como a los fragmentos.

### 3.3.2 Brecha Braden Clorita.

En conjunto con la unidad anterior, representan más del 80% del complejo de brechas, esta brecha agrupa una serie de bechas de composición sericítica y clorítica, distribuidas principalmente hacia la parte sur y a niveles más profundos. Posee clastos polimícticos en una fábrica variable, con formas subprismáticas y bordes subredondeados bimodales de rangos 0,5-5 cm y 2-5 mm. La matriz posee un color gris-verdoso característico, bajo el microscopio están formadas por un agregado con alto contenido de fragmentos clásticos más finos y cemento mineral de sericita, clorita, turmalina y arcillas.

### 3.3.3 Brecha Braden Turmalina.

Generalmente se presenta en forma de diques y cuerpos tabulares irregulares, pero con variaciones locales hacia cuerpos masivos de brechas más gruesas y se distribuyen a través de todo el Complejo de Brechas Braden, exhibiendo una disposición general concéntrica subparalela a sus márgenes. Las brechas de turmalina son mayoritariamente matriz soportada, de color gris medio a gris oscuro, la matriz que representa al 70-90% de la roca se caracteriza por un cemento mineral de turmalina, con contenidos menores de clorita, sericita y cuarzo.

Dentro del complejo existen unidades de menor ocurrencia y distribución, dentro de las cuales puede encontrarse: Brecha Braden Turmalina Bloques, Brecha Braden Sericita Bolones, Brecha Braden Sericita Fina y Brecha Braden Sulfuros. Además, existen unidades de distribución periférica, que se agrupan en el conjunto de brechas marginales, correspondiendo a: Brecha Braden Marginal Turmalina, Brecha Braden Marginal Clorita y Brecha Braden Marginal Anhidrita.

## 3.4 Unidades de Brechas (Brechas Subordinadas).

En el sector Central-Este del yacimiento se emplazan varios cuerpos de brecha, estudiados por Arredondo (1994) y Skewes (2000), que corresponden a brechas de biotita, brechas ígneas y brechas de anhidrita:

### 3.4.1 Brechas de Biotita.

El mineral dominante lo constituye la biotita café, con cantidades variables de turmalina, cuarzo, feldespato, clorita, anhidrita, yeso, apatito, calcopirita, bornita, pirita, rutilo y magnetita. Los cristales de biotita, presentes en la matriz de estas brechas, pueden ser de grano fino, o incluso de algunos centímetros de largo. Las brechas de biotita, son usualmente monomícticas, con clastos de rocas intrusivas félsicas o máficas; en algunos casos puede estar compuesta por ambos tipos.

### 3.4.2 Brechas Ígneas.

Corresponden, a brechas con matriz de biotita, cuarzo, feldespato, anhidrita, calcopirita

y óxidos de hierro, de granos finos equigranulares de apariencia holocristalina. Si la matriz es dominada por un cemento rico en biotita oscura, son llamadas Brechas Ígneas de Andesita; alternativamente, si la matriz es de tonalidad clara, debido a la mayor presencia de anhidrita, feldespato o cuarzo, son llamadas Brechas Ígneas de Diorita o Brechas Ígneas de Dacita. Estos tipos de brechas, tienen composición mineralógica, similar que las Brechas de Biotita, pero en general, contienen menos biotita y en muchas áreas aparece gradando a brechas de biotita.

### 3.4.3 Brechas de Anhidrita.

Se caracterizan, por contener anhidrita como mineral dominante en la matriz. Estas brechas, son comúnmente polimícticas, con clastos de rocas máficas alteradas a biotita o clastos de rocas intrusivas félsicas. La matriz, corresponde al 20-30% del volumen total y se encuentran atravesadas por vetillas de anhidrita, cuarzo, biotita, feldespato y sulfuros de cobre (Salazar, 2003).

## 3.5 Intrusivos Menores.

Corresponden a diques y cuerpos filonianos, que representan los últimos eventos intrusivos en el yacimiento. Constituyen, unidades parcialmente estériles y de ocurrencia, más restringida y volumétricamente menos importantes (Rojas, 2003). Dentro de estos se encuentran los Diques de Andesita, Dique Lamprófido y Pórfido Latítico.

### 3.5.1 Dique de Andesita.

Cuerpo tabular, de color gris oscuro, ubicado al Sureste del Complejo de Brechas Braden e intruye a la Unidad Diorita-Tonalita Sewell. Presenta textura porfídica y composición mineralógica similar a las coladas andesíticas. Tiene un rumbo promedio de N60ºE, con una corrida de 500 m y una potencia de 0,5 a 1,0 m.

### 3.5.2 Dique Lamprófido.

Cuerpo tabular, de color gris verdoso, con una potencia promedio de 1,5 m. Se encuentra en el sector sur del yacimiento, cortando al Complejo Máfico El Teniente, Pórfido Diorítico y al Complejo de Brechas Braden. Corresponde a una andesita rica en hornblenda,

compuesta por fenocristales de hornblenda y plagioclasas, inmersos en una masa fundamental traquítica, de microlitos de plagioclasa y anfíbol, con algunos minerales opacos finamente diseminados.

### 3.5.3 Pórfido Latítico.

También denominado Latita Porfídica, agrupa a unidades intrusivas reconocidas como cuerpos tabulares, elongados, diques continuos y discontinuos. Su potencia es variable, entre un mínimo de 2-15 m, y un máximo de 30-40 m. Su disposición es subvertical, convergente al Complejo de Brechas Braden, manteando con un valor medio de 75º (Riveros, 1991 en Salazar, 2003). Presenta textura porfídica, de color gris claro, verde, negro, blanco, con fenocristales de biotita, anfíbol alterado y "ojos de cuarzo" (Skewes *et al*., 2002), en una masa fundamental muy fina, la que se constituye por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y biotita fina. Su emplazamiento está controlado, por un patrón estructural N55ºE e inclinación subvertical.

## 3.6 Estructuras.

El yacimiento El Teniente se encuentra surcado por tres sistemas estructurales con direcciones preferenciales NS, NE-SW y NW-SE, en los que se alinean diques, fallas, vetillas y diaclasas. Estas direcciones son interpretadas como el producto de un tectonismo regional comprensivo-distensivo, generados por un eje de esfuerzo máximo de direccione EW, lo que origino sistemas de diaclasados con dirección NE-SW y NW-SE. Debido al cese de la compresión, se habrían generado diaclasas de tensión e intrusiones de dirección NS (Reyes, 1970).

El estudio de Garrido (1995), indica que el yacimiento se encuentra inmerso en una zona de fallas de rumbo N65ºE, denominada Zona de Falla El Teniente, la cual está definida por un arreglo estructural anisotrópico de orientación NE-SW distribuido en un área de 3 km de ancho por 14 km de largo. En esta zona se evidencian dos episodios tectónicos definidos por el autor.

El primer episodio tectónico está caracterizado por el fallamiento dextral con un eje de acortamiento máximo N48º±11ºW, contemporáneo a la mineralización y alteración del

depósito con una edad entre los 14 y 3,8 Ma. El segundo episodio tectónico, es un evento posterior datado en 2,9 Ma., reactivando las estructuras preexistentes con un eje de acortamiento máximo NS.

## 3.7 Alteración y Mineralización.

La mineralización de sulfuros que posee el yacimiento El Teniente, se distribuye principalmente, en un denso stockwork de vetillas mineralizadas dentro de una variedad de cuerpos de brechas ígneas-hidrotermales, que se desarrollaron en o cerca de los contactos verticales de los cuerpos intrusivos, como también alrededor de la Chimenea de Brechas Braden (Camus, 1975; Cuadra, 1986; Skewes *et al*., 2002). Las brechas hidrotermales, representan el 15% en volumen del depósito, esto según las estimaciones de reservas de la División El Teniente.

Valenzuela (2003), describió trece tipos de vetillas dentro del yacimiento, siendo dominantes, las que contienen cuarzo-sulfuros-anhidrita ± biotita (clorita), además son comunes, las vetillas irregulares y discontinuas, como también las vetillas planares, que indicarían que el stockwork se desarrolló en un régimen de alta temperatura, durante un régimen transicional frágil-dúctil. La densidad de vetillas, típicamente se encuentra en el rango de, 6 a 30 vetillas/m, pero alcanzan 40 vetillas/m, cerca de los contactos de cuerpos intrusivos (Zúñiga, 1982). Las vetillas con halos de cuarzo-sericita, aumentan en densidad alejándose del centro del yacimiento, y se vuelven particularmente importantes, en las zonas limítrofes.

De acuerdo con los resultados de estudios de inclusiones fluidas y geotermometría de isótopos de azufre en anhidrita-calcopirita, la depositación de sulfuros, tomó lugar a temperaturas que bajaron de 460° a 330°C (Skewes *et al*., 2002 en Maksaev *et al*., 2004). La información de isótopos de O, H y S, sugieren que el azufre, junto con las aguas hidrotermales, fueron de origen magmático, durante los eventos de alteración potásica y de cuarzo-sericita (Skewes *et al*., 2002 en Maksaev *et al*., 2004).

La mineralización del yacimiento El Teniente, es producto de la sobreimposición de diversos eventos de alteración y mineralización, asociados al emplazamiento de los cuerpos intrusivos Pórfido Teniente y Diorita-Tonalita Sewell como a la génesis del

Complejo de Brechas Braden, dentro de las rocas máficas intrusivas y volcánicas del miembro inferior de la Formación Farellones. Lo anterior, genera 4 etapas hipógenas sobreimpuestas, propuestas por Ojeda *et al*., (1980) y una última etapa de alteración supérgena.

### 3.7.1 Etapa Tardimagmática.

Es la primera etapa de alteración y mineralización conocida en el yacimiento y se caracteriza, por la coexistencia en equilibrio de una alteración biotítica penetrativa y la presencia de un intenso enrejado de vetillas rellenas con cuarzo, anhidrita y sulfuros, que alojan gran parte de la mineralización metálica de cobre y molibdeno, consistente en bornita, calcopirita y molibdenita (Arévalo *et al*., 1998). En la periferia del yacimiento, existe una transición de biotita a clorita, formando una zona limítrofe de alteración propilítica, junto con epidota y calcita, que grada hacia rocas frescas (Villalobos, 1975).

### 3.7.2 Etapa Hidrotermal Principal.

Se caracteriza, por el desarrollo de vetillas con halo de alteración de ancho variable, que obliteran la textura y mineralogía tardimagmática (Arévalo *et al*., 1998). Se presenta un desarrollo de alteración fílica, que se expresa como vetillas de cuarzo, sericita, clorita, anhidrita y sulfuros como calcopirita, pirita y molibdenita, generando halos de alteración cuarzo-sericita-clorita de ancho variable (Zúñiga, 1982). Se distribuye, según una zonación de franjas de dirección preferencial NS y la zona de máxima intensidad, se dispone subparalela al Pórfido Teniente e invaden subverticalmente a las rocas máficas de la zona. Esta etapa, se manifiesta por una alteración representada por la asociación cuarzo-sericita y en forma subordinada clorita, formando halos de alteración en vetillas. La asociación, se desarrolla a expensas de la biotita tardimagmática y de los feldespatos de las rocas máficas y del pórfido Teniente respectivamente.

### 3.7.3 Etapa Hidrotermal Tardía.

Se desarrolla a través de halos de vetas y vetillas, que se distribuyen en una franja concéntrica al anillo de brechas de la Unidad Brecha Marginal (Villalobos, 1975). También, se manifiesta como cemento-matriz, de la brecha hidrotermal de turmalina y

como parte de la alteración de sus fragmentos. Las vetillas Hidrotermales Tardías, tienen mineralización principal de: anhidrita, cuarzo, sericita, turmalina, yeso, ankerita, siderita, baritina, clorita, epidota, calcopirita, bornita, pirita, molibdenita y tenantita-tetraedrita (Ojeda *et al*., 1980; Zúñiga, 1982). Presentan halos de alteración cuarzo-sericítico.

### 3.7.4 Etapa Póstuma.

Esta etapa de alteración, representa el último evento hidrotermal ocurrido en el yacimiento y está relacionada con la consolidación de la Chimenea de Brechas Braden. Se encuentra constituida, por una asociación mineralógica de sericita, calcita y pirita en el cemento, y por alteración sericítica de la fracción clástica. La mineralización hipógena, se encuentra en vetas y vetillas de pirita, calcopirita, tenantita-tetraedrita, molibdenita y galena-esfalerita, con anhidrita como mineral de ganga predominante y de manera subordinada cuarzo, turmalina, yeso y carbonatos. Como minerales secundarios, se encuentran sericita, clorita y calcita junto con diseminaciones de pirita y calcopirita (Floody, 2000).

### 3.7.5 Etapa Supérgena.

Esta etapa, se distribuye con geometría elíptica de eje mayor NW-SE, en un área de 15 km2 en la parte alta del yacimiento (Portigliati y Camus, 1974; Ojeda *et al*., 1980; Álvarez, 1990). La cuenca, alcanza una profundidad entre 100 y 600 m y un ancho que varía entre los 100 y 500 m (Cuadra, 1986). Se caracteriza, por la lixiviación total de la anhidrita y la presencia de sericita y arcillas. Los minerales metálicos presentes, corresponden a calcosina gris, calcosina celeste y covelina azul, los cuales fueron generados por el reemplazo total de los sulfuros de origen hipógeno. El paso fue gradual, reemplazando selectivamente a los sulfuros de cobre, primero a la bornita y luego a la calcopirita. La pirita, durante el proceso de lixiviación no sufrió alteración (Álvarez, 1990). La edad de los eventos de alteración y mineralización, se encuentra comprendida entre los 5,3 a 4,7 Ma. (Cuadra, 1986; Maksaev *et al*., 2001).

# 4 GEOLOGIA DEL SECTOR ESMERALDA.

El Sector Esmeralda, se ubica en el centro del yacimiento entre las coordenadas mina 800E a 1600E y 200N a 600N a la cota 2192 m s.n.m. sobre el nivel de producción Teniente-6, y bajo el nivel de acarreo Teniente-5 (Figura 4.1), abarca el área comprendida al Noreste del Complejo Brecha Braden (Morales *et al*., 1997).

## 4.1 Litología.

En el sector se reconocen 4 variedades litológicas principales, más las unidades de brechas pertenecientes al Complejo de Brechas Braden que albergan la infraestructura cívica del sector.

### 4.1.1 Brecha Braden.

La Brecha Braden corresponde a la denominación indiferenciada de las unidades de brechas que componen el Complejo de Brechas Braden. En el sector de estudio, corresponden a brechas mayoritariamente tipo matriz-soportadas de composición sericítica. La matriz contiene generalmente alta proporción de partículas clásticas finas junto con cuarzo, turmalina, clorita, sulfatos, carbonatos, y sulfuros. Los clastos corresponden a fragmentos del Complejo Máfico El Teniente, Latita, Dacita y brechas hidrotermales alteradas, como a fragmentos monominerales, principalmente de cuarzo, llegando a alcanzar el 30% en volumen de roca total. Los clastos poseen un largo máximo de 5 cm, exhiben formas prismáticas a subesféricas y bordes subredondeados. La alteración más común es fílica y argílica, afectando con intensidad variable tanto a la matriz como a los fragmentos (Uribe y Floody, 2003). Por su gran estabilidad, calidad geomecánica alta y bajas leyes de cobre, el Complejo de Brechas Braden se emplea para posicionar oficinas, salas de reuniones, casinos y talleres que forman el barrio cívico del Sector Esmeralda.

### 4.1.2 Brecha Marginal.

Agrupa a las unidades indiferenciadas de brechas, de distribución marginal del Complejo de Brechas Braden (Uribe y Floody, 2003). En el sector Esmeralda, se constituye principalmente de la unidad Brecha Braden Marginal de Turmalina. La brecha es matriz-

soportada, de color gris oscuro, cuyo cemento de turmalina y cuarzo, presenta además contenidos menores de clorita, anhidrita y calcopirita. Los clastos son monomícticos y angulosos provenientes de rocas adyacentes al complejo. Llegan a alcanzar 15 cm de largo máximo y el 40% de volumen de roca total.

### 4.1.3 Complejo Máfico El Teniente (C.M.E.T.).

Comprende al tipo litológico de mayor distribución en la zona de estudio y hospeda la mayor parte de la mineralización de cobre y molibdeno. Se distinguen dos tipos de C.M.E.T., los que se diferencian por la alteración que los afecta y la mineralización hospedante.

#### 4.1.3.1 Complejo Máfico El Teniente Hw.

Ubicado en la zona Oeste de las labores de mina Esmeralda, es afectado por la Alteración Hidrotermal Tardía. Se caracteriza por presentar una textura porfídica fina y afaníticas, de color gris oscuro producto de una biotización intensa, y con un aspecto brilloso producto de la anhidrita presente en vetillas, como en la matriz de la roca. Se destaca el intenso stockwork que posee, el cual contiene cuarzo, cuarzo-anhidrita y cuarzo-bornita. Esta intruido por cuerpos menores que corresponden a diques de Pórfido Diorítico y de Latita, los que poseen una orientación NS, como por vetas de cuarzo de orientación Este-Oeste.

#### 4.1.3.2 Complejo Máfico El Teniente Fw.

Se ubica en el sector Este de las labores de mina Esmeralda y está afectado por la Alteración Hidrotermal Principal. Con una textura porfídica se encuentra afectado por una alteración potásica primeramente y posteriormente obliterada por una alteración fílica, otorgándole un color gris claro. Afectado igualmente por un intenso stockwork de calcopirita y calcopirita- anhidrita- cuarzo, con un halo cuarzo-sericítico. Constituido generalmente por fenocristales de plagioclasa tabulares, subhedrales a anhedrales, anhidrita en cúmulos como relleno en vetillas y fallas; cuarzo que se presenta como relleno de vetillas, además de formar parte de la alteración de la roca, la biotita se presenta abundantemente como mineral de alteración y/o en guías de vetillas.

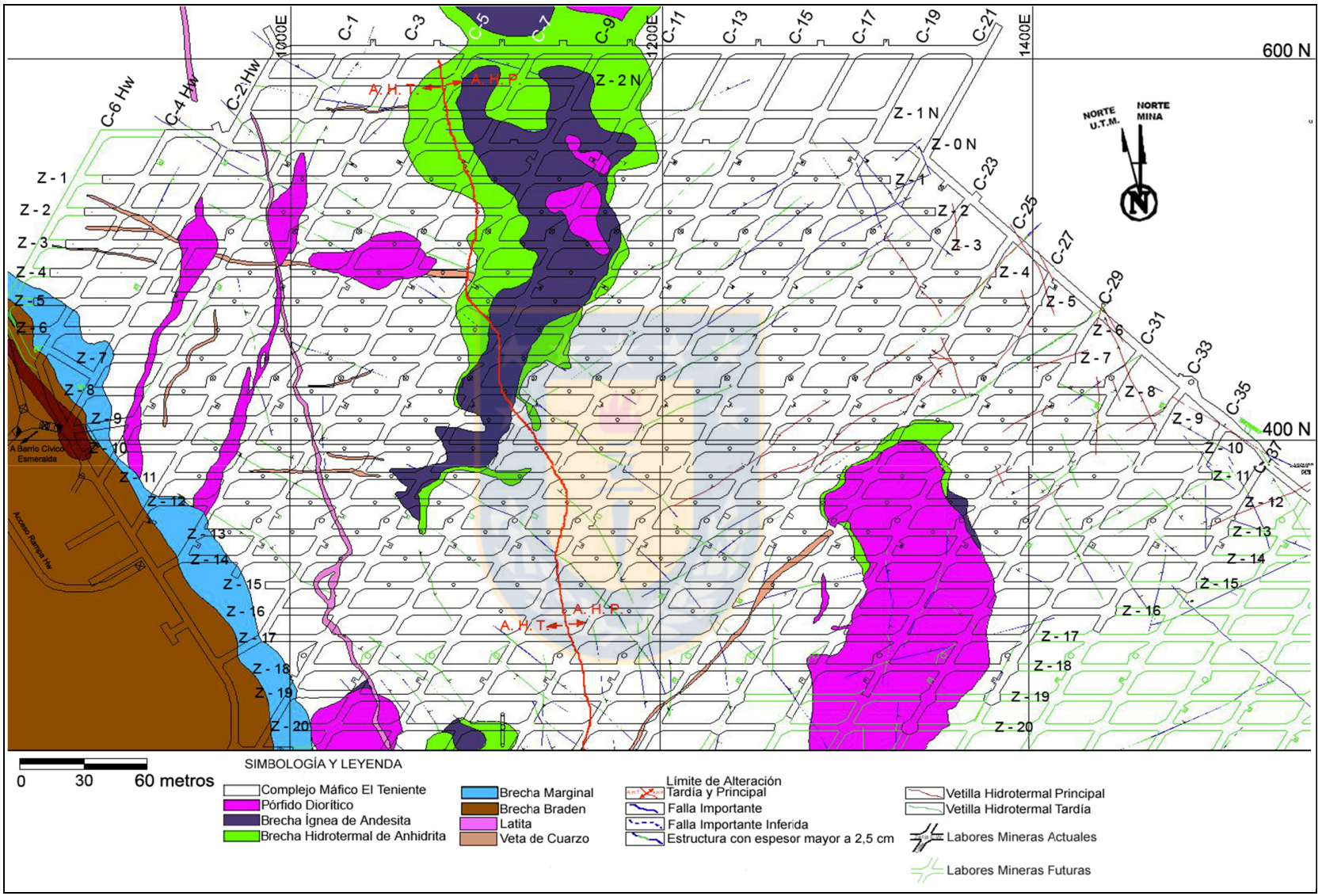



**Figura 4.1:** Mapa Geológico del sector Esmeralda (Modificado de Tapia, 2005).

El principal mineral de mena, corresponde a calcopirita, presentándose como granos anhedrales, y en cúmulos principalmente en stockwork y en menor medida diseminada.

### 4.1.4 Pórfido Diorítico y Microdiorítico.

El Pórfido Diorítico se constituye de dos cuerpos subverticales masivos, de color gris verdoso claro con textura porfídica de grano fino a grueso, que presenta una alteración fílica moderada, con lo que la roca adquiere un color blanco y textura fina.

Microscópicamente, corresponde a una tonalita, con textura holocristalina, que varía de hipidiomórfica granular a porfídica. Presenta, fenocristales de plagioclasa de formas subhedrales a anhedrales, de hábito tabular y color blanquecino; feldespato potásico de color blanquecino con formas anhedrales intensamente alterados; cuarzo y cristales anhedrales, biotita como cristales subhedrales a euhedrales. Los minerales de mena corresponden a: calcopirita, en formas anhedrales, mineral ampliamente distribuido en la roca, ya sea diseminado y/o en el stockwork; molibdenita que se encuentra como relleno de fallas. La pirita se presenta diseminada en la roca y/o vetillas, observándose cristales subhedrales, de hábito cúbico. Los minerales de ganga, corresponden a anhidrita, en cúmulos, ya sea en vetillas y/o diseminada en la roca; turmalina, mineral oscuro que se presenta diseminado en la roca y/o vetillas, con habito acicular y con formación de rosetas; cuarzo, diseminado, en vetillas y como relleno de estructuras (fracturas y vetillas); yeso, rellenando estructuras, ya sean vetillas o fallas.

### 4.1.5 Unidades de Brechas.

En el sector las Unidades de Brechas reúne a dos variedades litológicas que se encuentran en la parte Centro-Norte de las labores de mina Esmeralda, diferenciadas por la composición de sus clastos y la Matriz.

#### 4.1.5.1 Brecha Ígnea de Andesita.

Corresponde a una roca que posee fragmentos subredondeados de Pórfido Diorítico, de 2 a 30 cm de diámetro que no superan el 5% en volumen total, en una matriz porfídica del Complejo Máfico El Teniente. Minoritariamente, exhibe fragmentos subredondeados

del Complejo Máfico El Teniente de 1 a 20 cm de diámetro, en una matriz de Pórfido Diorítico. En algunos sectores, presenta brechización de anhidrita, aproximadamente en 5 a 10% del volumen de roca. Se ubica en el núcleo del cuerpo de brechas.

#### 4.1.5.2 Brecha Hidrotermal de Anhidrita.

Corresponde a una andesita brechizada, con relleno parcial de anhidrita en 10% en volumen y se caracteriza en el lado Oeste por tener baja frecuencia de vetillas, mientras que en el lado Este se presenta con una alta frecuencia de vetillas. Se distribuye en dos franjas marginales a la Brecha Ígnea de Andesita y presenta potencias entre 2 y 25 m.

### 4.1.6 Latita.

Es un cuerpo tabular subvertical, que presenta un color gris claro verdoso y corta todas las unidades previamente descritas. Tiene una disposición NS, que varía entre N10ºW y N30ºW con un manteo promedio de 80º hacia el Complejo de Brechas Braden. El dique de Latita, tiene una traza que supera los 400 m, su potencia varía entre 1,5 y 4,0 m y muestra contactos nítidos con la roca de caja. Microscópicamente, corresponde a un pórfido dacítico, con textura holocristalina variando de hipidiomórfica granular a porfídica.

### 4.1.7 Veta de Cuarzo.

Con una orientación N80ºW y subvertical, posee una potencia de 3 a 4 m, con sulfuros diseminados, principalmente bornita, como parches y vetillas, además de anhidrita y sericita.

## 4.2 Alteración y Mineralización.

La alteración que posee el sector es evidentemente la misma del yacimiento, con la diferencia que en el sector de estudio es posible determinar una subdivisión, en relación con el tipo de ambiente hidrotermal que se distribuye en el sector. De este modo la división El Teniente, define el límite de ambientes hidrotermales o ámbitos hidrotermales, por un predominio de vetillas, pertenecientes a una etapa de alteración y mineralización, sobre otra. En el sector de estudio se reconocen dos ambientes de alteración hidrotermal, correspondiente al Ambiente Hidrotermal Tardío, y al Ambiente Hidrotermal Principal.

El más cercano al complejo de Brechas Braden corresponde al ambiente de alteración hidrotermal tardío (A.H.T.). posee una alta proporción de estructuras y vetillas con rumbo N40º-60ºW. Las vetillas, poseen principalmente un relleno que consta de cuarzo, cuarzo-anhidrita y cuarzo-bornita.

El ambiente de alteración principal (A.H.P.) se encuentra hacia la periferia del yacimiento, caracterizado por estructuras y vetillas con una orientación N40º-60ºE. Estas vetillas están rellenas principalmente de calcopirita y calcopirita-anhidrita-cuarzo.

El límite de estos ambientes posee consecuencias geotécnicas, definiendo distintos comportamientos de estabilidad y hundimiento entre ambos sectores, presentándose más fracturado el macizo en el ambiente de Alteración Hidrotermal Principal (A.H.P.).

## 4.3 Estructuras

El sector Esmeralda, se caracteriza por presentar subsectores de estructuras mayores e intermedias con orientaciones características. En base a la caracterización de las estructuras mayores, en el área de estudio, se definieron cinco Dominios Estructurales (Morales y Seguel, 1998), que se describen a continuación.

### 4.3.1 Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Hw – Noroeste.

Se caracteriza, por la presencia de varias estructuras mayores de orientación NW-SE, entre las cuales destacan las fallas subparalelas B y B´. Se emplaza en un sector en que la roca de caja corresponde al Complejo Máfico El Teniente con alteración del ambiente hidrotermal tardío, con diversas manifestaciones de cuerpos intrusivos menores (Pórfido Diorítico, Latita, veta de cuarzo), los cuáles se encuentran en su totalidad cortados por las estructuras NW-SE.

### 4.3.2 Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Fw – Noreste.

Se caracteriza por un marcado patrón estructural de fallas de rumbo N50º- 70ºE, entre las cuales destaca la Falla F; en forma subordinada, se presenta un conjunto de vetillas del ambiente hidrotermal principal de rumbo NW-SE. Se emplaza mayoritariamente en el Complejo Máfico El Teniente con alteración del ambiente hidrotermal principal, con

relaciones de contacto anteriores al sistema noroeste, terminando abruptamente alrededor del límite entre los ambientes de Alteración Hidrotermal Tardío y Principal.

### 4.3.3 Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Fw – Noroeste.

Se caracteriza por presentar una combinación de estructuras mayores emplazadas en el Complejo Máfico El Teniente con alteración del ambiente hidrotermal principal. El conjunto predominante tiene rumbo N30º- 40ºW. Existe una cantidad importante de estructuras que corresponden a conjuntos secundarios, principalmente el conjunto de rumbo N50ºE-N70ºE, además de presentar un porcentaje importante de estructuras subhorizontales (20-30% del total de las estructuras).

### 4.3.4 Dominio Estructural Brecha Norte.

Este dominio estructural, es de escasa representación por encontrarse emplazado mayoritariamente en las Unidades de Brechas (brecha ígnea de andesita y brecha hidrotermal de anhidrita). Se asocia, a la continuación hacia el sur del Dominio Estructural Complejo Máfico El Teniente Hw - Noroeste. El rasgo estructural más prominente, lo constituye una falla de rumbo EW, que corta los sistemas estructurales de rumbo noroeste y noreste.

### 4.3.5 Dominio Estructural Pórfido Diorítico.

Este dominio, está representado por el sector ocupado por el Pórfido Diorítico, en la parte Sureste del sector Esmeralda. Se observan estructuras, generalmente fallas, de escaso espesor, de rumbo preferencial NE-SW (60 % del total) y NW-SE (30% del total).

# 5 GEOLOGÍA Y METALURGIA.

## 5.1 Introducción.

En la explotación de un yacimiento es importante mantener un constante análisis del proceso, esto para determinar cuan eficiente está siendo y de ser posible aplicar una optimización. Es por esto, que se realizan constantes pruebas, dentro de las que se encuentran los ensayos metalúrgicos los que están dirigidos a generar mayor información para la fase de concentración y recuperación del recurso. De este modo una caracterización de la mineralogía de mena y/o ganga, tiende a robustecer el conocimiento que se debe tener para la eficiencia del proceso.

En una visión más específica, las características de los minerales condicionan y determinan todas las fases del quehacer minero, desde la estrategia de explotación hasta el cierre de una mina (Cánepa y Manzaneda, 2004), en este caso, el mejoramiento del beneficio que se puede obtener del proceso de concentración.

## 5.2 Conceptos básicos.

Existen conceptos de importancia que son compartidos en el proceso de obtención de Cu, entre la geología y la metalurgia los cuales se detallan a continuación.

- **Ley**: Hace referencia al porcentaje en peso del mineral de interés económico respecto del total de la muestra.

- **Recuperación:** Habla de porcentaje de contenido fino en peso del elemento *"target*" en la muestra, recuperado a partir de un proceso de concentración.

- **Mineral de Ganga:** Es aquel mineral que no tiene importancia económica y que por lo general hace referencia a minerales no metálicos que acompañan al mineral de interés.

- **Mineral de Cabeza:** Se entiende como todo el mineral que ingresa al proceso de concentración, después de la molienda.

- **Concentrado Mineral:** Es el mineral valioso que se obtiene por el procesamiento del mineral de cabeza o de alimentación y que contiene las especies mineralógicas de interés económico.

- **Flotación:** Proceso de concentración que consta de tres fases (sólido, líquido, gaseoso) y que tiene como propósito separar de manera selectiva el mineral de interés de los minerales de ganga o no valiosos, a partir de la hidrofobicidad de los minerales y su adhesión a burbujas de aire durante el proceso.

## 5.3 Proceso de Concentración.

La flotación, corresponde a un método de separación selectiva, donde partículas de especies minerales valiosas, son separadas de la ganga, en base a las propiedades fisicoquímicas (Figura 5.1).

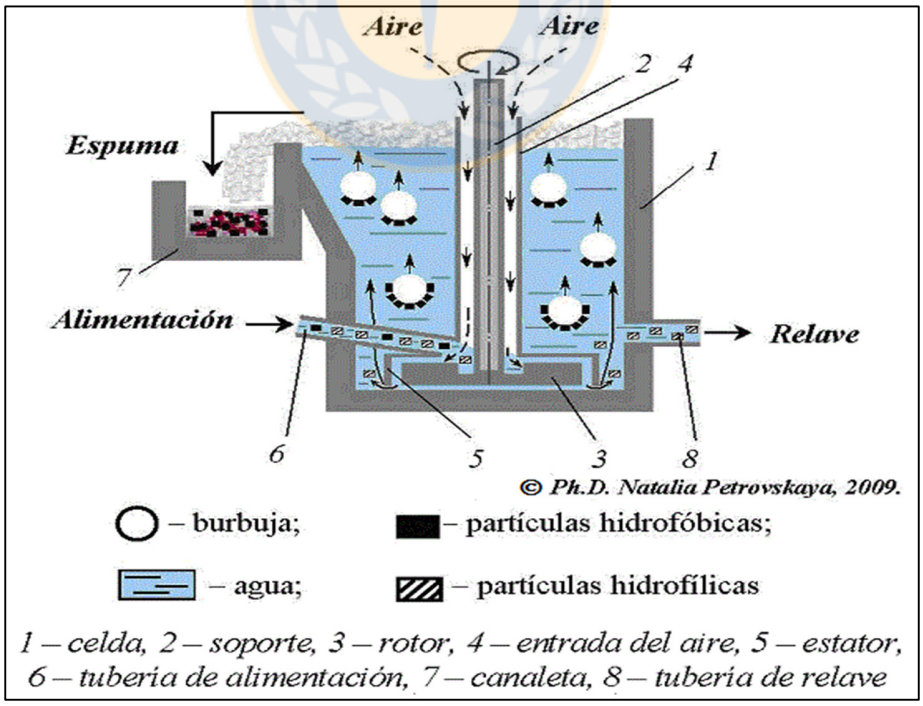



**Figura 5.1:** Diagrama de flotación (Petrovskaya, 2009).

El proceso se efectúa a partir de la adhesión de burbujas de aire a minerales específicos (de ahí que el proceso sea selectivo), burbujas que son generadas por un reactor basal (rotor), en el fondo de la celda. Estas burbujas ascienden adhiriendose a su paso a las partículas expuestas de los minerales "*target*", transportándolas hasta la superficie, donde se forma una espuma que constituye el concentrado mineral, mientras que las partículas que no ascienden, forman lo que llamamos mineral de cola que posteriormente formara parte de los relaves.

Para que la adhesión selectiva de minerales ocurra, es necesario que exista una interacción entre la burbuja y el mineral la cual está regida por las propiedades de hidrofobicidad e hidrofilicidad. Para que los minerales se adhieran, es necesario una hidrofobicidad alta, propiedad que es natural en algunos minerales, como la molibdenita, y que no es necesario modificarlos para que la posean, no así otros minerales que necesitan aumentarla, esto se logra adicionando reactivos llamados colectores, que aumentan la hidrofobicidad de un mineral.

Paralelamente los minerales que no tienen interés económico no deben adherirse a las burbujas y por lo tanto es necesario que sean altamente hidrofílicos; como ayuda para este proceso, se utilizan reactivos llamados depresores, los que realizan la acción contraria a los colectores.

Una vez que sucede la adherencia del mineral a las burbujas, estas ascienden y es necesario que se mantengan en superficie para que puedan ser retiradas. Cuando se forma esta capa, se requiere que tenga estabilidad para realizar la recuperación, para ello, se agregan reactivos llamados espumantes, los que generan burbujas con mayor estabilidad, la cual se mantiene en el tiempo y permite la extracción de mejor manera.

## 5.4 Liberación y Flotabilidad de Partículas.

Cuando hablamos de liberación de partículas, se entiende como la acción de dejar expuesta la partícula, por medio de conminución, con el objeto de separar la especie mineral valiosa, por el método metalúrgico que proponga mejor recuperación.

En este caso, para la flotación, tiene como objetivo dejar expuesto un grano mineral hidrofóbico (Figura 5.2), para que este pueda adherirse a la burbuja y así permitirle flotar.

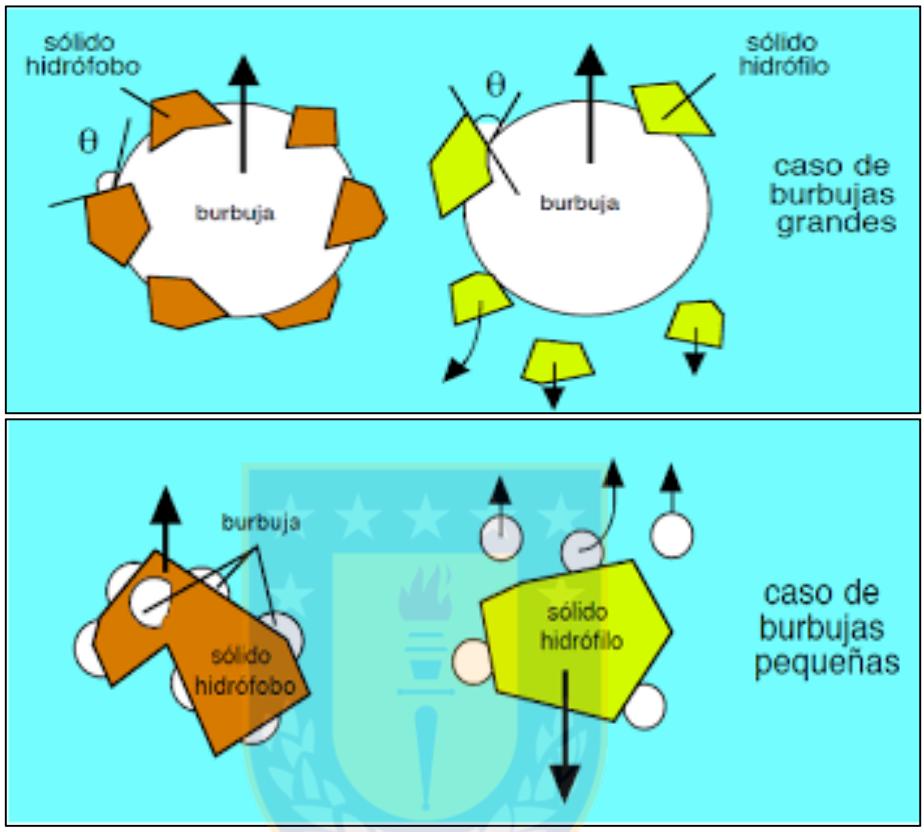



**Figura 5.2:** Mecanismo de flotación de partículas. (Petrovskaya, 2009).

Paralelamente, el grado de liberación, es una expresión cuantitativa, de la magnitud en que la molienda es capaz de obtener partículas “libres” para que una vez ingresadas al proceso de concentración, puedan colisionar y adherirse a las burbujas. Es común encontrar partículas con diferentes grados de liberación, junto a las partículas que se encuentran libres, se encuentran partículas mixtas, en las que el mineral que interesa se presenta en varios porcentajes.

Agrupadas en 4 grandes clasificaciones de menor a mayor encontramos: ocluido (0-30%), parcialmente ocluido (30-50%), parcialmente liberado (50-80%), y liberado (sobre 80%).

Para una flotación optima es necesario utilizar un tamaño de partículas donde el 80% del material tiene un tamaño menor a malla #100 Taylor. Esto asegura el máximo rendimiento en la flotación, ya que tamaños muy grandes o muy pequeños tienen menores recuperaciones por no adherencia y por sobreespumación respectivamente.

## 5.5 Blending

Cuando hablamos de "*Blending*" nos referimos al procedimiento que se basa en la mezcla de dos minerales de composición distinta, ya sea diferente ley mineral, composición química, litología, etc., los que al ser mezclados presenten una respuesta metalúrgica mejor que si los minerales fueran procesados por si solos.

Las muestras son analizadas para determinar si existe un comportamiento sinérgico en la flotación, y determinar si existe relación entre el porcentaje de recuperación de Cu y la proporción de las mezclas. Al superponer la curva teórica y la curva real se busca encontrar el punto crítico de "*Blending*", punto donde existe efecto sinérgico y se produce un cambio positivo o negativo entre las mezclas.

La Figura 5.3 señala un ejemplo de cómo sería la comparación entre una curva teórica (roja) y una curva real (azul) donde el punto en que se cruzan (Br) es el punto crítico de la mezcla, donde el efecto sinérgico ya no tiene efecto.

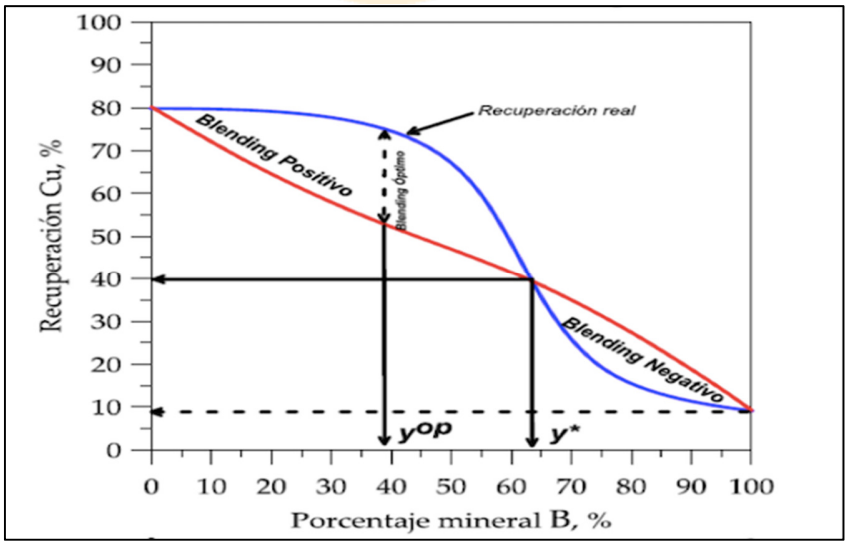



**Figura 5.3:** Ejemplo de grafica de "*Blending*", punto crítico y sinergia entre dos muestras minerales (Gutiérrez & Pawlik, 2015).

La recuperación calculada, se basa en la suma de los porcentajes de mezcla de las muestras puras multiplicada por la ley y la recuperación de las muestras puras todo esto dividido por la suma de la ley de la muestra pura y el porcentaje de mezcla. El capítulo 7.5 describe la formula y resultados de las recuperaciones de las mezclas de este estudio.

## 5.6 Antecedentes metalúrgicos del yacimiento.

Actualmente el yacimiento El Teniente no posee un modelo geometalúrgico de corto plazo, pero se considera una zonificación, “zonas de calidad mineral” que se actualiza mensualmente a través de toma de muestras y descripciones minerales además de ensayos metalúrgicos que se realizan cada 4 meses.

Para la zonificación del área (Figura. 5.4), se realizó un muestreo sistemático, que considera inicialmente puntos con semejanzas en dominio mineralógico, zona geotécnica, litología y minerales críticos (hidróxidos de fierro, sulfuros secundarios, oxidados verdes de cobre), posteriormente se subdividen y zonifican en relación al porcentaje de recuperación de Cu y/o ley de concentrado de Cu (Mejías *et al*. 2014).

En el estudio se distinguen 4 zonas o unidades; Zona E (Estándar), Zona F (Favorable), Zona D (Desfavorable) y Zona MD (Muy Desfavorable), de las cuales se ha establecido que estas últimas son las que presentan la más baja recuperación de Cu, no por la baja ley que poseen, sino por los minerales de ganga que dificultan el proceso de recuperación.

Mejías *et al*. (2014), expone que el conocimiento y caracterización de estas zonas es una mejora para la planificación mina-planta de corto plazo y un posible aumento de beneficio a largo plazo.

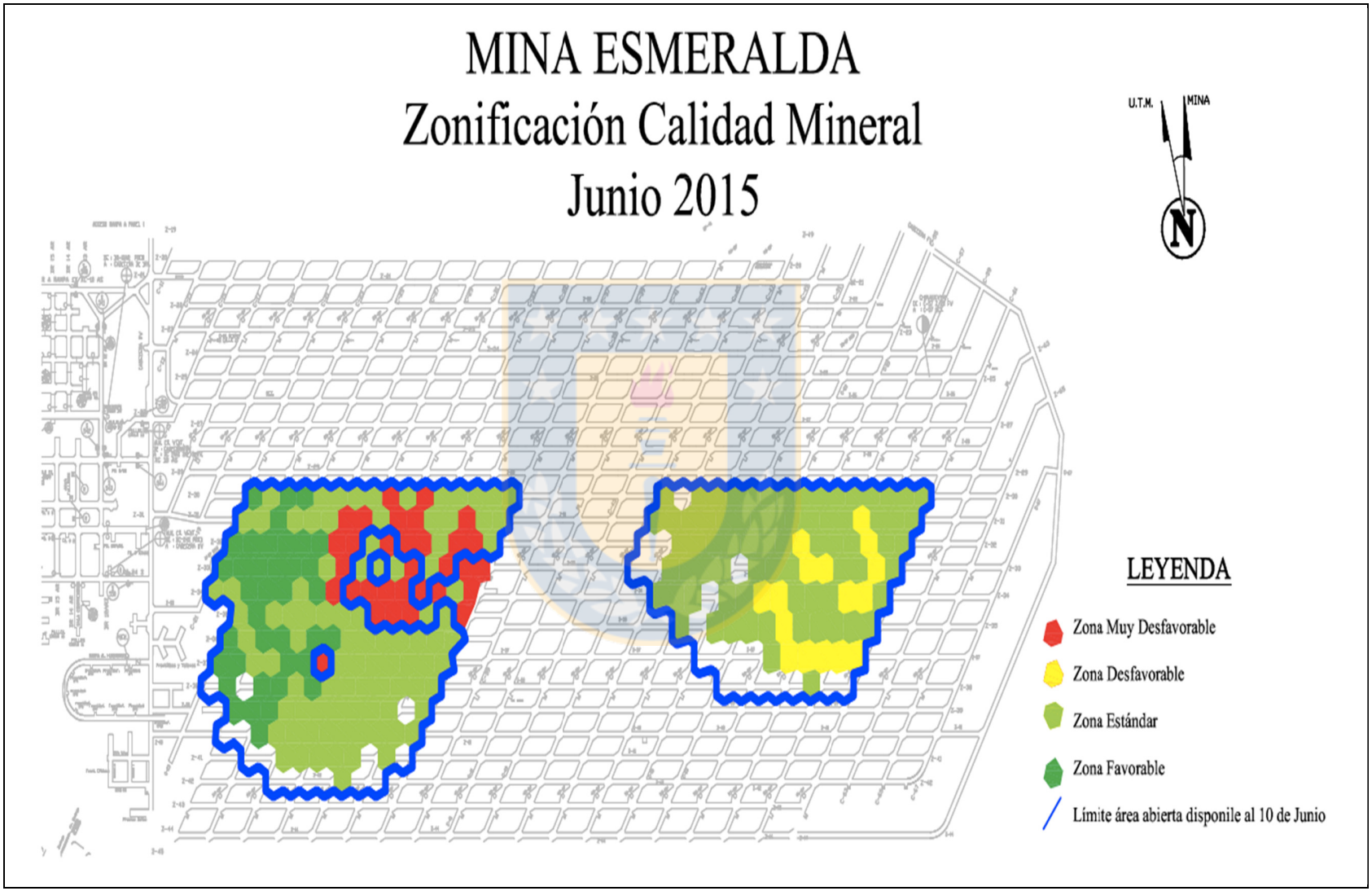



**Figura. 5.4:** Zonificación de Calidad Mineral en sector Esmeralda a junio de 2015. Plano interno SGDT, Codelco, Chile.

# 6 CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA.

El yacimiento el Teniente ha sido descrito como un Pórfido cuprífero, con una amplia variación litológica antes mencionada. Para este estudio, las muestras han sido recogidas de acuerdo con las zonas de calidad mineral (E, F, D y MD), áreas que se sobreponen a unidades litológicas, agrupando a varias litologías en ellas (Figura 6.1) y tomadas del área de extracción activa. La toma de muestras fue realizado por funcionarios de la División El Teniente, para posteriormente ser retiradas por los profesores asociados al proyecto "*Blending*", el Dr. Oscar Jerez Rivera, perteneciente al Instituto de Geología Económica Aplicada y PhD. Leopoldo Gutiérrez Briones del departamento de Ingeniería Metalúrgica, ambos de la Universidad de Concepción.

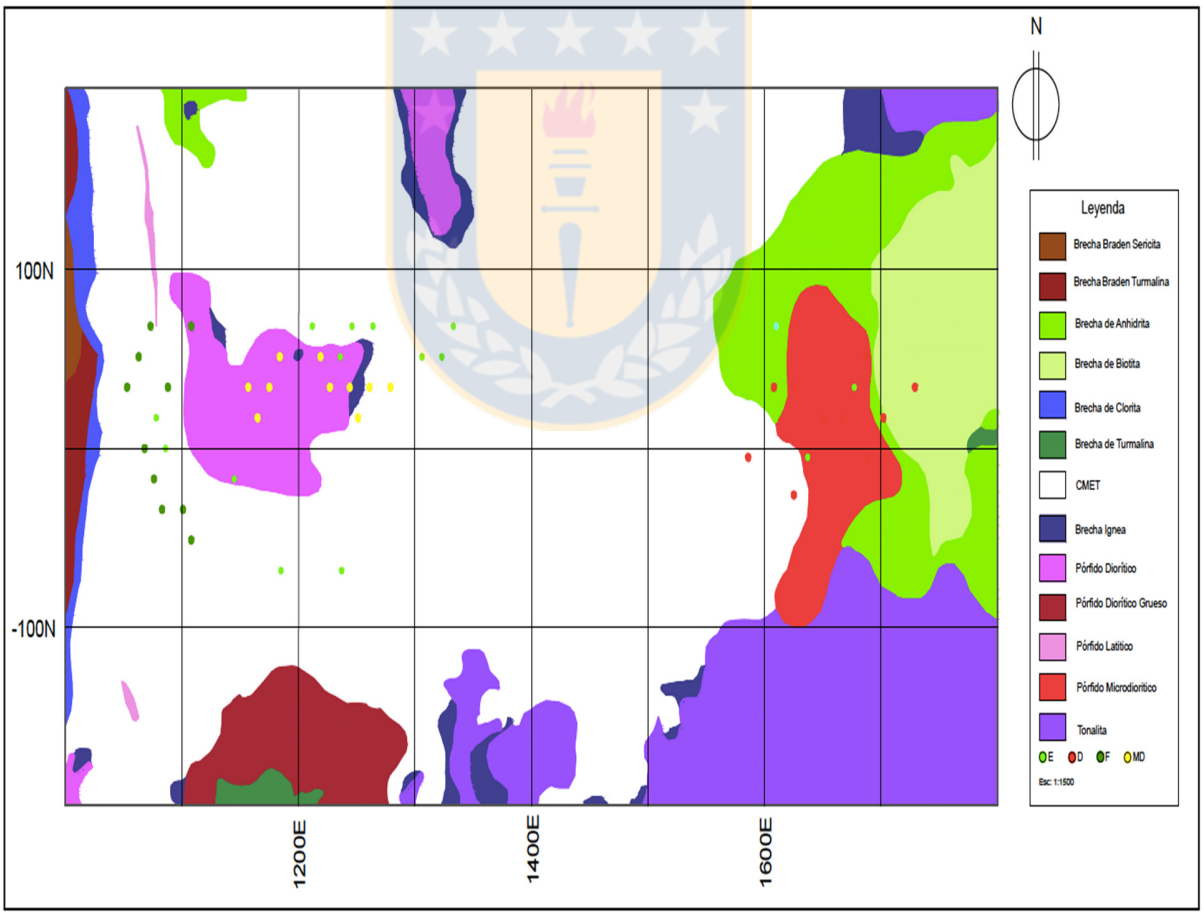



**Figura 6.1:** Mapa geológico zona de estudio, que incluye puntos de extracción de muestras. (Tomado de Mapa interno SGDT, 2016)

## 6.1 Caracterización Macroscópica de muestras.

### 6.1.1 Metodología.

El análisis de las muestras macroscópicas, busca recabar la información básica de la litología, mineralogía, estructuras y microestructuras visibles a ojo humano y que podrían desaparecer al moler o chancar las muestras.

Las unidades geometalúrgicas fueron recogidas en sacos y traídas desde la División El Teniente, sector Esmeralda. Consistían en 8 sacos que sumaban 200 Kg aproximadamente por cada unidad geometalúrgica. Un total de 32 sacos que sumaban 800 kg en total. Los sacos fueron revisados uno a uno, donde fueron seleccionadas ciertas muestras de roca a las cuales se les asignó una nomenclatura.

La nomenclatura estaba compuesta por la letra E para indicar que se trata del sector Esmeralda, la letra de la unidad geometalúrgica (E, D, F o MD), seguido del número del saco y de una letra de la a-z según el orden en que se seleccionaban, es decir la primera muestra del primer saco de la unidad E tendría la siguiente nomenclatura: E. E1a.

Posterior a la selección, cada una de las muestras de mano fueron limpiadas con una brocha para retirar el polvo y luego analizada con lupa manual de 10X, 14X y 20X y con ayuda de un rayador de carbono-tungsteno. Finalmente se evalúan las muestras con una lupa electrónica con aumento hasta 100X.

### 6.1.2 Unidad Geometalúrgica Estándar (E).

La unidad Estándar de este estudio la componen varias litologías (Figura 6.2), dentro de las cuales se encuentran, CMET, pórfido diorítico, pórfido microdiorítico, y brecha de anhidrita.

Macroscópicamente estos especímenes se diferencian entre ellos por el color que se observa a primera vista. Cuando pertenecen al CMET se distinguen por su color gris-verdoso oscuro, algunas de ellos presentan intenso stockwork e intrusiones de pórfido diorítico y latítico, por el contrario, los pórfidos diorítico y microdiorítico se caracterizan por tener un color gris-verdoso claro, estos tonos van directamente relacionados con la

alteración de los minerales que contienen, ya que los tonos oscuros de las muestras de CMET son respuesta a una biotización en una alteración potásica, mientras que los tonos claros son producto de una alteración fílica que afecta al pórfido diorítico y microdiorítico.

**Fig. 6.2:** Unidad Estándar a) E.E1C; b) E.E2B

### 6.1.3 Unidad Geometalúrgica Favorable (F).

Las unidades favorables de este estudio han sido recogidas casi en su totalidad de sectores de CMET Hw o sector Oeste, el cual ha sido afectado por una alteración tardía, caracterizando las muestras de tipo F con colores gris verdoso oscuros, producto de la biotización más un espécimen tomado desde el pórfido diorítico (Figura 6.3).

Se observa además el brillo particular de la anhidrita el cual está presente normalmente en vetillas. Dentro de los minerales de mena, destaca la presencia de minerales metálicos azulosos y grises, como bornitas y calcosinas-digenitas, los cuales se presentan en mayor medida que en la muestra estándar.

**Figura. 6.3:** Unidad Favorable a) E.F6C b) E.F1A

### 6.1.4 Unidad Geometalúrgica Desfavorable (D).

La muestra de tipo D o desfavorable, abarca 4 litologías, todas ellas acotadas al sector Este, el cual está afectado por la alteración principal, estas son: CMET Fw, pórfido microdiorítico, Brecha de Anhidrita y Brecha de Biotita (Figura. 6.4).

**Fig. 6.4:** Unidad Desfavorable a) E.D5A b) E.D5B

El sector Este o periférico es caracterizado por sus tonalidades gris verdosa clara, debido a la sobreimposición de alteraciones, primeramente, una potásica y posteriormente una fílica, diferenciando levemente las litologías o incluso imposibilitando la determinación del origen litológico. Pese a esto se observan vetillas que están rellenas principalmente por cuarzo- anhidrita y minerales de mena como pirita y calcosina. Una diferencia leve entre el CMET y el pórfido microdiorítico, es la textura ya que como el nombre lo indica el Pórfido Microdiorítico posee una textura mucho más fina que el CMET.

### 6.1.5 Unidad Geometalúrgica Muy Desfavorable (MD).

La muestra tipo D se trata de material de sobrecarga el cual viene fragmentado con tamaños menores a los 5 cm, por lo mismo esta muestra macroscópica no se analizó en profundidad. Cabe destacar que la información de muestreo sitúa a la unidad geometalúrgica MD dentro de las litologías de Pórfido Diorítico, CMET y Brecha ígnea, la cual es claramente un sector de transición, caracterizado por fragmentos de Pórfido Diorítico en una matriz de CMET.

## 6.2 Caracterización Microscópica de Muestras.

### 6.2.1 Metodología.

A partir de la selección de muestras macroscópicas fueron seleccionadas 29 muestras para la realización de cortes transparentes y pulidos. La preparación de estos cortes de realiza en el taller de cortes donde la roca llega con una marca donde se le realizara el corte. La muestra de mano es cortada con una sierra para rocas con dientes revestidos con diamantes, para disminuir su tamaño a un rectángulo de dimensione similares a un portaobjetos (2,5 x 5,0 cm) con un espesor variable.

Una de las caras del rectángulo es pulida en discos de acero giratorios con abrasivos de carburo de silicio de diferentes granulometrías, una gruesa Nº220, dos medias Nº400 y Nº800 y una fina Nº1000, luego es pulida en una superficie de vidrio con un abrasivo Nº3000 con movimientos manuales circulares. Terminado el proceso de pulido la muestra es lavada para retirar los posibles residuos secada a 100ºC y pegada a un portaobjeto

mediante una resina epóxica. Para que un corte pulido transparente esté terminado, es necesario que la lámina de roca tenga un grosor máximo de 30 micrones (0,03 mm). Para adelgazar la lámina de roca y llegar al espesor requerido, es necesario pulir la otra cara del rectángulo de la misma forma que se pulió anteriormente la cara contraria, es decir 4 discos giratorios y el pulido en vidrio. Hasta aquí los cortes de roca son transparentes y permiten estudiar los minerales de ganga. Para el estudio de minerales metálicos, es necesario pulir estos minerales y para esto, el corte es pulido con una pasta de diamante de manera automática por una hora, lo que le da el brillo suficiente para poder reflejar la luz y poder analizarlos por luz reflejada en el microscopio.

Cada corte es revisado mediante microscopio binocular, y se calcula el porcentaje de abundancia (% volumen) de cada mineral existente, los que se registran en tablas, con su textura y ocurrencia. Los cortes realizados, se listan en la Tabla 6.1, mientras que la descripción completa de cada corte puede ser revisada en el anexo A.

**Tabla 6.1:** Listado de muestras macroscópicas a las cuales se les realizó corte pulido transparente.

| **Caracterización microscópica de unidades geometalúrgicas** | Cortes pulidos y transparentes | | | 29 cortes pulidos trasparentes |
|---|---|---|---|---|
| | **Unidad E** | **Unidad F** | **Unidad D** | |
| | E. E2a | E. F1b | E. D1a | |
| | E. E2c | E. F2b | E. D1b | |
| | E. E3b | E. F2c | E. D2a | |
| | E. E4a | E. F3a | E. D3a | |
| | E. E5a | E. F5a | E. D4a | |
| | E. E5b | E. F5b | E. D5a | |
| | E. E6a | E. F6b | E. D6a | |
| | E. E6b | E. F8a | E. D6b | |
| | E. E7a | E. F8b | E. D7a | |
| | | | E. D8a | |
| | | | E. D8b | |
| | 9 cortes | 9 cortes | 11 cortes | |

### 6.2.2 Muestra Estándar (E).

Bajo el microscopio, las muestras elegidas de la Unidad Estándar presentan variaciones importantes que denotan las diferencias litológicas iniciales y la intensidad de la alteración que las ha afectado, como es sabido las unidades que han sido utilizadas en el estudio, han sido clasificadas por factores metalúrgicos, lo que permitió que hubiera esta variabilidad en las muestras. Es posible identificar minerales a partir del estudio microscópico pero la intensidad de la alteración dificulta la determinación definitiva de la litología original.

**Mineralogía de ganga*:***

Los contenidos de cuarzo no superan el 30% y siempre son mayores al 15% indicándonos que son rocas del tipo intermedias a máficas. Por lo general las muestras contienen cuarzos secundarios que se caracterizan por sus tamaños pequeños, algunos puntos triples y su disposición diseminada en la roca.

Por otro lado, el contenido de plagioclasas y feldespatos potásicos presentan una variabilidad mucho mayor, desde la inexistencia de plagioclasas a valores sobre 30% y sobre 35% cuando hablamos de feldespatos potásicos, estos últimos, en los casos de contenidos bajos, se disponen en los bordes de las plagioclasas existentes.

Las muestras de la Unidad Estándar, denotan alteraciones fílicas y potásicas, las cuales son avaladas por los altos contenidos de micas blancas, 35% (alteración fílica), y biotitas secundarias, 25%, (alteración potásica o biotitización), habiendo también casos en que ambos valores son similares y se entiende que existe una sobre imposición de alteraciones de grado moderado. Las biotitas se observan en cúmulos y diseminadas, mientras que las micas blancas son finas y se encuentran sobre plagioclasas (Figura 6.5) producto de la alteración de estas, con intensidades variadas.

En el caso de la anhidrita y el yeso, los contenidos de yeso son muy por debajo de los de anhidrita en todos los especímenes. La anhidrita se encuentra en vetillas como relleno donde comparte espacio con sulfuros como pirita generalmente.

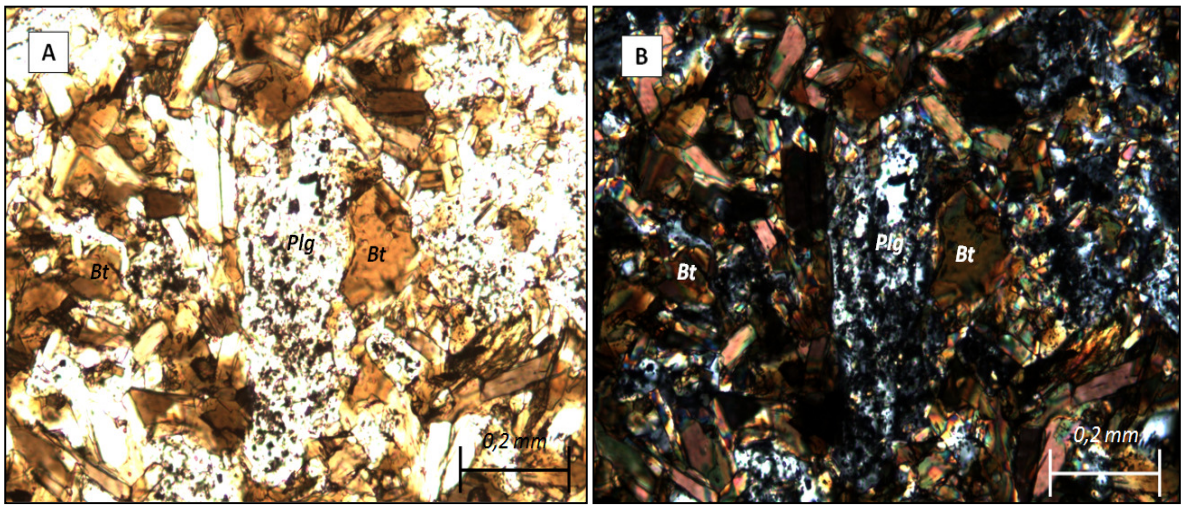



**Figura 6.5:** Fotomicrografía de la muestra E. E2c, micas blancas finas sobre plagioclasas A) NPP/10X B) NX/10X

**Mineralogía de mena:**

Los minerales con mayor ocurrencia son la calcopirita y la pirita, existen algunos casos con contenidos anómalos de calcopirita (10%) los cuales superan por mucho a los valores entre 1-2 % (Figura 6.6) que existe en la mayoría de las muestras; de manera similar, la pirita se fluctua alrededor del 1%. Existen también muestras con molibdenita y otras con calcosina y digenita. La ocurrencia de estos minerales está dada por un remplazo de la calcopirita por calcosina y/o digenita, remplazo que se observa también cuando existe bornita.

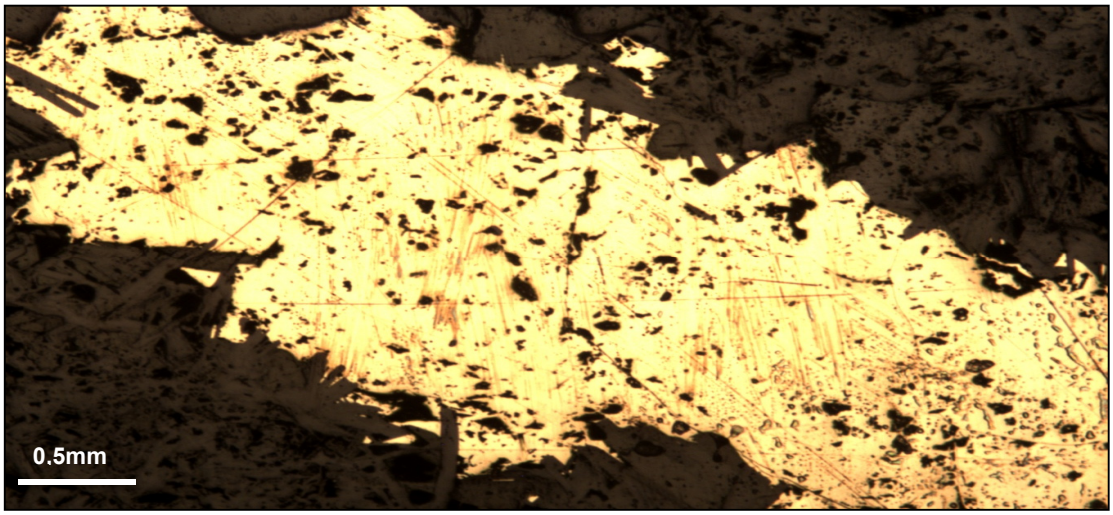



**Figura 6.6:** Fotomicrografía de la muestra E. E2c, Calcopirita rellenando espacios. LR/10X

La bornita es escasa, y más aún lo es la molibdenita que se encuentra al mismo nivel de contenidos que los sulfuros secundarios mencionados anteriormente. En general son rocas con poca mineralización, exceptuando 2 muestras con contenidos anómalos ya comentados.

### 6.2.3 Muestra Favorable (F)

En este grupo de muestras encontramos menos variabilidad que en las muestras Estándar, y destacamos la existencia de un espécimen de pórfido diorítico, que ha sido de las pocas muestras a las cuales se le determinó su litología original.

**Mineralogía de Ganga:**

Los contenidos de cuarzo (promedio de 30%) son mayores que en la Unidad Estándar, a excepción del pórfido diorítico con un bajo contenido en cuarzo, al normalizar estas muestras siguen siendo de tipo intermedio, pero con tendencia a félsicas. El cuarzo presente en la mayoría de las muestras se divide en cuarzo primario con grandes cristales, algunos con signos de embahiamiento y de tipo secundario, con cristales pequeños y algunos puntos triples, producto de la recristalización.

En el caso de los feldespatos potásicos están restringidos a niveles bajos (10%) y para las plagioclasas encontramos valores desde 0% a 35% en el general de las muestras, y de 50% en el pórfido diorítico. El feldespato potásico está asociado a bordes de plagioclasas, y estas últimas se disponen de manera diseminada en la roca (Figura 6.7).

Dentro de los minerales de alteración, destaca la biotita secundaria con hasta 20% que se observa en agregados finos y en cúmulos principalmente, y las micas blancas con valores hasta de 40% alterando a plagioclasas hasta solo observar los bordes remanentes.

La clorita esta reducida bajo el 5% y proviene de la alteración de biotitas existentes en la roca. En el pórfido diorítico, solo destaca el valor de la biotita (10%), ya que micas blancas y cloritas no superan el 5% entre ambas, lo que podría indicar que se trata de una roca muy poco alterada.

La anhidrita y el yeso tienen la misma relación que en la Unidad Estándar, donde el contenido de anhidrita siempre es mayor que el contenido de yeso y no superan el 10% considerando a ambos minerales. La anhidrita se encuentra diseminada y de la misma forma que antes rellenando vetillas con sulfuros.

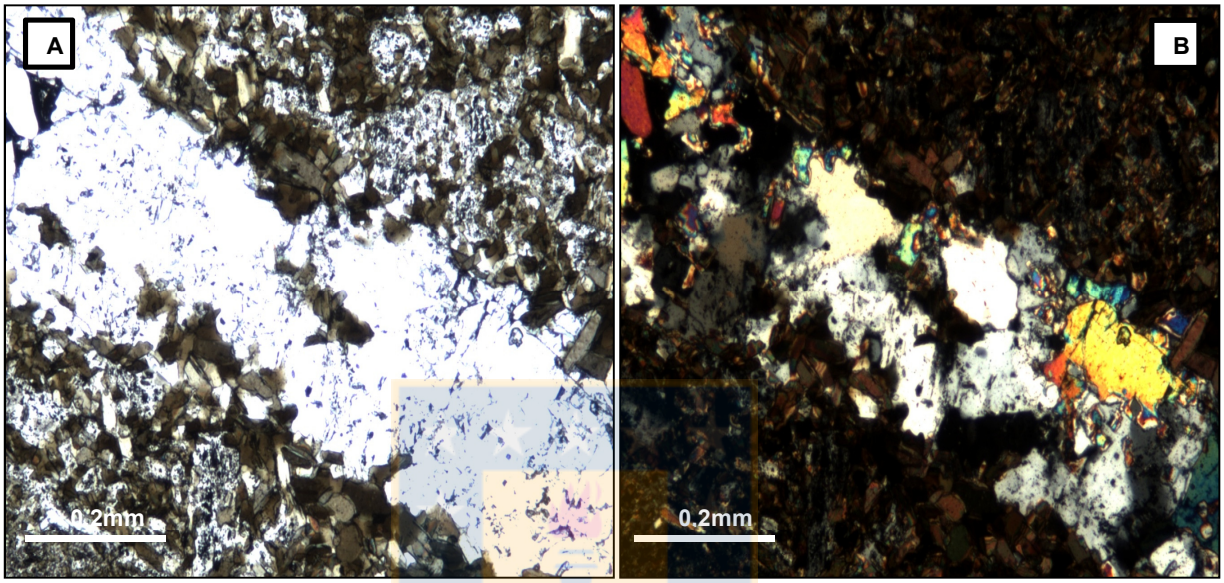



**Figura 6.7:** Fotomicrografía de la muestra E. F5a. Vetilla de cuarzo con anhidrita, plagioclasas con alteración fílica, remplazo por mica blanca. A) NPP/10X B) NX/10X

Por lo general se observan alteraciones potásicas y fílicas intensas, además de muestras que solo poseen biotitización (pórfido diorítico).

**Mineralogía de Mena:**

Las muestras de la Unidad Favorable, no presentan pirita. Entre los minerales portadores de cobre, los contenidos de bornita son mayores que calcopirita, ambos determinando un ambiente hipógeno a lo que se le suma la presencia de minerales secundarios de cobre como calcosina, digenita y covelina que se disponen como remplazo de los minerales primarios en los bordes de estos (Figura. 6.8).

Existe también molibdenita en al menos la mitad de las muestras, pero con contenidos muy bajos. En el caso del pórfido diorítico se destaca el contenido de magnetita que llega al 5% de la roca, mientras que minerales como calcopirita no se observan y bornita no alcanzan los 0,5%.

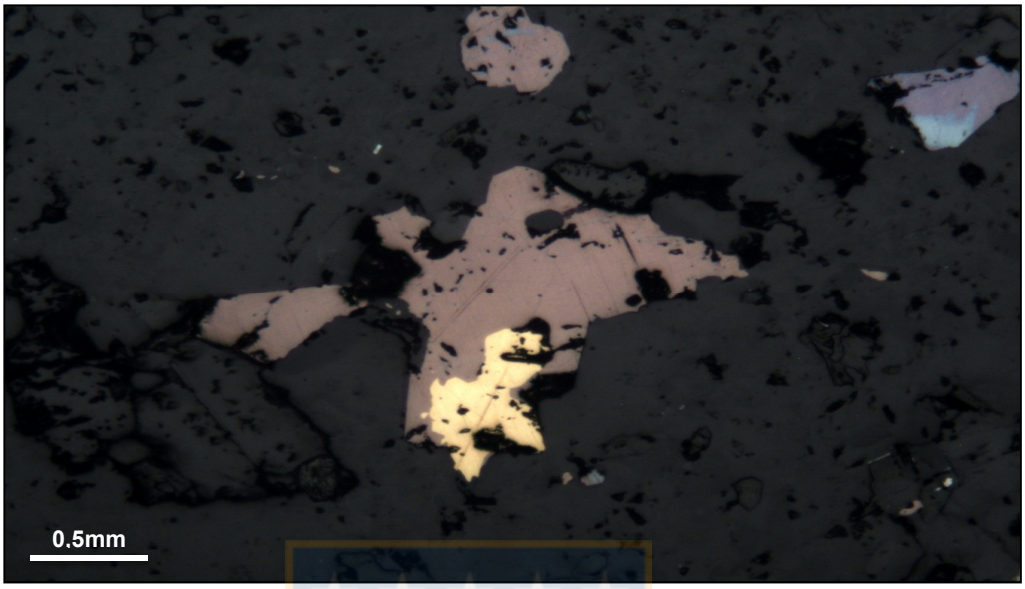



**Figura 6.8:** Fotomicrografía de la muestra E. F5a, bornita y calcopirita en sucesión pasiva y sulfuros secundarios de cobre en remplazo de bornita LR/10X.

### 6.2.4 Muestra Desfavorable (D)

A diferencia de las Unidades Estándar y Favorable, las muestras de la Unidad Desfavorable tienen una variabilidad mucho más amplia que las anteriores muestras, dentro de las muestras desfavorables encontramos casos con contenidos excesivos de pirita, un grupo con contenido del orden del 5 % y un grupo sin pirita y altos contenidos de plagioclasas.

**Mineralogía de ganga:**

Los contenidos de cuarzo rondan entre 15 y 35% pero es posible identificar dos grupos importantes uno con contenidos por sobre 25% y otro con contenidos bajo 20%, el grupo con menor contenido de cuarzo presenta valores de feldespato potásico por sobre el 15% en comparación al grupo alto en cuarzo donde los valores no superan el 7%, tendencia que se repite para las plagioclasas con valores hasta 50% en especímenes pobres en cuarzo versus 15% máximo en el otro caso.

En algunas de estas muestras el cuarzo es primario, determinado por su tamaño y por su característica de rellenar espacios, y secundario en la otra mitad, con cristales pequeños y diseminados en la roca (Figura 6.9).

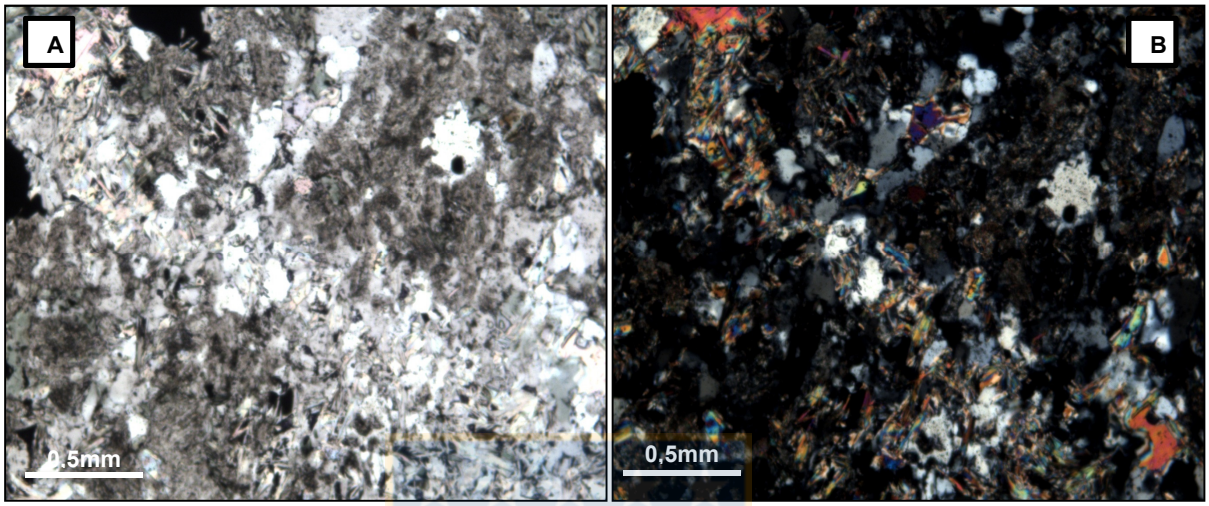



**Figura 6.9:** Fotomicrografía de la muestra E. D2a. Mica blanca y cuarzo A) NPP/10X B) NX/10X.

Las plagioclasas están asociadas a feldespato potásico en bordes y existen casos también donde el feldespato se encuentra diseminado en la roca y levemente alterado tomando otro color (aspecto sucio).

Los minerales producto de alteración tienen una tendencia parecida, las micas blancas llegan hasta 30% en contenido, mientras que en otras que han sido reconocidas como pórfidos dioríticos muestran un máximo de 10%. La biotita se mantiene constante con valores promedio de 4% en todos los especímenes, datos muy similares a los de la clorita donde existe una excepción que contiene 15% de clorita y que ha sido producto de una cloritización local.

La anhidrita y el yeso muestran la misma relación que en E y F, donde la anhidrita supera al yeso en todos los casos, pero lo hace con mayor intensidad en el subgrupo con mayor contenido de cuarzo y en vetillas principalmente.

**Mineralogía de Mena:**

La presencia de pirita es observada solo en la mitad de los especímenes, la pirita fluctúa entre 1 y 14% y se dispone aislada y diseminada en la roca (Figura 6.10). En el caso de

la calcopirita, este mineral está presente en todos los especímenes, además se observan ocurrencias locales de bornita en algunos especímenes.

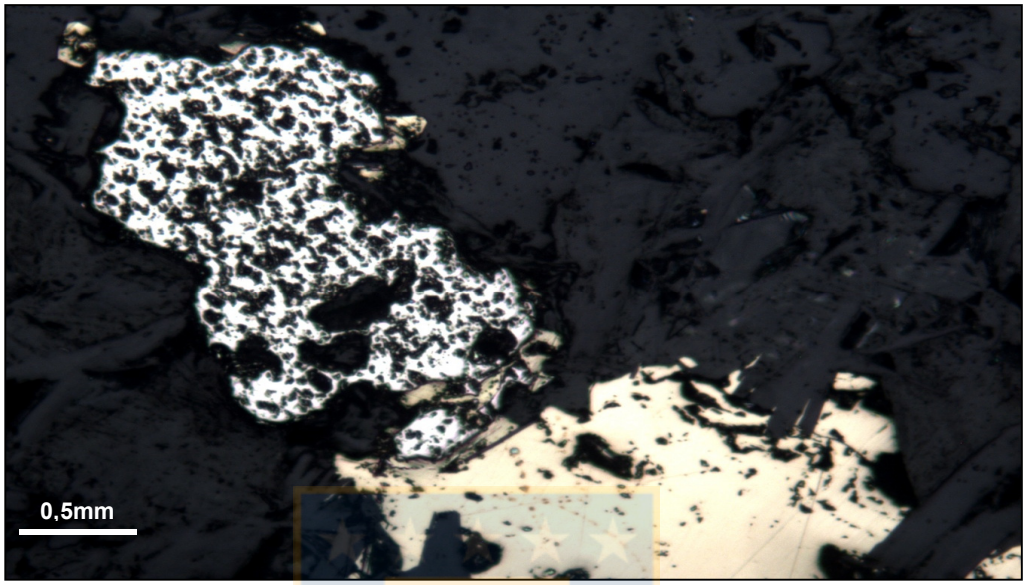



**Figura 6.10:** Fotomicrografía de la muestra E. D4a Pirita y Calcopirita. LR/10X

Mineralogía de mena de tipo secundario es posible distinguir asociada a la calcopirita donde se dispone en los bordes remplazándola, se distingue calcosina y digenita. La molibdenita también está presente. Se observa en cúmulos y como mineral aislado de otros minerales de mena.

### 6.2.5 Muestra Muy Desfavorable (MD)

Las condiciones en que llego la unidad MD, no permitieron la realización de cortes pulidos transparentes, debido al tamaño que esta unidad por tratarse de material de sobre carga, pese a esto el análisis microscópico se basó en las briquetas que se generaron para Qemscan.

**Mineralogía de ganga:**

El contenido de cuarzo es muy similar en las muestras de esta unidad con valores entre 20 a 25% de contenido, siendo el principal mineral formador de roca, plagioclasa con contenidos que no superan el 10% y feldespatos potásicos con no más de 5%. Biotitas alcanzan solo un 5% de promedio.

Las plagioclasas se observan alteradas, y el feldespato potásico se presenta en los bordes de plagioclasas y en algunas muestras alterados a arcillas con el típico aspecto sucio. Las biotitas se presentan en cúmulos muy localmente y diseminadas.

Los minerales de alteración están liderados por las micas blancas con valores que van desde 20 a 25% se presentan diseminadas y como alteración de plagioclasas. Las cloritas con valores entre 10 a 15% son el segundo mineral de alteración con alto contenido.

Se observan algunas arcillas, no identificadas por su fase especifica debido al tamaño de los cristales, pero se estima que alcanzan el 5% y se asocian a feldespatos potásicos principalmente. La anhidrita solo se ve muy localmente y no supera el 1%.

**Mineralogía de Mena:**

Las muestras de la unidad MD, se caracterizan por los altos contenidos de pirita los que van por sobre el 10% y alcanzan hasta un 20% rellenando espacios o en sucesión pasiva, la calcopirita tiene un promedio del 3% de abundancia, y se encuentra asociada a pirita en sucesión pasiva.

No se observa bornita ni molibdenita en esta unidad, pero se distinguen contenidos de sulfuros secundarios de cobre (calcosina/digenita/covelina) que alcanzan el 1% en remplazo de calcopirita principalmente.

## 6.3 Difracción de Rayos X y Fluorescencia de Rayos X.

El análisis de difracción de rayos X es una alternativa muy eficiente para determinar la presencia de ciertos minerales. Los análisis realizados, fueron de dos tipos, roca total, utilizados para corroborar la existencia de minerales que son difíciles de determinar en microscopio, minerales que se encuentran por sobre el 3% generalmente y que además no son reconocidos en el análisis Qemscan, y el análisis de arcillas o partículas menores a 2 micrones.

### 6.3.1 Metodología.

La difracción de rayos X (DRX) de roca total consiste en el bombardeo de rayos X a una muestra de roca pulverizada. Los rayos X inciden sobre los minerales y se difractan según la ley de Bragg, lo que permite que incidan en la pared de un goniómetro el cual registra los ángulos de incidencia y los *peak* por cada fase diferente. Cada fase cristalina tiene un espectro de difracción único, por lo que quedan caracterizados siempre y cuando no existan solapamientos de *peaks*. Aun así, es posible compararlos a una base de datos y determinar las fases cristalinas presentes en cada muestra.

Dentro de los análisis que se realizaron se distinguen dos tipos principalmente, análisis de roca total y análisis de fracción <2um o arcillas. Para el análisis de roca total las muestras son montadas en discos de acrílico con un bajo relieve en forma de cuadrado donde es ubicada la muestra. Para preparar el material, la roca es pulverizada y luego montada sin darles alguna dirección específica, esto para que los granos queden orientados en distintas direcciones.

El análisis de arcillas requiere de un montaje especial, la muestra es hidratada con agua destilada y sometida a tres ciclos de 40 min de ultrasonido para soltar la fracción fina, una vez finalizado este proceso la muestra se diluye en agua destilada y se deja en reposo para la sedimentación de las partículas de mayor tamaño, el análisis de arcillas tiene como objetivo las partículas bajo los 2 micrones. La fracción líquida con partículas en suspensión de la muestra decantada, fue vertida en 4 recipientes los cuales se centrifugaron por 1,5 minutos hasta las 2000 revoluciones, para así dejar en suspensión solo las partículas de 2 micrones o menores. Los recipientes son filtrados por medio de un sistema de vacío con un filtro de 0,45 micrones, desde el cual fue recogida la muestra y montada sobre un vidrio portaobjeto, que se deja secar. Finalmente, la muestra es posicionada en el equipo de difracción de rayos X para su lectura.

La fluorescencia de rayos X (FRX) es un fenómeno en el cual, mediante la incidencia de rayos X sobre la muestra, se logra sacar un electrón de los niveles de energía más bajo del átomo el cual es reemplazado por un electrón de un nivel energético mayor. Esta diferencia de energía genera la emisión de un fotón de rayos X. Este fotón fluorescente

es característico de cada elemento y la medición de su energía determina al elemento que lo emitió y la intensidad de los fotones indica la concentración de cada elemento. Dentro de sus limitaciones se encuentra el hecho de que detecta desde el boro en adelante y sus límites de detección son mayores para elementos livianos y menores para elementos pesados.

El material restante de la pulverización de las muestras para análisis de roca total es utilizado para el análisis de fluorescencia. Los discos compactados de pvc que se analizan tienen un grosor de 3 a 4 mm de grosor.

Dentro de las muestras analizadas por estas técnicas tenemos un total de 69 muestras, 4 muestras son de roca total y 65 corresponden a análisis de fracción fina (menor a 2 micrones). De las 65 muestras, 13 corresponden a muestras de alimentación, 13 a muestras de concentrado y 39 a muestras de colas (13 cola flotación 1, 13 flotación de duplicado y 13 de flotación doble). En la tabla 6.2 se listan todas las muestras analizadas por DRX y se señalan las nomenclaturas utilizadas.

**Tabla 6.2:** Listado de muestras de difracción de rayos X en roca total y fracción fina.

| **Tipo** | **Etapa** | **Muestra** | **Nomenclatura** | | | | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Roca total | Cabeza | Unidades puras | F-100E | F-100D | F-100F | F-100MD | 4 |
| Fracción Fina (meno a 2 micrones) | Cabeza | Unidades puras | F-100E | F-100D | F-100F | F-100MD | 13 |
| | | Mezclas de Unidades Geometalúrgicas | | E-D | E-F | E-MD | |
| | | | | F-75E-25D | F-75E-25F | F-75E-25MD | |
| | | | | F-50E-50D | F-50E-50F | F-50E-50MD | |
| | | | | F-25E-75D | F-25E-75F | F-25E-75MD | |
| | Concentrado | Unidades puras | C-100E | C-100D | C-100F | C-100MD | 13 |
| | | Mezclas de Unidades Geometalúrgicas | | E-D | E-F | E-MD | |
| | | | | C-75E-25D | C-75E-25F | C-75E-25MD | |
| | | | | C-50E-50D | C-50E-50F | C-50E-50MD | |
| | | | | C-25E-75D | C-25E-75F | C-25E-75MD | |
| | Cola T1, T2, Y T3 | Unidades Puras | T-100E | T-100D | T-100F | T-100MD | 39 |
| | | Mezclas de Unidades Geometalúrgicas | | E-D | E-F | E-MD | |
| | | | | T-75E-25D | T-75E-25F | T-75E-25MD | |
| | | | | T-50E-50D | T-50E-50F | T-50E-50MD | |
| | | | | T-25E-75D | T-25E-75F | T-25E-75MD | |

### 6.3.2 Análisis de roca total (DRX).

Una comparación visual de los análisis de roca total de las cuatro unidades (Figura. 6.11), permite relacionar de manera cualitativa ciertos minerales de importancia y además descartar la existencia de otros. Entre todas las muestras analizadas no se verificaron contenidos de pirofilita la cual se encuentre en la posición 12 [º2θ], "*peak*" que es muy fácil de distinguir, ya que se presenta aislado de otros *peaks* de minerales cercanos. En el mismo difractograma, esta vez enfocándonos en el intervalo que va desde 0 [º2θ] a 20 [º2θ], sector donde se encuentran los *"peaks"* de micas, cloritas y caolines, podemos observar la variación en contenido de estos minerales con mayor claridad.

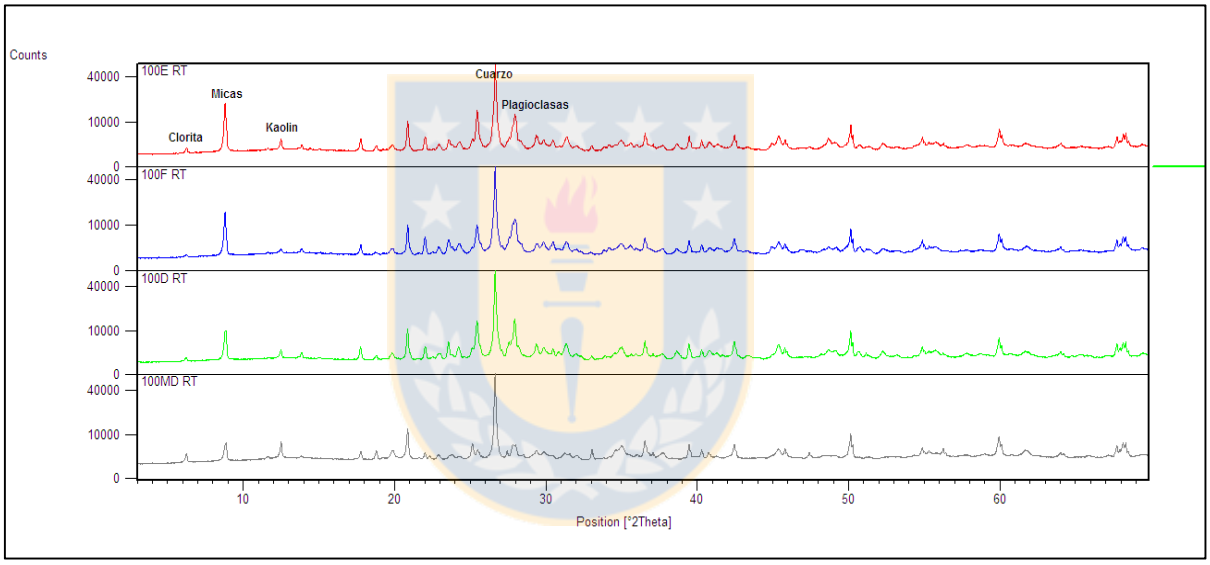



**Figura. 6.11:** Análisis de roca total de las muestras E, D, F, MD.

La clorita (Figura. 6.12) muestra un aumento en la unidad MD con relación a E, F y D que puede ser explicado por el aumento de alteración en esta muestra. Lo mismo sucede en el caso de las micas, el que agrupa a la biotita y a las micas blancas, aunque disminuye desde E hasta MD, el *peak* de segunda reflexión indica un aumento de mica blanca, por lo tanto, el *peak* inicial de micas que se observa en la imagen nos está indicando una disminución de biotitas principalmente, esto es esperable ya que la unidad MD presenta un mayor grado de alteración fílica caracterizada por altos contenidos en cuarzo y micas blancas.

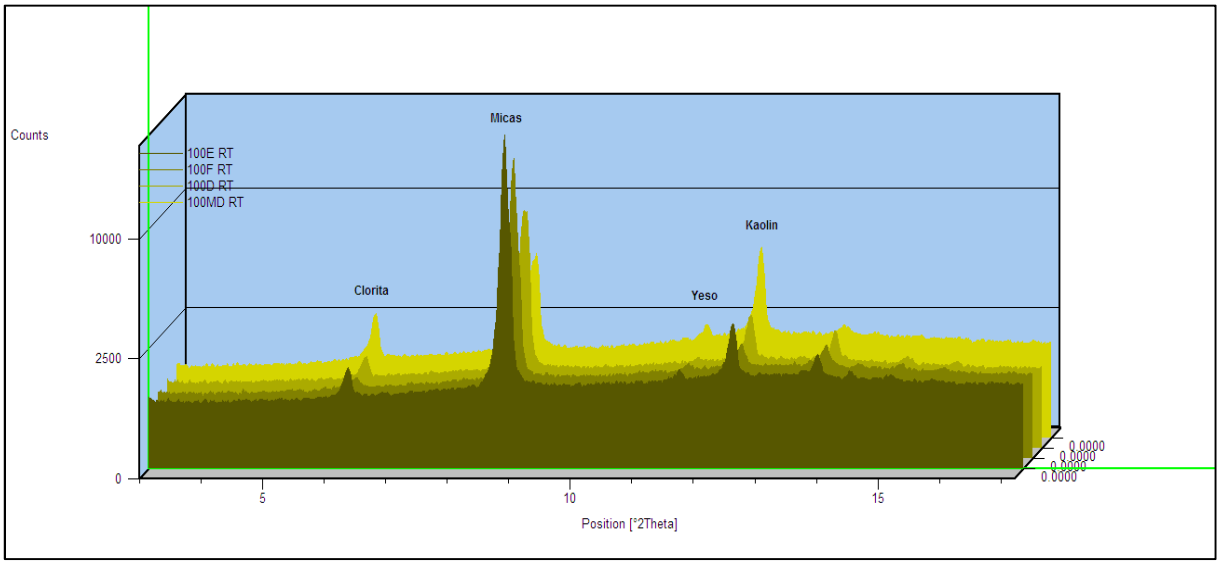



**Figura 6.12:** Diagrama 3D del análisis roca total entre posición de 0-20 [º2θ].

Se verifica la existencia de yeso que había sido determinada vía microscopio, pero con valores muy bajos, aun así, la unidad MD es quien posee una mayor proporción que las otras muestras. Moviéndonos más a la derecha en el difractograma general (Figura. 6.13), encontramos que los contenidos de cuarzo, parecen mantenerse en las cuatro unidades geometalúrgicas, no así las plagioclasas que evidentemente disminuyen en la unidad MD, por el mismo motivo recurrente en los casos anteriores, la alteración de estas y trasformación a micas blancas.

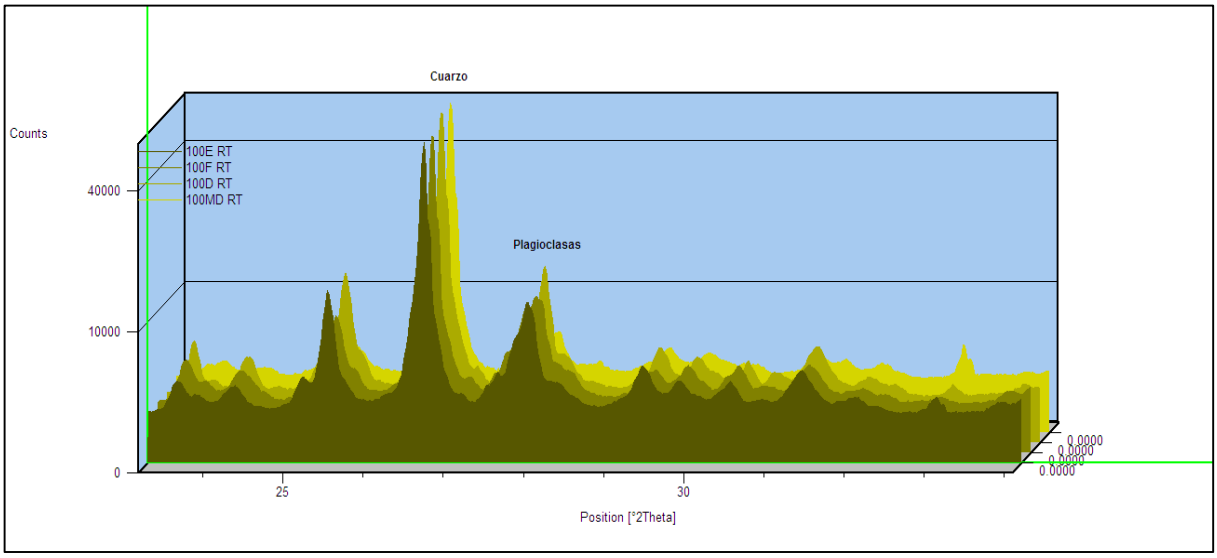



**Figura. 6.13:** Diagrama 3D del análisis roca total entre posición de 20-30 [º2θ].

También es posible observar el comportamiento de algunos sulfuros, se puede observar como la pirita es más abundante en las unidades D y MD que en E y es casi imperceptible en la muestra F (Figura 6.14).

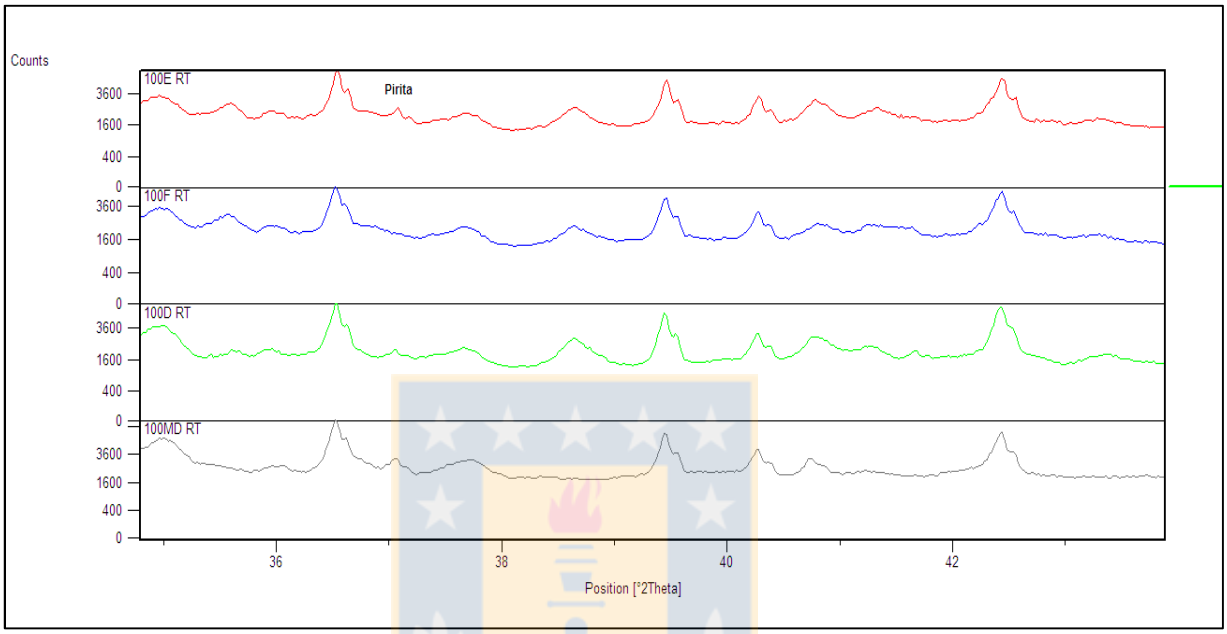



**Figura. 6.14:** Comparación de análisis de roca total desde la posición 35 [º2θ].

### 6.3.3 Análisis de Arcillas (Fracción menor a 2 micrones en DRX).

Cuando hablamos de esta técnica nos referimos al análisis de todas las partículas que se encuentra bajo la fracción 2 micrones, en especial se estudian 4 grupos importantes, las esmectitas, las cloritas, las micas y los caolines.

El estudio sistemático nos ayuda a determinar la existencia de estos minerales, pero no es posible obtener datos cuantitativos ya que las muestras que se utilizan, son solo una parte de la muestra total analizada (véase metodología de análisis Capitulo 6.3.1).

Este análisis tiene 4 etapas, la primera consiste en un análisis de la muestra orientada (OR) donde el resultado indica la existencia de los "*peaks*" más importantes 14Å, 10Å y 7Å, cloritas más esmectitas, micas y cloritas más caolín respectivamente. Posteriormente la muestra se deja en etilenglicol (EG) por dos días lo que ayuda a que las arcillas

expansivas se distingan, esto sucede en el caso de la presencia de esmectitas las que desplazan su *peak* a 17Å, en caso de no existir, este *peak* no aparece.

El análisis siguiente consiste en calentar la muestra a una temperatura de 375ºC donde la estructura cristalina de la esmectitas colapsa y su *peak* desaparece. Consecutivamente el análisis final muestra el colapso de la estructura cristalina de la caolinita a los 7Å, al calentar la muestra a 550ºC.

Los primeros análisis se realizaron a las unidades puras de alimentación, estos indicaron la existencia de caolín el cual colapsa a los 550º en las cuatro unidades geometalúrgicas puras.

En el difractograma de la unidad E de alimentación (Figura 6.15), se verifica además la existencia de micas y cloritas. La segunda etapa con etilenglicol (EG), no indica la expansión de minerales, por lo tanto, no existen arcillas expansivas en las unidades geometalúrgicas puras.

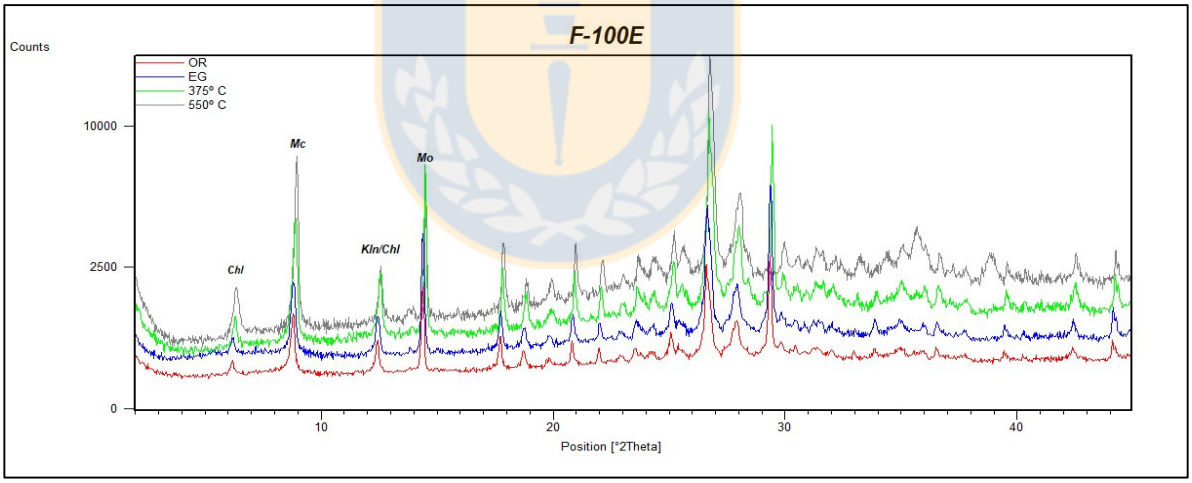



**Figura. 6.15:** Análisis de fracción menor a 2 micrones, muestra E de alimentación.

El grupo de las esmectitas causan ciertos problemas en procesos como lixiviación, debido a la desestabilización de las pilas, pero en este estudio no se da el caso. Un mineral metálico que se identifica claramente en este análisis es la molibdenita, ya que su estructura cristalina hace que se deslamine y sea fácil de detectar a los 6,2Å.

Con respecto a las muestras de concentrado, unidad MD es quien refleja el mayor contenido de micas (Figura 6.16), le sigue la unidad D y E, mientras la unidad F es la que posee el menor valor de las cuatro muestras (Figura 6.17). El concentrado de unidad MD es también rico en clorita y caolín. Es posible observar como la molibdenita posee *peaks* más intensos en la unidad MD.

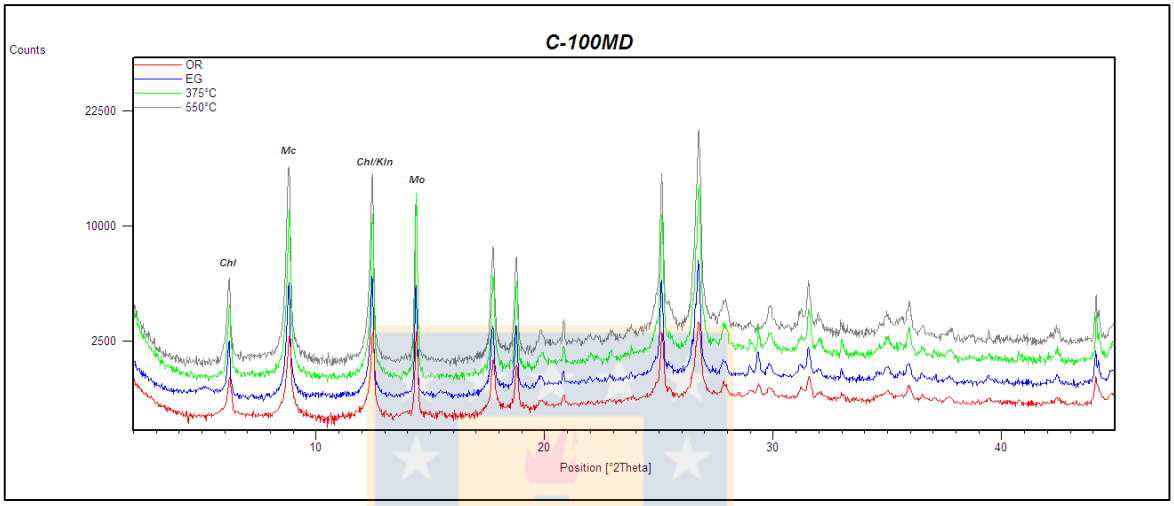



**Figura. 6.16:** Análisis de fracción menor a 2 micrones, unidad MD de concentrado.

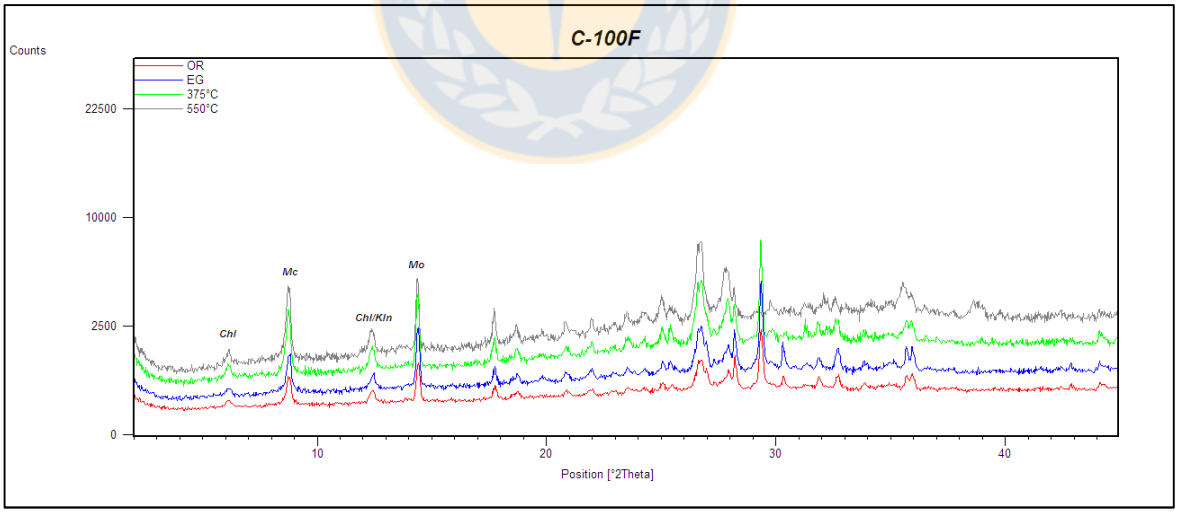



**Figura 6.17:** Análisis de fracción menor a 2 micrones, unidad F de concentrado.

En el caso de los análisis de las colas, se repite el mismo patrón visto en concentrados, con la diferencia que se aprecian *peaks* más intensos de minerales de ganga, lo que podría indicar un mayor contenido, aun así, no es posible cuantificarlo porcentualmente,

pero si realizar comparaciones entre muestras a la misma escala, debido que esta es una técnica semicuantitativa.

La molibdenita que también es materia de estudio revela que el proceso de flotación en la muestra MD no logra recuperar completamente el mineral, es más, de todas las muestras puras, la muestra MD presenta el "*peak*" con mayor intensidad, lo que se contradice por ser la que posee el menor contenido de molibdenita en la alimentación y que siguiendo una relación lineal debiese indicar menor contenido de molibdenita en cola, cosa que no sucede. Esto se debe a que la molibdenita se orienta preferentemente en el análisis de DRX, lo que provoca una mayor intensidad en la reflexión de su plano principal. Los difractogramas pueden ser revisados en el anexo B.

A partir de los difractogramas, se realizó una semicuantificación de las fases minerales que se identifican en estos análisis en función de los conteos por segundos de los *peak* característicos.

El proceso consiste en identificar la tercera reflexión de las cloritas, micas, caolines y esmectitas, se utiliza la tercera reflexión debido a que la primera y segunda reflexión de estos minerales se sobre imponen y los valores de conteos por segundos se suman. Posterior a la determinación de estos conteos, se tabulan y se ponderan a 100%, mediante una regla de tres simple. Los *peaks* que se buscan contabilizar son, 4,75 para cloritas, 3,33 para cloritas y 2,36 para caolines. La tabla de *peaks* y porcentaje ponderado por mineral se encuentran en el anexo E.

El análisis de fluorescencia de rayos X, dio resultados no concluyentes, por lo tanto, no se adjuntan en el estudio. La razón puede deberse a que los límites de detección estén por encima de los contenidos de los elementos que se buscaban, valores que varían según el elemento pero que normalmente van desde los 100 ppm. Dentro de los elementos que se pretendía encontrar se seleccionó el Re, Se, Bi, Ag y Au.

## 6.4 Análisis de Qemscan.

El análisis Qemscan es una de las herramientas más poderosa para determinar mineralogía, análisis que va soportado por los resultados de microscopia.

### 6.4.1 Metodología.

El Qemscan (Quantitative Evaluation of Minerals by Scanning Electron Microscopy) es un sistema automatizado que permite realizar mapas mineralógicos de alta resolución (Figura. 6.18). Funciona gracias a un SEM (Scanning Electron Microscopy) y dos espectrómetros de rayos X (EDS: Energy Dispersive X-Ray Spectrometers).

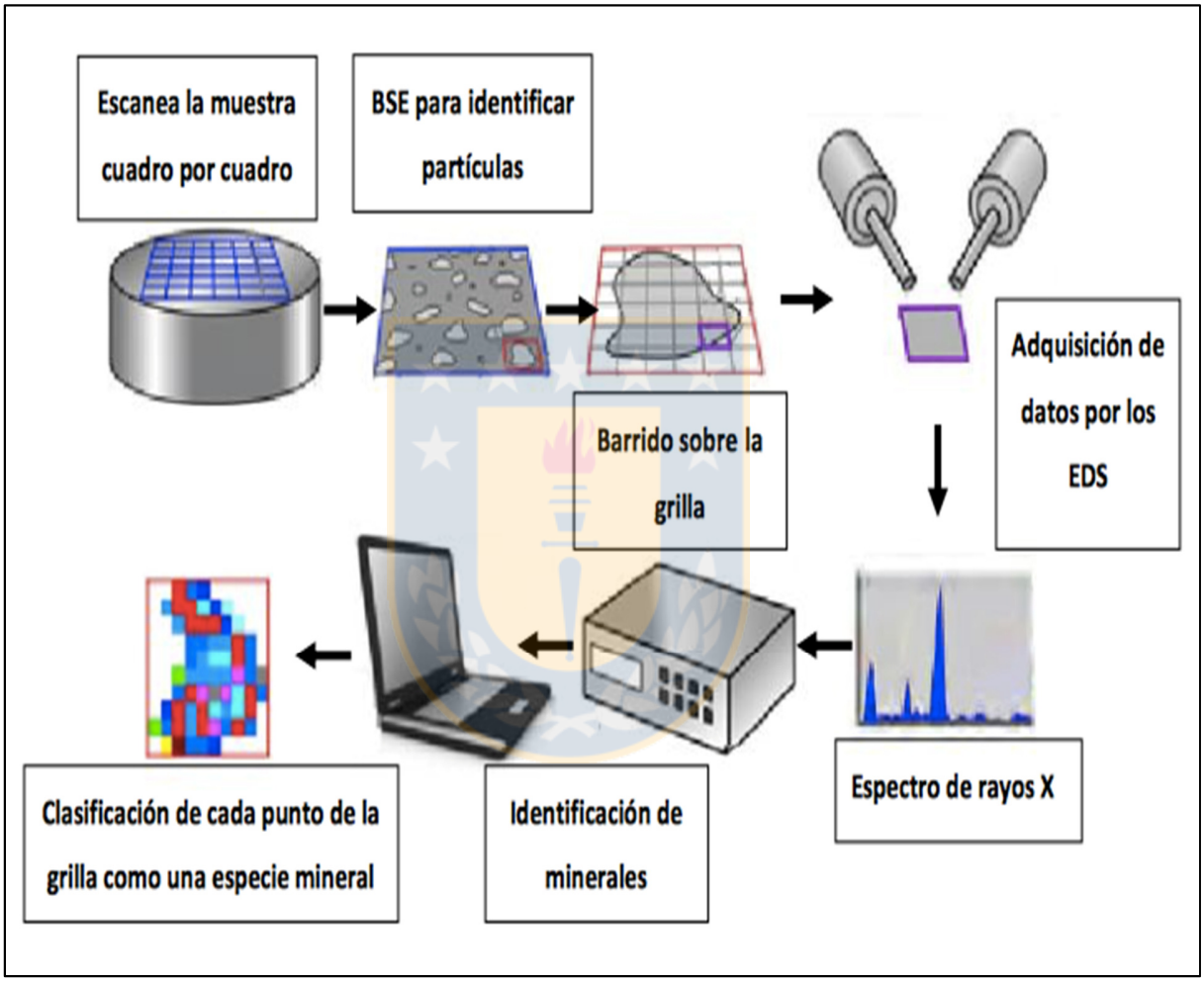



**Figura. 6.18**: Diagrama de funcionamiento del Qemscan.

Al incidir el haz de electrones del SEM sobre la muestra se generan “Backscattered Electrons” (BSE), que son medidos en su brillo para localizar las partículas individuales dentro de la muestra. Posterior a esto realiza un barrido sobre la superficie en una grilla de espaciamiento con una resolución entre 0,2 y 2,5 um.

El haz de electrones incide sobre la superficie de la muestra, esto produce un desplazamiento de electrones de niveles energéticos bajos, sacándolos fuera de su posición. Para compensar esto, electrones de niveles de mayor energía dentro del elemento, ocupan los lugares disponibles generando en el cambio una emisión de rayos X producto de la liberación de energía. Los espectros de rayos X obtenidos se registran y son comparados con una base de datos, de esta forma se identifican todas las fases minerales presentes en la muestra.

Las briquetas que se utilizan para el análisis de Qemscan son preparadas de forma similar que los cortes pulidos transparente, se diferencian en que la lámina que es pegada al portaobjeto no es una sección completa de roca, sino que es una sección delgada de un cilindro que es confeccionado a partir de 5 grs. de muestra molida mezclado con una resina epóxica, la que se vierte en moldes cilíndricos y que se deja secar. Una vez endurecida la resina es tratada como si fuera un trozo de roca y es procesada igual que en la creación de cortes pulidos transparentes.

La Tabla 6.3 contiene el listado de todas las muestras analizadas, con su nomenclatura, por el método de análisis mineralógico de partículas o PMA (Particle Mineralogical Analysis).

En este estudio se realizaron dos tipos de análisis de briquetas, el primer tipo, analiza las muestras de alimentación distribuidas según tres granulometrías, gruesa entre 2 y 0,25 mm, media entre 0,25 y 0,074 mm y fina menor a 0,074 mm en muestras de alimentación. El segundo análisis es realizado a la muestra total (sin división granulométrica) de alimentación, concentrado y cola.

La totalidad de muestras analizadas en el análisis granulométrico son 39 muestras, y en el análisis del 100% de la muestra, un total de 13 muestras de alimentación, 13 muestras de flotación y 13 muestras de cola.

En las 13 muestras por proceso, se incluyen el análisis a las unidades puras, que equivalen a 100% de cada unidad geometalúrgica (E-D-F-MD) y a las mezclas que se realizaron entre E-D, E-F y E-MD, mezclas que van cada 25%, es decir proporciones 75%-25%, 50%-50% y 25%-75%.

**Tabla 6.3:** Muestras a las cuales se le realizó briquetas para análisis PMA en Qemscan

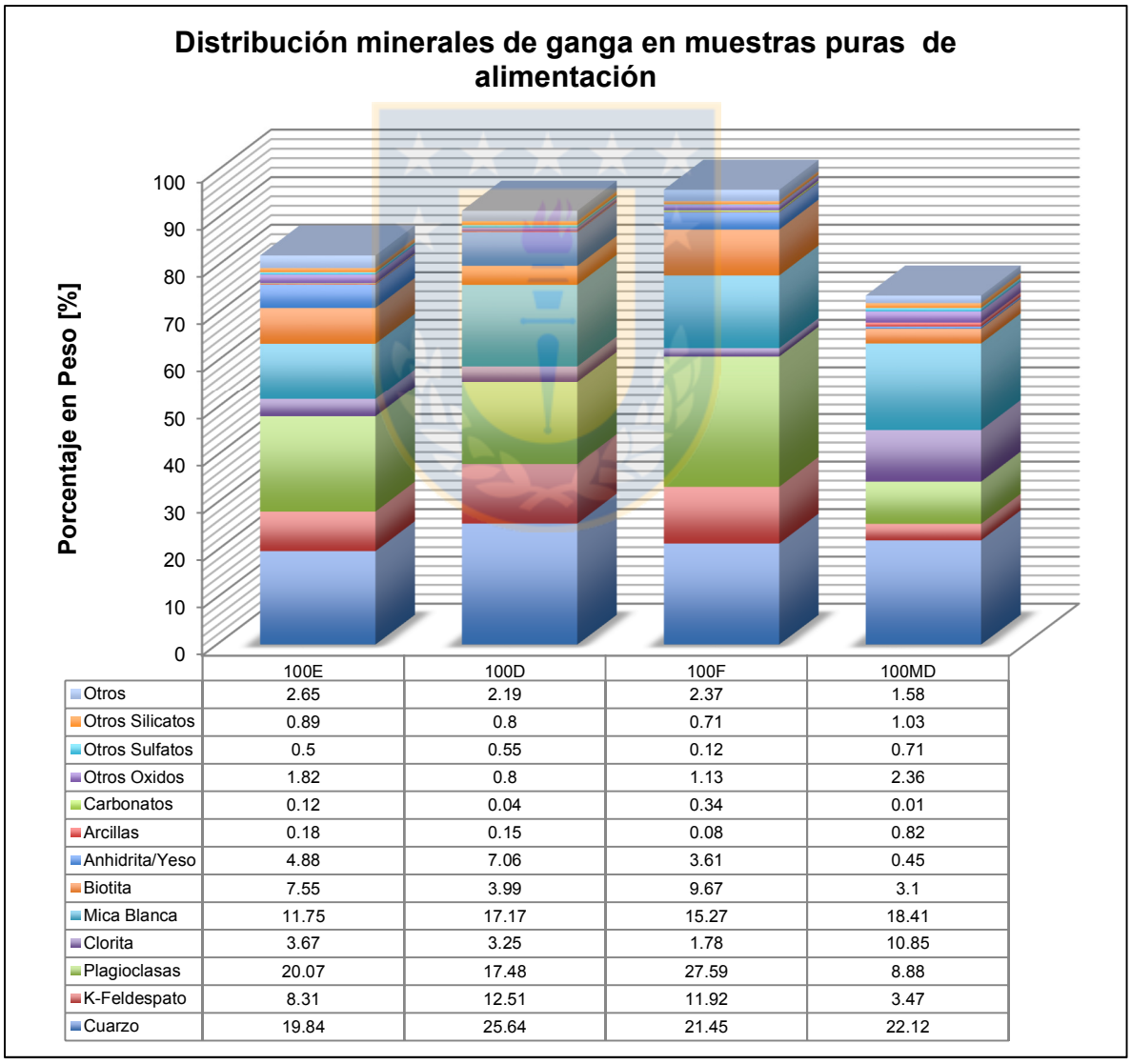
| Tipo | Etapa | Muestra | Tamaño | Nomenclatura | | | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Qemscan (PMA) | Cabeza | Unidades Geometalúrgicas puras | | E | D | F | MD | 12 |
| | | | Gruesa | F/100E/G | F/100D/G | F/100F/G | F/100MD/G | |
| | | | Media | F/100E/M | F/100D/M | F/100F/M | F/100MD/M | |
| | | | Fina | F/100E/F | F/100D/F | F/100F/F | F/100MD/F | |
| | | Mezclas de Unidades Geometalúrgicas | Tamaño | | E-D | E-F | E-MD | 27 |
| | | | Gruesa | | C-75E-25D | C-75E-25F | C-75E-25MD | |
| | | | Media | | C-75E-25D | C-75E-25F | C-75E-25MD | |
| | | | Fina | | C-75E-25D | C-75E-25F | C-75E-25MD | |
| | | | Gruesa | | C-50E-50D | C-50E-50F | C-50E-50MD | |
| | | | Media | | C-50E-50D | C-50E-50F | C-50E-50MD | |
| | | | Fina | | C-50E-50D | C-50E-50F | C-50E-50MD | |
| | | | Gruesa | | C-25E-75D | C-25E-75F | C-25E-75MD | |
| | | | Media | | C-25E-75D | C-25E-75F | C-25E-75MD | |
| | | | Fina | | C-25E-75D | C-25E-75F | C-25E-75MD | |
| | Cabeza | Unidades puras | F-100E | | F-100D | F-100F | F-100MD | 13 |
| | | Mezclas de Unidades Geometalúrgicas | | | E-D | E-F | E-MD | |
| | | | | | F-75E-25D | F-75E-25F | F-75E-25MD | |
| | | | | | F-50E-50D | F-50E-50F | F-50E-50MD | |
| | | | | | F-25E-75D | F-25E-75F | F-25E-75MD | |
| | Concentrado | Unidades puras | C-100E | | C-100D | C-100F | C-100MD | 13 |
| | | Mezclas de Unidades Geometalúrgicas | | | E-D | E-F | E-MD | |
| | | | | | C-75E-25D | C-75E-25F | C-75E-25MD | |
| | | | | | C-50E-50D | C-50E-50F | C-50E-50MD | |
| | | | | | C-25E-75D | C-25E-75F | C-25E-75MD | |
| | Cola | Unidades Puras | T-100E | | T-100D | T-100F | T-100MD | 13 |
| | | Mezclas de Unidades | | | E-D | E-F | E-MD | |
| | | | | | T-75E-25D | T-75E-25F | T-75E-25MD | |
| | | | | | T-50E-50D | T-50E-50F | T-50E-50MD | |
| | | | | | T-25E-75D | T-25E-75F | T-25E-75MD | |

### 6.4.2 Distribución de Minerales de Ganga en Muestras Puras y Mezclas.

En este estudio se consideran minerales de ganga a todas las fases minerales no metálicas reconocidas por Qemscan.

#### 6.4.2.1 Muestras de Alimentación.

Al comparar las unidades geometalúrgicas 100%E, 100%D, 100%F y 100%MD, de ahora en adelante muestras puras, es fácil distinguir diferencias significativas entre la unidad MD de alimentación (Figura. 6.19) y el resto de las unidades de alimentación.




| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Otros | 2.65 | 2.19 | 2.37 | 1.58 |
| Otros Silicatos | 0.89 | 0.8 | 0.71 | 1.03 |
| Otros Sulfatos | 0.5 | 0.55 | 0.12 | 0.71 |
| Otros Oxidos | 1.82 | 0.8 | 1.13 | 2.36 |
| Carbonatos | 0.12 | 0.04 | 0.34 | 0.01 |
| Arcillas | 0.18 | 0.15 | 0.08 | 0.82 |
| Anhidrita/Yeso | 4.88 | 7.06 | 3.61 | 0.45 |
| Biotita | 7.55 | 3.99 | 9.67 | 3.1 |
| Mica Blanca | 11.75 | 17.17 | 15.27 | 18.41 |
| Clorita | 3.67 | 3.25 | 1.78 | 10.85 |
| Plagioclasas | 20.07 | 17.48 | 27.59 | 8.88 |
| K-Feldespato | 8.31 | 12.51 | 11.92 | 3.47 |
| Cuarzo | 19.84 | 25.64 | 21.45 | 22.12 |

**Figura 6.19:** Distribución de minerales de ganga en muestras puras de alimentación.

Una de las características más visibles de la muestra MD, es que posee un muy bajo contenido de anhidrita, plagioclasas y feldespatos potásicos producto de la litología que la compone (material de sobrecarga), además de un muy alto contenido de clorita, comparado con las otras unidades estudiadas.

En cuanto a las mezclas, previamente mencionadas, al observar el grafico de mezclas entre la unidad estándar (E) y la unidad desfavorable (D) en la Figura 6.20, es posible establecer que ciertos minerales como la clorita tienen una tendencia lineal a disminuir, la anhidrita y las micas blancas por otra parte, muestran una tendencia a aumentar a medida que aumenta el % de la unidad D. Las mezclas entre unidades E-D se describen porcentualmente a continuación:

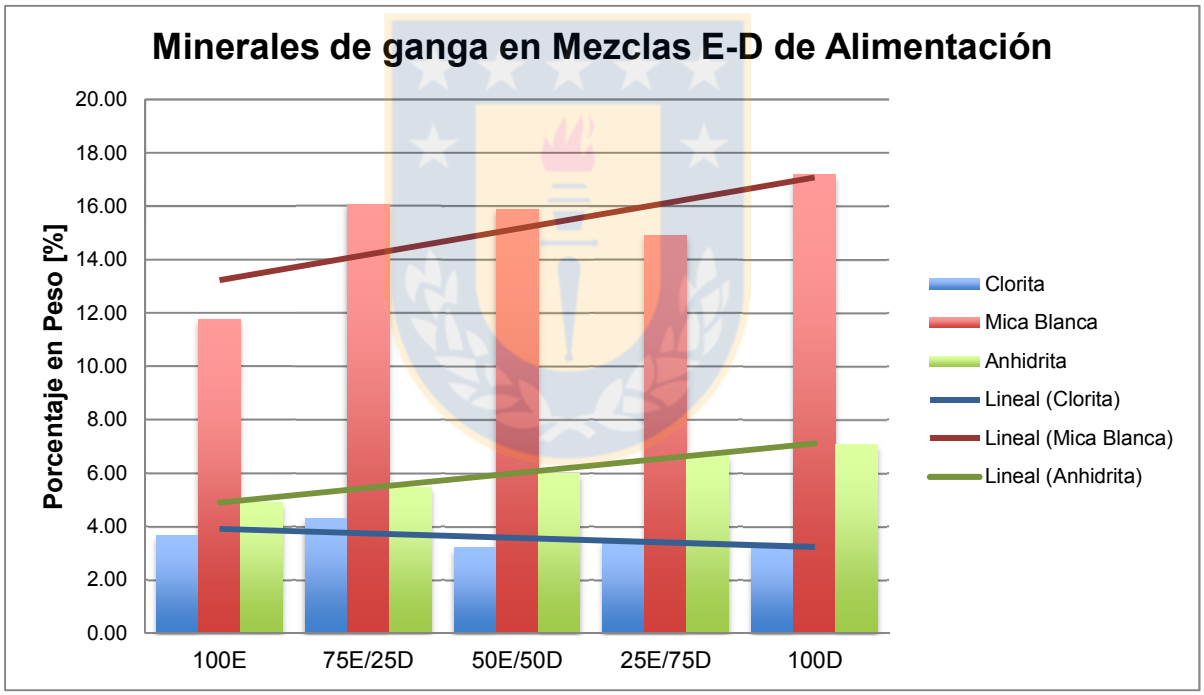



**Figura 6.20:** Porcentaje de minerales de ganga y tendencia lineal de mezclas E-D.

100%E Alimentación: Con un 82,23% de minerales de ganga tenemos como minerales principales las plagioclasas (20,07%), el cuarzo (19,84%) y las micas blancas (11,75%), los feldespatos potásicos (8,31%) y las biotitas (7,55%) les siguen de cerca con los valores más significativos. La anhidrita (4,88%) un sulfato de importancia tiene contenidos del mismo rango de la clorita (3,67%). Las otras fases minerales existentes no

sobrepasan el 1% y suman el 6,16%, exceptuando los óxidos (rutilo, óxidos de fe, etc.) que llegan al 1,82% en conjunto.

75%E-25%D Alimentación: siendo la primera mezcla de la serie E-D, los contenidos de minerales de ganga aumentan a un 94,3%, dentro de los minerales de ganga principal el cuarzo (22,68%) y las plagioclasas (22,40%) aumenta alrededor de un 2% cada uno, mientras que las micas blancas (16,08%) es quien aumenta en casi un 6%, otros minerales como feldespatos potásicos (9,41%), las biotititas (8,05%), la anhidrita (5,46%) y las cloritas (4,29%) incrementan levemente. Los minerales de ganga minoritarios suman un (5,93%) y al igual que en el caso anterior los óxidos (1,62%) es el único valor que supera el 1% en contenido.

50%E-50%D Alimentación: la mezcla en partes iguales E-D tiene un contenido menor de minerales de ganga que la mezcla antecesora, con un 86,64%, el cuarzo (22,79%) es el mineral de mayor contenido, le siguen las plagioclasas (18,24%) las cuales disminuyen en comparación a la mezcla 75E-25D y las micas blancas (15,88%) las que se mantienen en sus contenidos. El feldespato potásico (9,01%) se mantiene, la biotita (6,06%) disminuyen levemente y la anhidrita (5,97%) con la clorita (3,20%) no sufren cambios significativos. Los minerales de ganga minoritarios suman un 5,49%, valor similar que, en la mezcla anterior, se repite el comportamiento de los óxidos, con un 1,54% único valor sobre 1%

25%E-75%D Alimentación: La última mezcla tiene 83,6% de minerales de ganga, del cual cerca de la cuarta parte corresponde al cuarzo (21,82%), la plagioclasa se mantiene en contenido (18,01%), la mica blanca disminuye muy poco (18,01%) el feldespato potásico se mantiene (9,23%), la biotita disminuye (4,26%) y la anhidrita (6,65%) aumenta igual que la clorita (3,43%). Valores de 5,31% es el contenido de minerales de ganga minoritarios la mayoría menores a 0,5% excepto los Óxidos (1,38%) y otros silicatos (1,25%).

100% D Alimentación: con un 91,63% de minerales de ganga tenemos un 25,64 % de cuarzo, 17,48% de plagioclasas, 17,17% de micas blancas, 12,51% de feldespato potásico, 7,06% de anhidrita, 3,99% de biotitas, 3,25% de clorita, y 4,53% de fases

minerales menores al 1% donde se encuentran los minerales como, óxidos de fierro, carbonatos, silicatos accesorios, alunita-jarosita y piroxeno-anfíboles, en el anexo E es posible ver el los datos completos de las fases minerales de menor proporción.

El segundo grupo de mezcla se realizó entre las unidades E-F. Estas mezclas se destacan por su comportamiento muy cercano al ideal, al menos lo que indica el grafico de distribución (Figura. 6.21) de minerales de ganga, donde se observa que la anhidrita y la clorita tienden a disminuir al aumentar su contenido de unidad F y la mica blanca aumenta en la misma dirección. La distribución porcentual de los minerales de ganga de las mezclas E-F se describe a continuación.

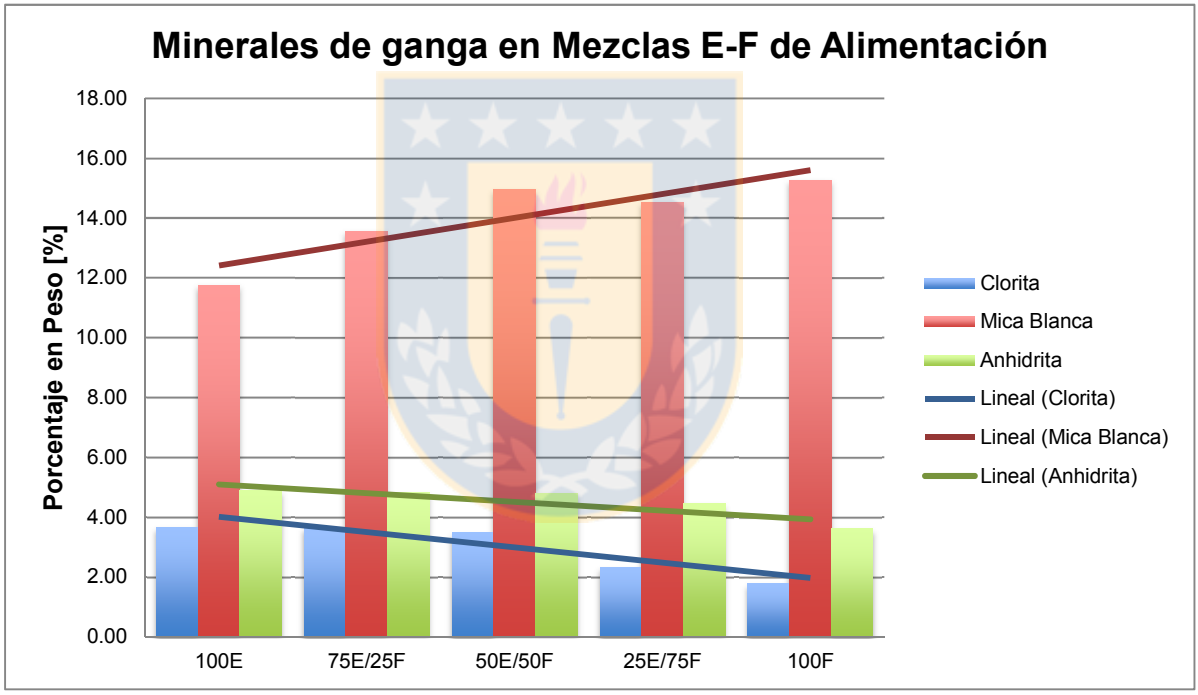



**Figura 6.21:** Porcentaje de minerales de ganga y tendencia lineal de mezclas E-F.

75%E-25%F Alimentación: posee un 90,17% de minerales de ganga el cual se distribuye en plagioclasas (22,00%) y cuarzo (21,44%) con valores muy cercanos, después la mica blanca (13,56%) y el feldespato potásico (10,29%) valores que aumentan de forma regular al aumentar el contenido de unidad F, finalmente la biotita (8,69%), anhidrita (4,82%) y clorita (3,67%) que varían muy poco. Dentro de los minerales de ganga

minoritarios que suman un 5,70% los óxidos (1,77%) son los únicos con valores sobre el 1%.

50%E-50%F Alimentación: en esta mezcla los valores de minerales de ganga ascienden a un 94,43%, valor que está dominado por las plagioclasas con un 24,28% valor que sigue en aumento en relación a la mezcla anterior, por otra parte, el cuarzo (19,35%) disminuye, la mica blanca (14,95%) el feldespato potásico (11,25%) y la biotita (10,17%) aumentan mientras la anhidrita (4,80%) y la clorita (3,47%) se mantienen. Minerales de ganga minoritarios suman 6,16% de este valor se excluyen los otros óxidos (1,35%) y otros sulfatos (1,05%) que poseen contenidos mayores al 1%.

25%E-75%F Alimentación: La última mezcla de la serie E-F contiene un 93,98% de minerales de ganga. Las plagioclasas (26,23%) siguen en aumento, el cuarzo (19,78%), la mica blanca (14,52%) y el feldespato potásico (11,23%), las biotitas (9,87%) y la anhidrita (4,44%) se mantienen, solo la clorita (2,33%) disminuye. Minerales de ganga minoritarios llegan al 5,58% con un 1,20% correspondiente a otros óxidos, el resto de ellos no supera el 0,5%.

100%F Alimentación: la unidad geometalúrgica F posee un 96,04% de minerales de ganga distribuidos en 27,59% de plagioclasas, 21,45 % de cuarzo, 15,27% de micas blancas, 11,92% de feldespato potásico, 9,67% de biotitas, 3,61% de anhidrita, 1,78% de clorita, y 4,75% de fases minerales menores al 1% compuesta de otros óxidos, carbonatos, otros silicatos, otros sulfatos y otros, los valores completos de las fases minerales de menor proporción pueden ser revisadas en el anexo E.

En las mezclas entre las unidades E-MD, podemos destacar la disminución de la anhidrita, y la tendencia lineal al aumento de las cloritas y las micas blancas. Estos valores son muy notorios como se puede observar en el la Figura 6.22.

75%E-25%MD Alimentación: con un 90,71% de minerales de ganga los principales minerales que encontramos son cuarzo (21,94%), plagioclasas (19,03%), mica blanca (17,86%), biotita (8,90%) por sobre feldespatos potásicos (7,85%), clorita (5,67%) y anhidrita. Los minerales de ganga minoritarios, suman un 5,54%, donde el 1,54% correspondiente a otros óxidos, el único de los valores sobre 1%.

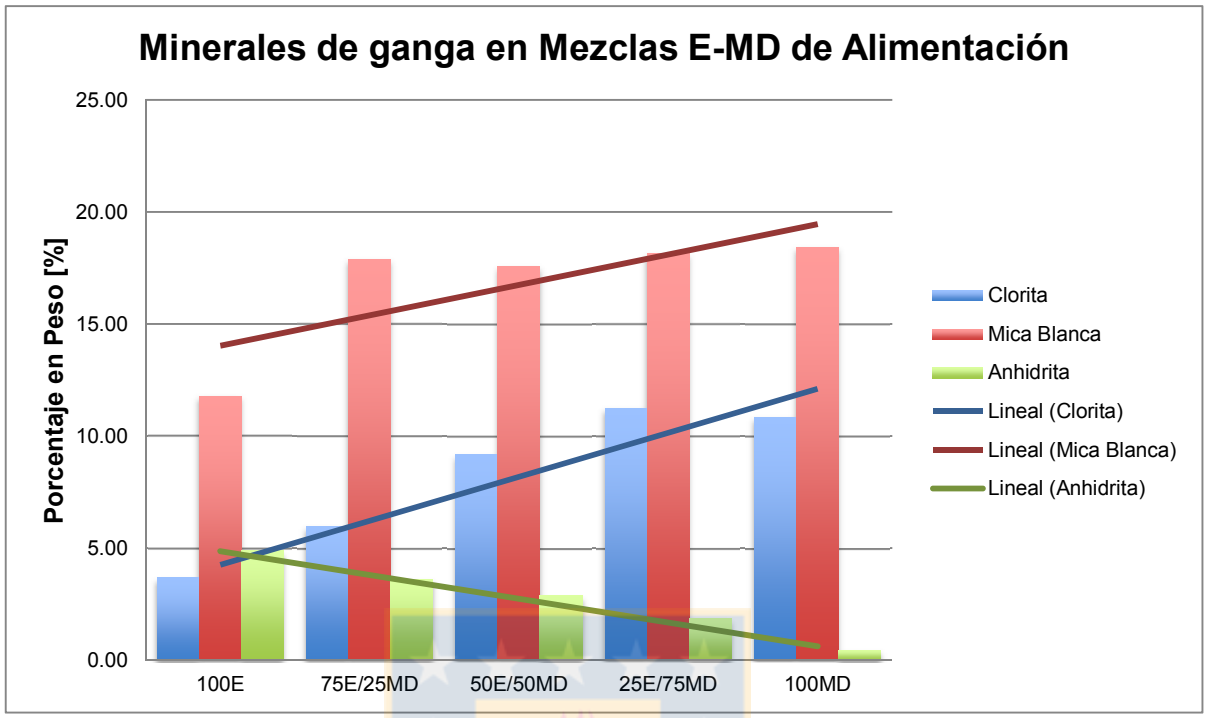



**Fig. 6.22:** Porcentaje de minerales de ganga y tendencia lineal de mezclas E-MD.

50%E-50%MD Alimentación: Al aumentar el % de unidad geometalúrgica MD, vemos que el contenido de minerales de ganga disminuye a un 88,19%, el cuarzo (22,97%) se mantiene como el mineral de ganga principal, la mica blanca (17,57%) se mantiene, las plagioclasas (16,58%) en cambio disminuyen, existe un aumento de clorita (9,17%) y una disminución de feldespato potásico (6,40%), biotitas (6,62%) y anhidritas (2,89%). El porcentaje de minerales minoritarios de ganga aumenta a un 5,99% con un notorio aumento de los óxidos los que alcanzan un 2,11%.

25%E-75%MD Alimentación: En la última mezcla de la serie E-MD, encontramos que el valor de minerales de ganga sigue disminuyendo llegando a los 86,97%, con el cuarzo a la cabeza (24,96%), y la mica blanca en aumento (18,13%), los contenidos de plagioclasas (13,42%) disminuyen llegando cerca de los valores de la clorita (11,24%) los que aumentan, feldespatos potásicos (5,57%) y biotitas (5,17%) disminuyen al igual que la anhidrita (1,86%). Los óxidos aumentan a 2,14% y otros silicatos alcanzan valores de 1,25%. Las fases con porcentajes menores a 1% solo suman 3,23%

100% MD Alimentación: el 73,79% de minerales de ganga se distribuyen en 22,12% de cuarzo, 18,41% de micas blancas, 10,85% de clorita, 8,88% de plagioclasas, 3,47% de feldespato potásico, 3,1% de Biotitas, 0,45% de anhidrita, y 6,51% de fases minerales menores al 1%, exceptuando los óxidos que nuevamente aumentan a 2,36%.

Los minerales de ganga en las muestras puras y mezclas, de la etapa de alimentación analizadas por granulometría han sido graficados permitiéndonos observar cómo se divide el total de minerales de ganga en las fracciones.

Una vista general de las mezclas E-D (Figura 6.23) nos señala que, en todas las mezclas, la fracción media, es la que posee el menor porcentaje en peso de minerales de ganga, con una diferencia máxima de 4% las tres fracciones tienen valores sobre el 31%, la fracción fina es la que se comporta de manera similar en todas las mezclas mientras que la fracción media y gruesa, poseen mayor variabilidad.

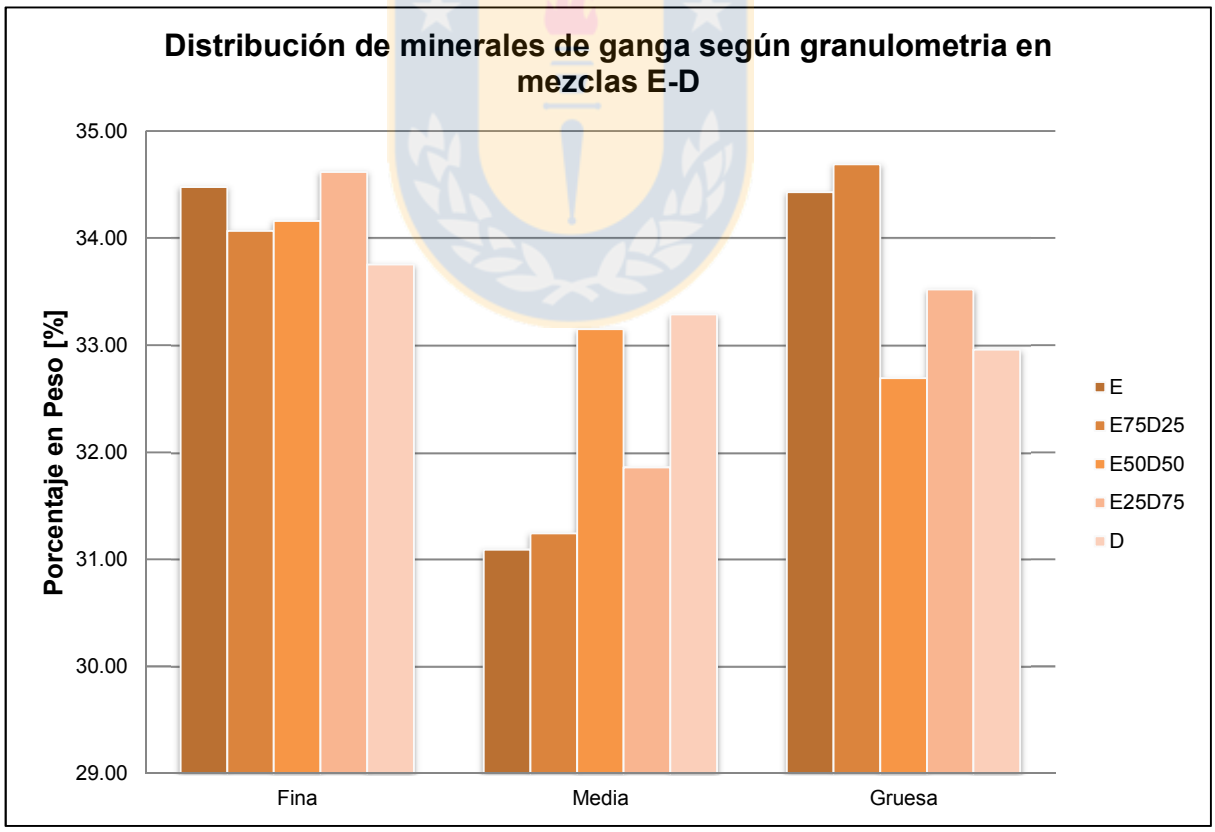



**Figura 6.23:** Distribución de minerales de ganga por granulometría en muestras de alimentación, en mezclas E-D

En el caso de las mezclas E-F (Figura 6.24) se comportan de manera muy similar a las mezclas E-D, las cuales tienen valores sobre los 31%, con una diferencia máxima de 4%, además de mantener valores similares en la fracción fina y valores más variables en las fracciones gruesa y media, la fracción media es la que posee los valores más bajos.

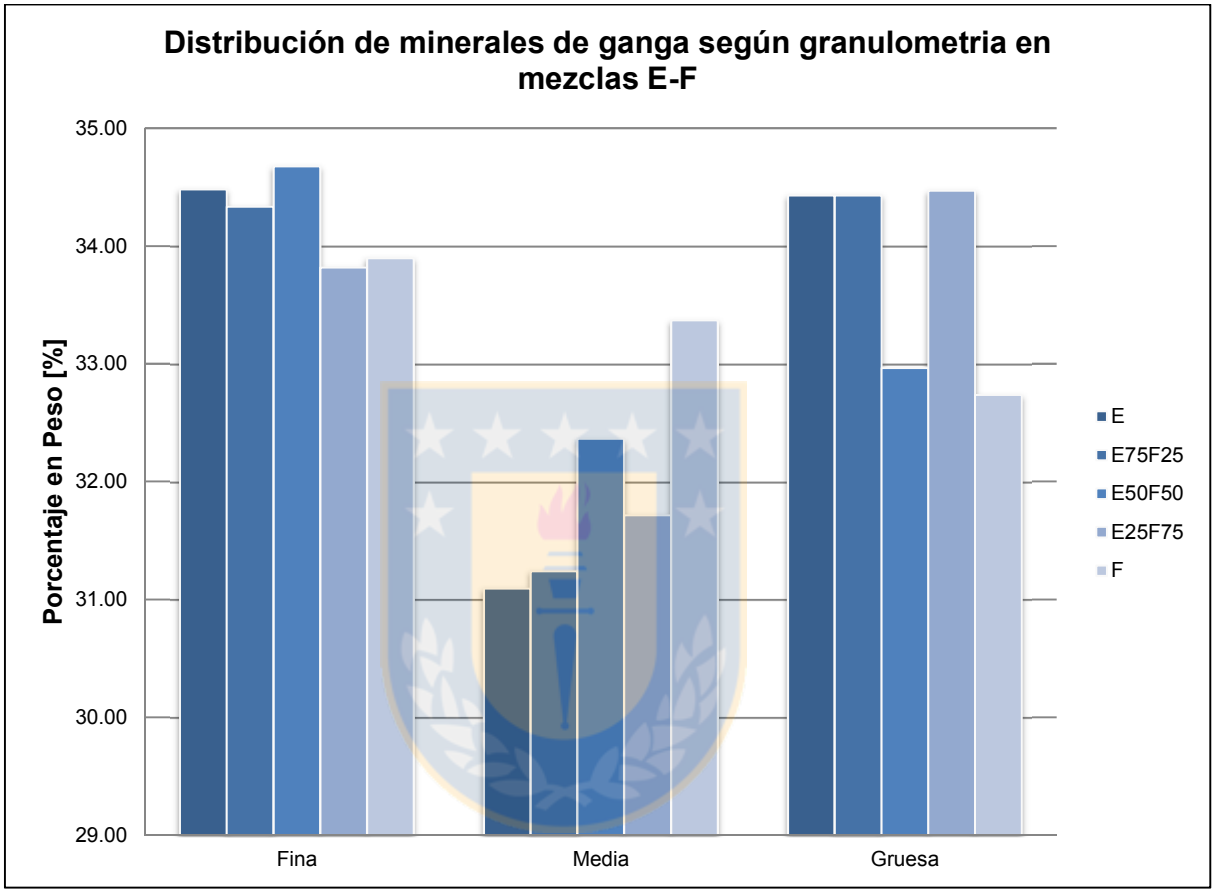



**Figura 6.24:** Distribución de minerales de ganga por granulometría en muestras de alimentación, en mezclas E-F.

Las Mezclas E-MD (Figura 6.25)poseen una diferencia máxima de 7% en la unidad geometalúrgica MD entre la fracción media y la fracción gruesa, los valores están por sobre el 31% en la mayoría, exceptuando un valor en una fracción media (28%), estas mezclas tienen muy poca variabilidad en las fracciones.

Las tablas con los porcentajes de cada mineral de ganga en las diferentes fracciones de muestras puras y mezclas pueden ser revisados en el anexo E.

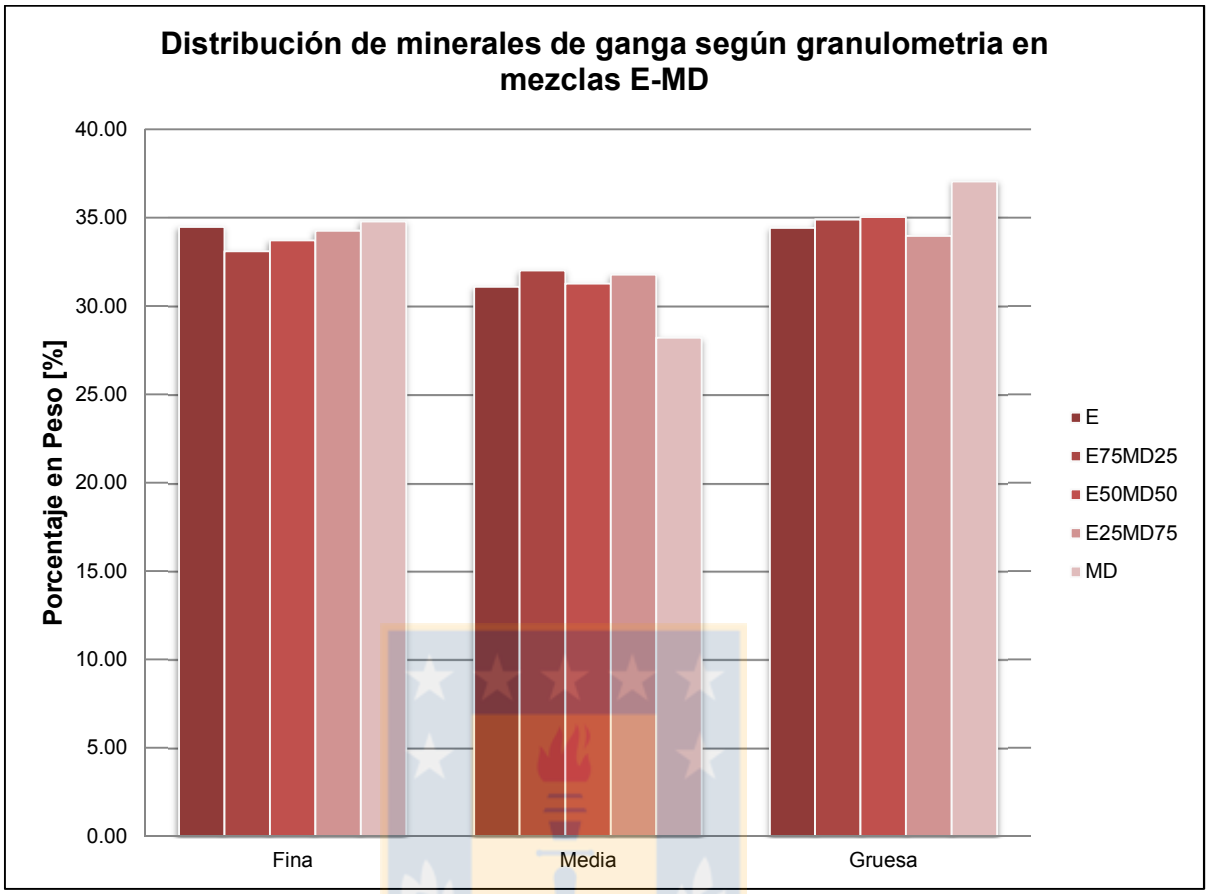


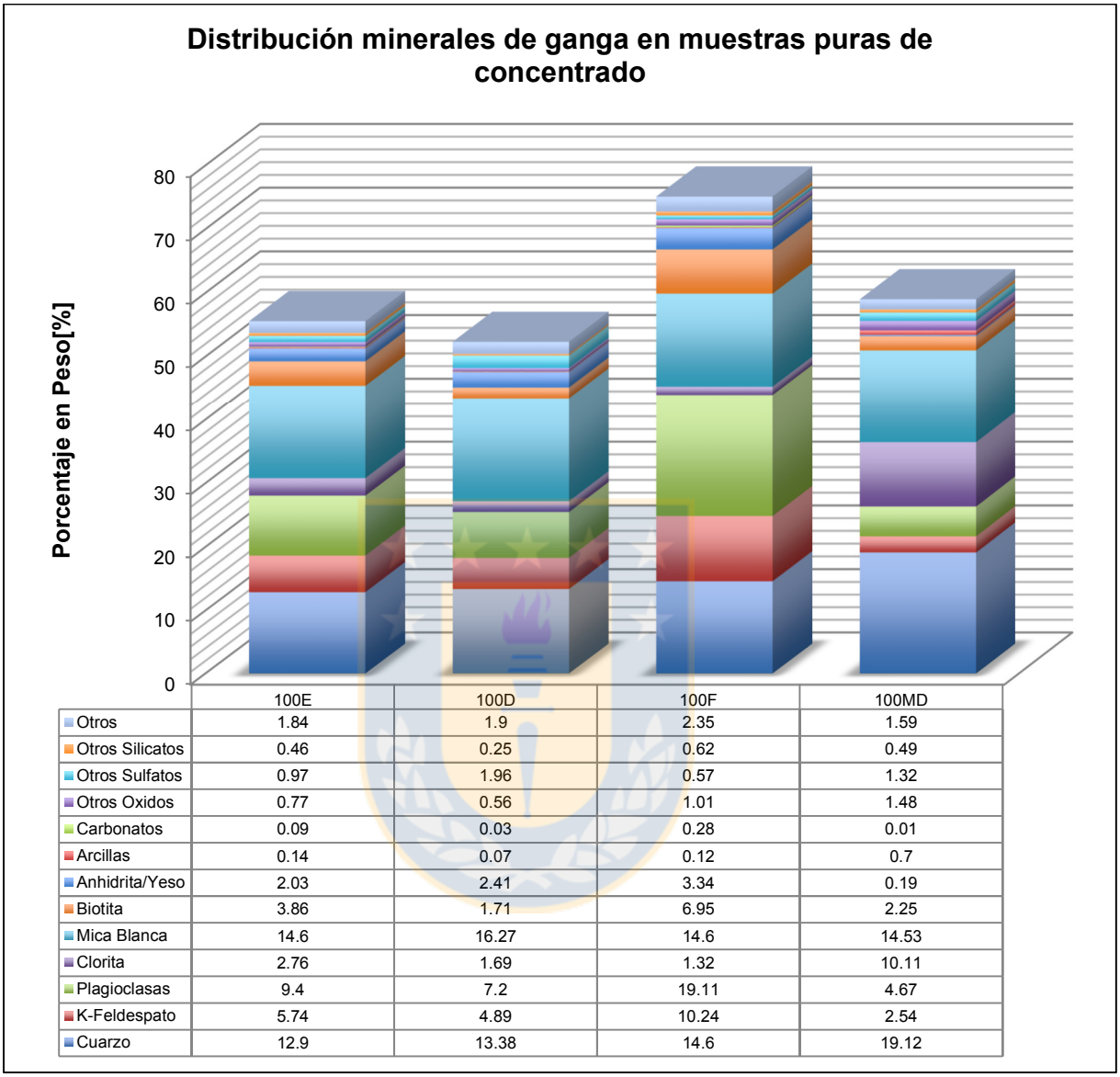

**Figura 6.25:** Distribución de minerales de ganga por granulometría en muestras de alimentación, en mezclas E-MD.

### 6.4.2.2 Muestras de Concentrado.

Como sabemos, una vez la muestra de alimentación entra al sistema, esta es flotada durante 20 minutos, de esta primera flotación llamada rougher tenemos dos productos, el concentrado y la cola.

Los minerales de ganga en muestras puras de concentrado han sido graficados (Figura 6.26) y nos indica que la muestra F es quien posee la mayor cantidad de estos.

Además, es posible identificar que la unidad geometalúrgica F es quien posee el mayor contenido de plagioclasas, además del mayor contenido de anhidrita. La unidad geometalúrgica MD es quien posee el mayor contenido de clorita. Las micas blancas tienes altos valores en las cuatro muestras de concentrado.




| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Otros | 1.84 | 1.9 | 2.35 | 1.59 |
| Otros Silicatos | 0.46 | 0.25 | 0.62 | 0.49 |
| Otros Sulfatos | 0.97 | 1.96 | 0.57 | 1.32 |
| Otros Oxidos | 0.77 | 0.56 | 1.01 | 1.48 |
| Carbonatos | 0.09 | 0.03 | 0.28 | 0.01 |
| Arcillas | 0.14 | 0.07 | 0.12 | 0.7 |
| Anhidrita/Yeso | 2.03 | 2.41 | 3.34 | 0.19 |
| Biotita | 3.86 | 1.71 | 6.95 | 2.25 |
| Mica Blanca | 14.6 | 16.27 | 14.6 | 14.53 |
| Clorita | 2.76 | 1.69 | 1.32 | 10.11 |
| Plagioclasas | 9.4 | 7.2 | 19.11 | 4.67 |
| K-Feldespato | 5.74 | 4.89 | 10.24 | 2.54 |
| Cuarzo | 12.9 | 13.38 | 14.6 | 19.12 |

**Figura 6.26:** Distribución de minerales de ganga en unidades geometalúrgicas puras en la etapa de concentrado.

Al tratarse de las mezclas generadas entre las unidades geometalúrgicas E y D, estas muestran una tendencia lineal al aumento cuando observamos la mica blanca a medida que la unidad geometalúrgica D se incrementa, la misma tendencia la presenta la anhidrita. Por otra parte, la clorita tiende a disminuir, cuando aumenta la unidad D (Figura 6.27). Las mezclas E-D se describen a continuación.

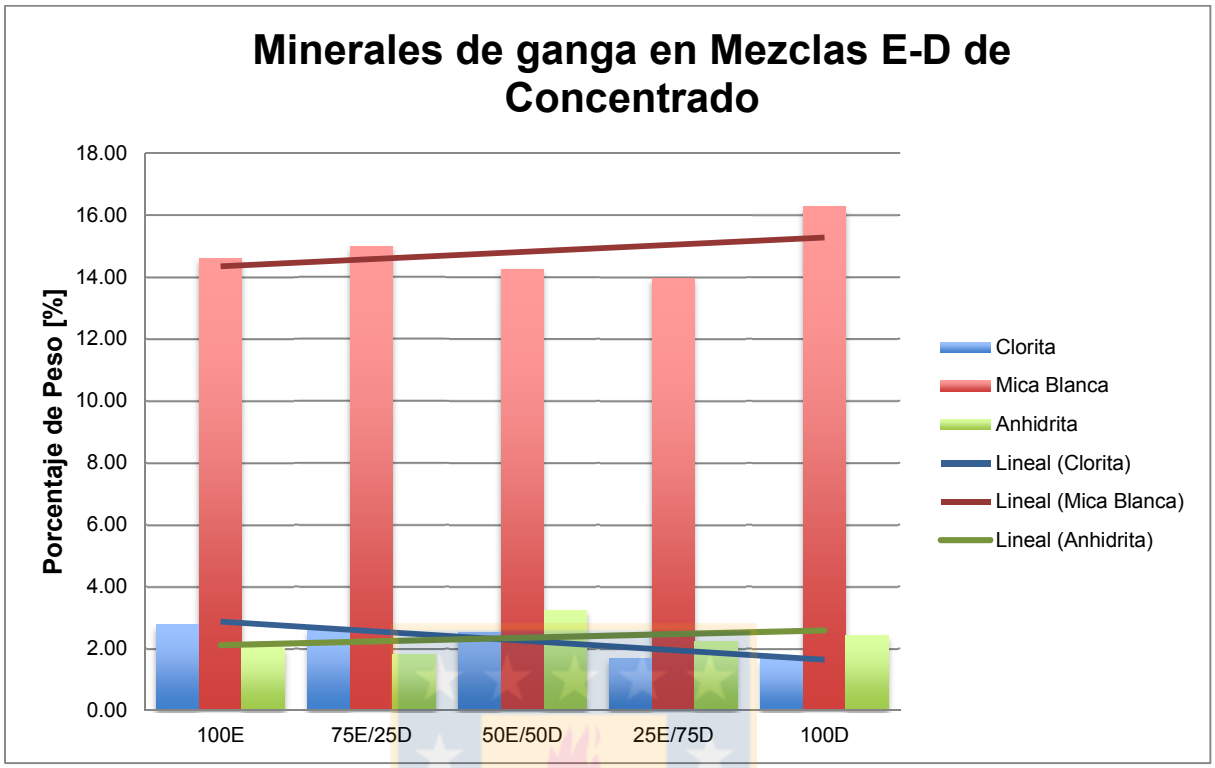



**Figura 6.27:** Distribución de minerales de ganga en mezclas E-D de concentrado.

100%E Concentrado: los 55,56% de minerales de ganga son distribuidos principalmente en mica blanca (14,60%), cuarzo (12,90%), plagioclasas (9,40%), feldespatos potásicos (5,74%), biotita (3,86%), clorita (2,76%) y anhidrita (2,03%). Los minerales de ganga minoritarios suman 4,27% todos con valores menos al 1%.

75%E-25%D Concentrado: Al disminuir el contenido de unidad E comenzamos por notar que el contenido de minerales de ganga disminuye a 52,31%, manteniendo el orden de abundancia donde las micas blancas (14,97%) están por sobre el cuarzo (12,41%), le siguen las plagioclasas (8,30%) y el feldespato potásico (5,23%), biotita (3,10%), clorita (2,61%) y anhidrita (1,81%). Las fases minoritarias suman un 3.88%, donde otros sulfatos (1,00%) es la única fase con valor sobre el 1%.

50%E-50%D Concentrado: con un 56,53% la mica blanca (14,24%), está por sobre el cuarzo (12,19%) le siguen las plagioclasas (9,81%), feldespato potásico (5,25%) y biotita (4,09%), en esta mezcla la anhidrita (3,24%) aumenta y la clorita (2,52%) disminuye en

relación a la mezcla anterior. Los minerales de ganga minoritarios aumentan a un 5,19%, de este valor, otros óxidos (1,06%) y otros sulfatos (1,44%) son las fases de mayor valor, el resto de las fases no superan el 1%.

25%E-75%D Concentrado: La última mezcla, posee un 48,74% distribuido en mica blanca (13,96%), cuarzo (11,79%), plagioclasas (9,33%) y feldespato potásico (4,96%), todos estos valores se ven disminuidos en un 0,5% promedio desde la mezcla anterior. La anhidrita (2,24%) disminuye en un 1% mientras la biotita (1,91%) y la clorita (1,67%) disminuyen un promedio 2%. Las fases minoritarias solo suman un 2,88%, todos los valores bajo el 1%.

100%D Concentrado: con un 52,32% de minerales de ganga está distribuida principalmente en 16,27% de mica blanca, cuarzo con un 13,38%, plagioclasas (7,20%) y feldespato potásico (4,89%), anhidrita (2,41%), biotita (1,71%) y clorita (1,69%). Los minerales de ganga minoritarios suman 4,77% donde otros sulfatos poseen el 1,96%, las otras fases son menores a 1%.

Las mezclas entre E-F son quizás un poco más irregular que las entre las unidades E y D, como señala la Figura. 6.28, la mica blanca y la anhidrita muestran una tendencia lineal al aumento mientras la clorita lo hace al descenso en función al aumento de la unidad F. La descripción completa de las mezclas es la siguiente:

75%E-25%F Concentrado: con uno de los valores más bajos en contenidos de minerales de ganga (49,53%), se distribuye según se indica, mica blanca (12,36%), cuarzo (9,44%), plagioclasas (8,17%), feldespato potásico (6,15%), biotita (4,01%), anhidrita (2,15%) y clorita (2,02%). Las fases minoritarias de ganga suman un 5,23% y solo otros silicatos (1,57%) supera el 1%.

50%E-50%F Concentrado: la mezcla en partes iguales entre E y F contiene un 71,17% dividido en mica blanca (16,91%), plagioclasas (13,76%), cuarzo (13,55%), feldespato potásico (9,36%), biotita (5,61%), anhidrita (3,04%) y clorita (2,48%) como fases mayoritarias, y un 6,46% de fases minoritarias donde otros silicatos alcanzan un 1,68%, el resto de las fases minoritarias no alcanzan el 1%.

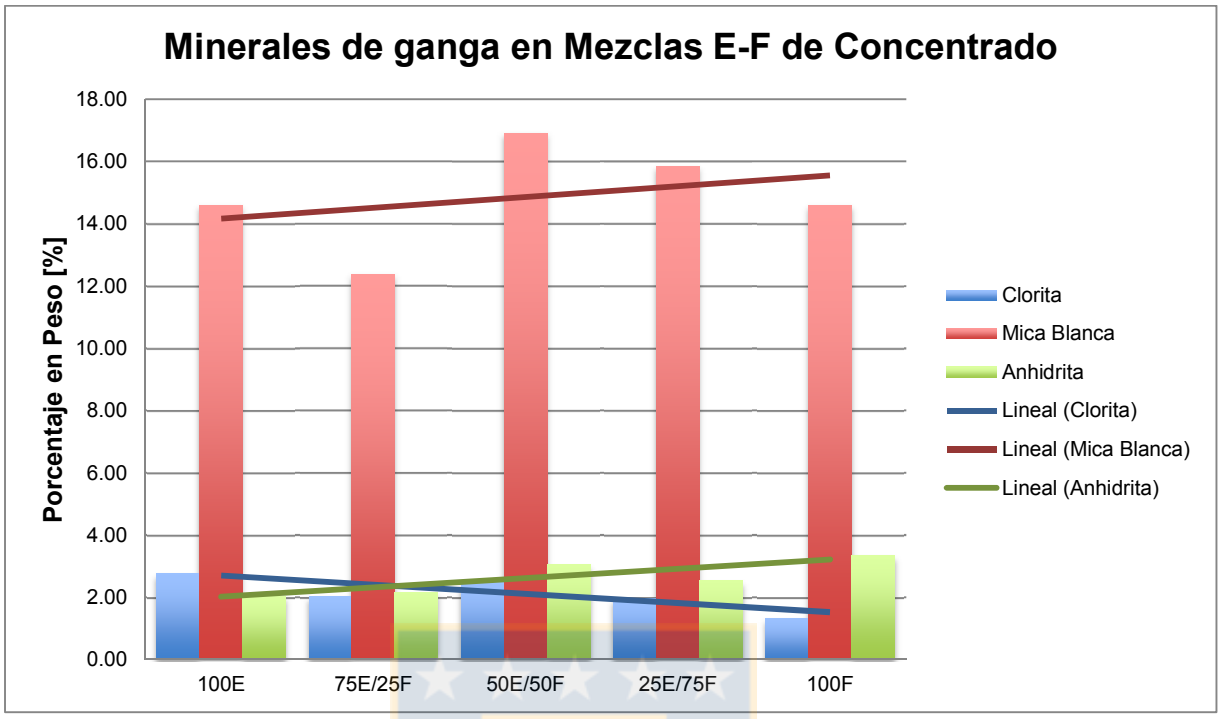



**Figura. 6.28**: Distribución de minerales de ganga en mezclas E-F de concentrado.

25%E-75%F Concentrado: esta mezcla posee un 69,17% de minerales de ganga distribuidos en mica blanca (15,84%), plagioclasas (14,24%), cuarzo (13,22%), feldespato potásico (9,72%), biotita (6,25%), anhidrita (2,52%) y clorita (1,96%). Los minerales de ganga minoritarios suman 5,42% donde solo otros silicatos (1,03%) es la única fase con valores mayores al 1%.

100%F Concentrado: es quien posee el mayor contenido de minerales de ganga (75,11%) dividido en, plagioclasas (19,11%), mica blanca y cuarzo con el mismo porcentaje (14,60%), feldespato potásico (10,24%) el cual viene en aumento desde las mezclas anteriores al igual que la biotita (6,95%), anhidrita (3,34%) y clorita (1,32%). Con 4,95% de minerales de ganga minoritarios, otros óxidos (1,01%) es la única fase que sobrepasa el 1%.

Finalmente, las mezclas entre E-MD destacan debido al comportamiento que tiene la clorita la cual incrementa de manera progresiva al aumentar la unidad geometalúrgica MD, al mismo tiempo la anhidrita disminuye a valores casi nulos. Como es posible

observar en la Figura 6.29, el comportamiento de la mica blanca es un tanto errático y no se observa una tendencia lineal clara.

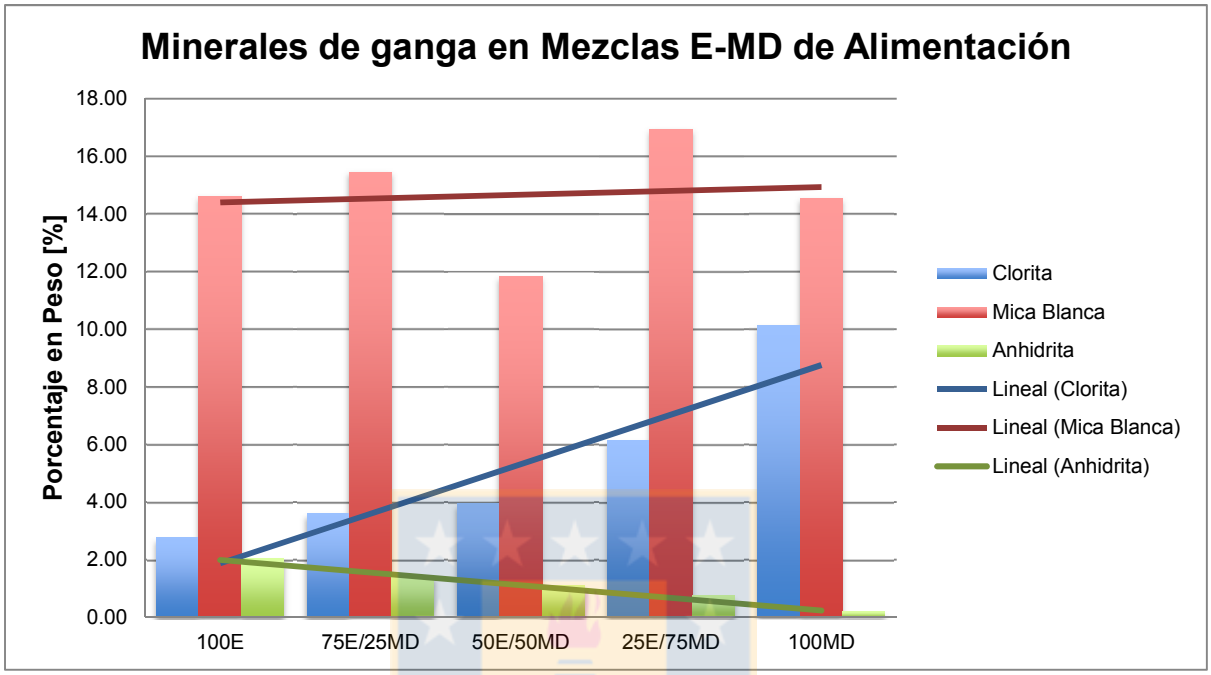



**Fig. 6.29**: Distribución de minerales de ganga en mezclas E-MD de concentrado.

75%E-25%MD Concentrado: contiene 53,9% de minerales de ganga, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: mica blanca (15,45%), cuarzo (12,90%), plagioclasas (8,02%), feldespato potásico (4,83%), clorita (3,61%), biotita (3,40%) y anhidrita (1,45%). Los minerales de ganga con menor contenido suman 4,72% de los cuales 1,48% pertenece a otros sulfatos, el resto de los minerales no alcanzan el 1%.

50%E-50%MD Concentrado: con un muy bajo contenido de minerales de ganga (42,7%) este se distribuye en mica blanca (11,82%), cuarzo (9,29%) y plagioclasas (5,33%), la clorita (3,95%) aumenta posicionándose por sobre el feldespato potásico (3,18%), la biotita (2,90%) y la anhidrita (1,11%). Las fases de ganga minoritarios suman 5,12%, valor que se incrementa debido a que otros óxidos (1,13%) y otros sulfatos (1,58%) poseen valores sobre el 1%.

25%E-75%MD Concentrado: los minerales de ganga suman un 50,82%, en esta mezcla podemos ver nuevamente que la mica blanca (16,93%) mantiene el primer lugar en

abundancia, seguido por el cuarzo (11,04%). La clorita (6,13%) aumenta considerablemente ascendiendo esta vez por sobre las plagioclasas (3,84%), feldespato potásico (3,33%) y biotita (2,86%). La anhidrita (0,75%) cae a valores menores al 1%. De las fases minoritarios que suman 5,94%, otros sulfatos (2,51%) toman importancia debido a su abundancia en aumento, otros óxidos (1,01%), muy al límite del 1% de abundancia se mantiene levemente más bajo que la mezcla anterior, mientras que el resto de las fases no superan el 0,5%.

100%MD Concentrado: La unidad MD en el concentrado con un 59% de minerales de ganga, tiene como mineral principal el cuarzo (19,12%) a diferencia de las mezclas que contienen unidad MD, le sigue en abundancia la mica blanca (14,53%). La clorita (10,11%) posee valores importantes y dista mucho de los siguientes minerales que continúan en abundancia como lo son las plagioclasas (4,67%), el feldespato potásico (2,54%) y la biotita (2,25%). La clorita (0,19%) casi desapareciendo con un contenido por bajo el contenido de fases minoritarias (5,59%) como otros óxidos (1,48%) y otros sulfatos (1,32%).

#### 6.4.2.3 Muestras de Cola.

Otro de los productos de la flotación es la cola, este material es el que va al relave, y contiene la mayor parte de los minerales de ganga. Las mezclas entre las unidades geometalúrgicas E-D se describen a continuación.

100%E Cola: de los 99,71% de minerales de ganga los principales minerales son el cuarzo (28,00%), plagioclasa (23,67%), mica blanca (15,72), feldespato potásico (10,53%), biotita (8,78%), clorita (4,19%), y la anhidrita (3,58%), sumando 5,33% los minerales de ganga minoritarios no llegan al 0,5% exceptuando otros óxidos que alcanzan un 1,25%.

75%E-25%D Cola: esta mezcla posee 99,77% de minerales de ganga primarios y 5,33% de secundarios. Dentro de los primarios tenemos cuarzo (25,61%), plagioclasa (23,99%), mica blanca (16,62%), feldespato potásico (10,71%), biotita (8,18%), anhidrita (5,25%) y

clorita (4,08%). Los minerales minoritarios tienen valores menores al 1% exceptuando otros óxidos con 1,36%.

50%E-50%D Cola: con contenidos similares (99,73%) a todas las mezclas, la mezcla en partes iguales contiene cuarzo (27,82%), plagioclasa (25,25%), mica blanca (16,00%), feldespato potásico (12,12%), biotita (6,58%), anhidrita (4,73%) y clorita (3,26%). Un 3,97% suman las fases minoritarias donde otros óxidos alcanza el 1,03%.

25%E-75%D Cola: los minerales de ganga aquí alcanzan el 99,77%, distribuido en cuarzo (26,92%), plagioclasa (22,49%), mica blanca (17,33%), feldespato potásico (13,27%), anhidrita (6,57%), biotita (5,34%) y clorita (3,77%). Los minerales de ganga minoritarios suman 4,08% y no superan el 1%.

100%D Cola: la unidad D contiene 99,51% igual que la unidad E, distribuida en un mayor porcentaje de cuarzo (31,17%) y plagioclasa (24,92%), la mica blanca (15,31%) con un contenido similar, el feldespato potásico (13,15%) aumenta, mientras la anhidrita (5,19%), la biotita (3,71%), y la clorita (3,03%) están en menor proporción. Las fases minoritarias alcanzan un 3,23% el más bajo de la serie de mezclas y ningún mineral supera el 1%.

Las mezclas entre E-F dejan como resultados colas con porcentajes de minerales de ganga que disminuyen a medida que aumentamos el contenido de la unidad F, evidentemente las variaciones no son significativas ya que tienen un rango de 0,3% como máximo. A continuación, se hacen las descripciones de las mezclas donde las plagioclasas, el cuarzo y la mica blanca poseen los mayores porcentajes en peso respectivamente.

75%E-25%F Cola: con 99,7 % de minerales de ganga el cual se divide en plagioclasa (28,80%), cuarzo (24,74%), mica blanca (14,75%), feldespato potásico (10,34%), biotita (8,93%), anhidrita (3,93%) y clorita (3,51%). De los 4,72% de fases minoritarias otros oxido (1,25%) es el de mayor abundancia, el resto no supera el 1% como suele suceder.

50%E-50%F Cola: de los 99,56% de minerales de ganga la plagioclasa (29,30%), y el cuarzo (24,10%) son los minerales mayoritarios, le sigue la mica blanca (14,68%), el feldespato potásico (11,10%), la biotita (9,25%), la anhidrita (3,71%) y la clorita (2,93%),

con valores muy similares a la mezcla anterior. Las fases minoritarias alcanzan el 4,49% y nuevamente otros óxidos (1,32%) es la fase mayoritaria.

25%E-75%F Cola: la última mezcla entre E y F posee un 99,45% de minerales de ganga, valor que vemos disminuir al aumentar en unidad F, está distribuido en plagioclasa (30,28%), cuarzo (22,31%), mica blanca (15,12%), feldespato potásico (11,29%), biotita (9,64%), anhidrita (3,67%) y clorita (2,37%). Aquí el 4,77% de fases minoritarias esta nuevamente dominado por otros óxidos (1,39%).

100%F Cola: La unidad F pura de cola, contiene 99,46% de minerales de ganga, valor similar a los contenidos vistos en las mezclas con unidad F. Esta distribuido en plagioclasa (30,87%), cuarzo (22,89%), mica blanca (14,77%), feldespato potásico (11,69%), biotita (9,37%), anhidrita (3,30%) y clorita (1,75%). Con contenidos de minerales de ganga minoritarios (4,82%) levemente similares a la mezcla anterior, otros óxidos (1,31%) mantiene la posición mayoritaria.

Las mezclas de E y MD generan colas con contenidos altos de minerales de ganga, pero los más bajos dentro de todas las mezclas, desde un 99,49% similar al rango de la mezcla E-F hasta un 98,17%, el valor más bajo de todos, valor correspondiente a la unidad MD. Los contenidos detallados se describen a continuación.

75%E-25%MD Cola: con 99,49%, es quien tiene el mayor contenido de minerales de ganga de la serie E-MD, el cual está dividido en cuarzo (27,67%), plagioclasa (24,18%), mica blanca (16,47%), feldespato potásico (8,49%), biotita (7,69%), clorita (5,98%) y anhidrita (3,61%) principalmente. Un 5,13% alcanzas los minerales de ganga minoritarios, donde otros óxidos posee el 1,73% de este total.

50%E-50%MD Cola: al aumentar en unidad MD, cae nuevamente el contenido de minerales de ganga levemente a un 99,39%, distribuido en cuarzo (30,35%), plagioclasa (20,97%), mica blanca (17,82%), clorita (7,85%), feldespato potásico (7,81%), biotita (6,58%) y anhidrita (2,72%). Los minerales de ganga minoritarios aumentan a 5,29%, donde otros óxidos aumentan hasta 1,84%.

25%E-75%MD Cola: la última mezcla nuevamente disminuye a un 98,76% de minerales de ganga, valor que contiene cuarzo (30,27%), mica blanca (20,73%), plagioclasa (17,06%), clorita (10,97%), feldespato potásico (6,21%), biotita (5,79%) y anhidrita (1,44%) como principales componentes. A su vez aumenta a un 6,29% el contenido de las fases minoritarias de ganga, y con un aumento considerable otros óxidos (2,47%), se posiciona incluso antes que la anhidrita en contenido.

100%MD Cola: la unidad MD alcanza los 98,17% de minerales de ganga, valor que se divide en cuarzo (33,32%), mica blanca (23,27%), clorita (12,89%), plagioclasa (12,50%), feldespato potásico (4,95%), biotita (4,16%) y anhidrita (0,42%). Además, aumenta el contenido de minerales de ganga minoritarios hasta 6,66%, valor que incluye el aumento del contenido de otros óxidos alcanzando el 2,59%, imponiéndose dramáticamente a la anhidrita que casi desaparece en esta muestra.

Las figuras 6.30, 6.31 y 6.32, exponen los contenidos totales de minerales de ganga en las diferentes etapas del proceso (alimentación, concentrado, cola), graficadas según las mezclas de las unidades. Si observamos los datos graficados de alimentación, las mezclas a partir de 75E-25Y, tienen valores similares, para luego comportarse diferente, en especial las mezclas E-F donde el contenido de minerales de ganga no metálicos va en aumento a medida que aumenta el contenido de unidad F

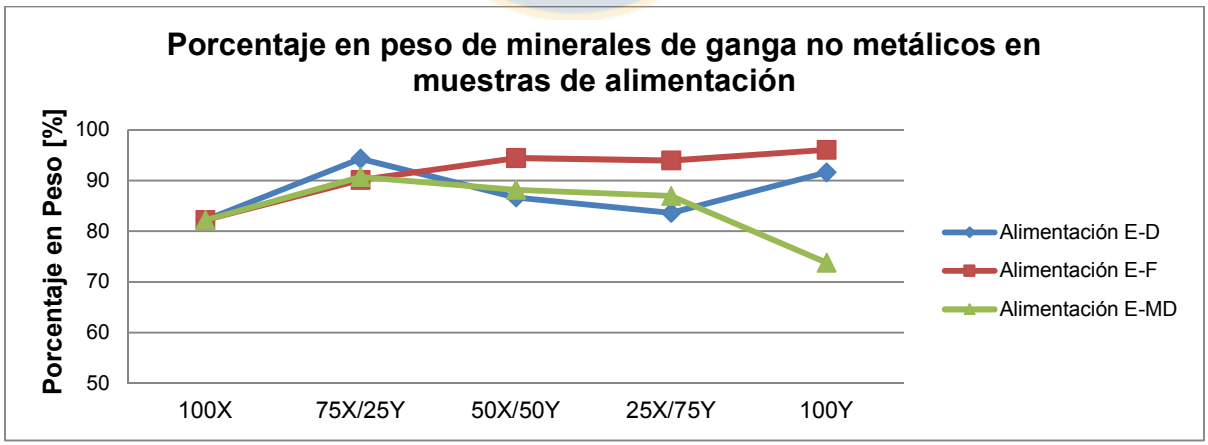



**Figura 6.30:** Contenido de minerales de ganga no metálicos en muestras de alimentación.

Para los concentrados, estos señalan el mismo punto (75E-25Y) de mezcla con valores similares, para después tener valores muy distintivos unos de los otros, donde

nuevamente, el contenido total de minerales de mena no metálicos en las mezclas E-F, va siempre en aumento.

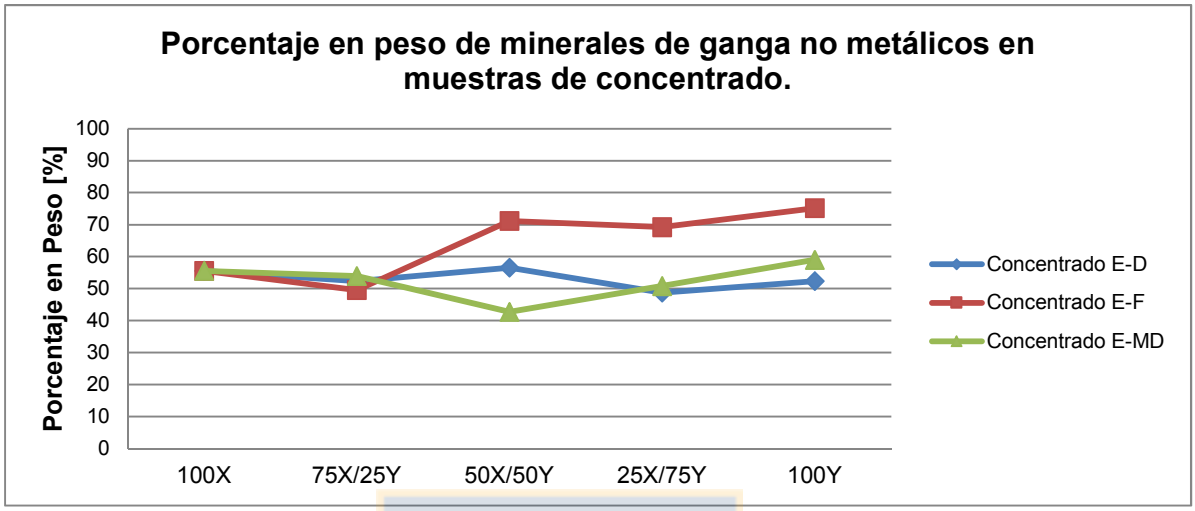



**Figura 6.31:** Contenido de minerales de ganga no metálicos en muestras de concentrado.

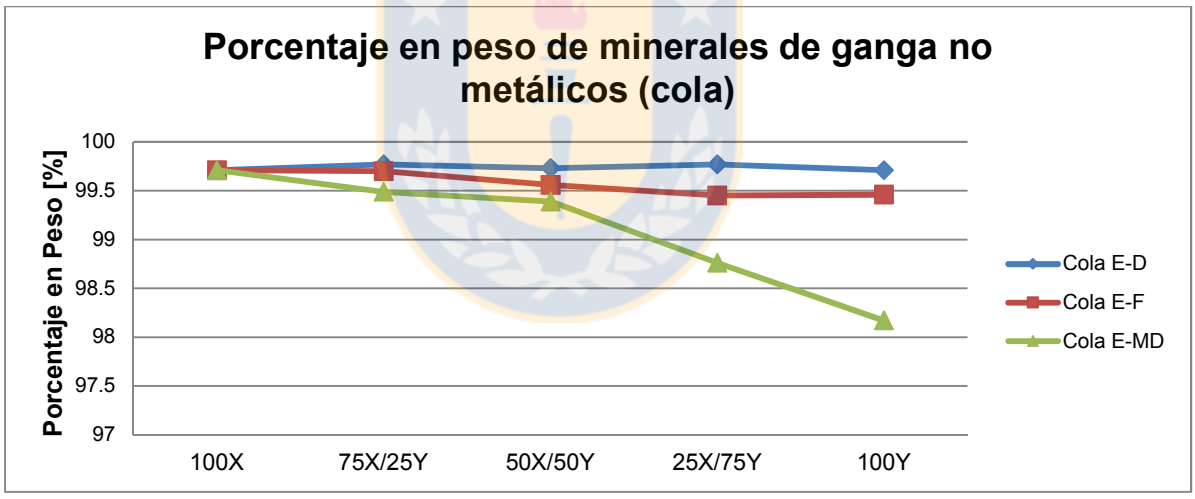


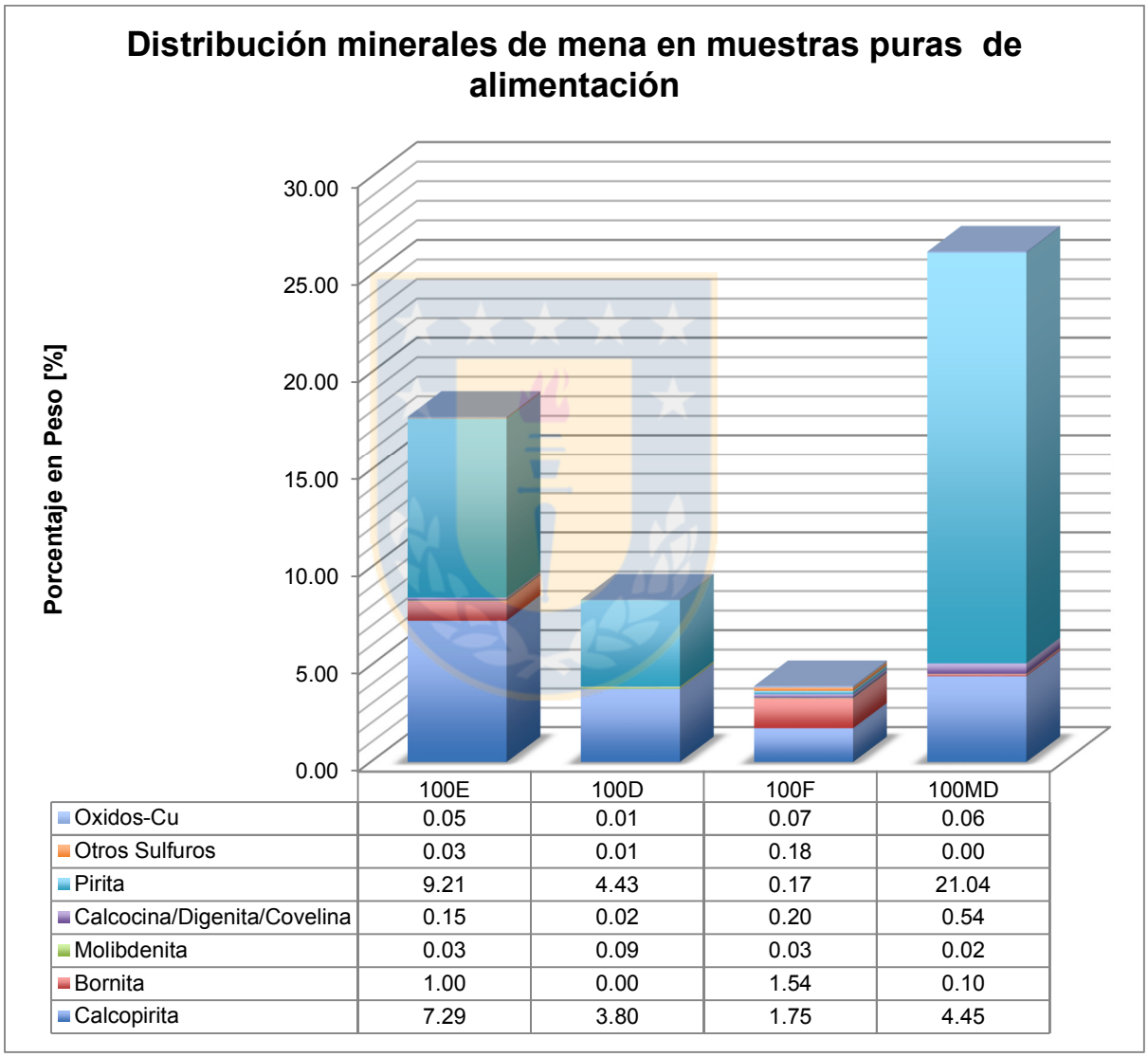

**Figura 6.32:** Contenido de minerales de ganga no metálicos en muestras de cola

En el caso de las colas, las mezclas E-D y E-F son las que se comportan similares, mientras que el contenido de minerales de ganga de las mezclas E-MD cae a partir de la mezcla 50%E-50%Y.

### 6.4.3 Distribución de Sulfuros en muestras puras y mezclas.

#### 6.4.3.1 Muestras de Alimentación.

Los sulfuros en las muestras puras de alimentación, se distribuyen según se observa en la Figura. 6.33, es posible distinguir que los minerales mayoritarios son la calcopirita, bornita y pirita.




| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Oxidos-Cu | 0.05 | 0.01 | 0.07 | 0.06 |
| Otros Sulfuros | 0.03 | 0.01 | 0.18 | 0.00 |
| Pirita | 9.21 | 4.43 | 0.17 | 21.04 |
| Calcocina/Digenita/Covelina | 0.15 | 0.02 | 0.20 | 0.54 |
| Molibdenita | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.02 |
| Bornita | 1.00 | 0.00 | 1.54 | 0.10 |
| Calcopirita | 7.29 | 3.80 | 1.75 | 4.45 |

**Figura 6.33:** Contenido de minerales de mena en muestras de alimentación.

La calcopirita se distribuye de manera similar en las muestras D y MD, se ve más abundante en la muestra E y disminuida en la muestra F. Por otra parte, la Bornita solo

está presente en las muestras E y F, donde destaca su proporción en la muestra F alcanzando valores similares de calcopirita en la misma muestra.

La pirita se comporta de manera inversa a la calcopirita, observándose en mayor proporción en la muestra MD y casi inexistente en la muestra F. Cabe destacar la aparición de sulfuros secundarios (Calcosina/Digenita/ Covelina) en todas las muestras exceptuando la muestra D y valores elevados de estos minerales en la muestra MD.

La molibdenita, otro mineral de interés se presenta en todas las muestras con valores muy bajos que no alcanzan el 0,1% de la muestra total. La pirita presente en las unidades geometalúrgicas E, D y MD está casi ausente en la unidad F, alcanzando solo un 0,17%.

Analizando más en detalle las unidades geometalúrgicas, las muestras divididas en fracciones granulométricas (ver metodología, capitulo 1.3) en el caso de la unidad E, graficadas en la Figura 6.34, indican una preferencia de minerales sulfurados en las granulometrías medias, excepto el caso de la molibdenita que tiende a distribuirse en granulometrías finas. Los sulfuros secundarios de cobre, se distribuyen de menor a mayor, a medida que disminuye la granulometría. Este patrón no solo se observa en la unidad E, sino que se repite en las otras unidades.

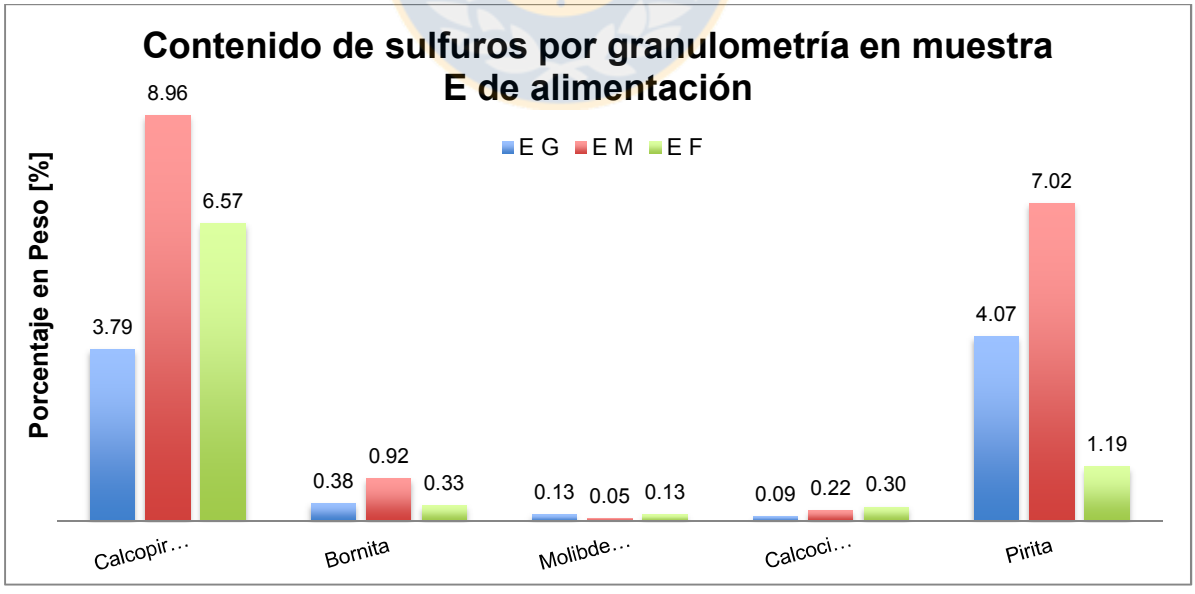



**Figura 6.34:** Contenido de sulfuros según granulometría en muestra E de alimentación.

En la unidad D, la calcopirita se distribuye inversamente proporcional (Figura 6.35), es decir mayores contenidos a menores granulometrías, la pirita es más abundante en granulometrías medias. Bornita y sulfuros secundarios de cobre, muestran mayor abundancia a menores granulometrías. La molibdenita no refleja ninguna preferencia.

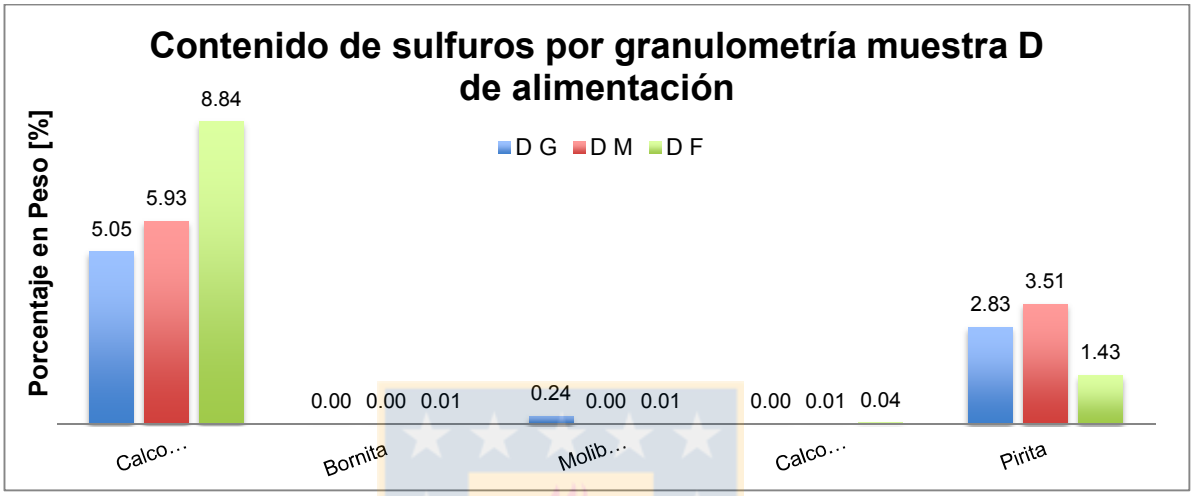



**Fig. 6.35:** Contenido de sulfuros según granulometría en muestra D de alimentación.

En la unidad F, graficada en la Figura 6.36, la calcopirita, molibdenita y sulfuros secundarios aumentan a menor granulometría, y la bornita prefiere granulometrías medias y levemente gruesas. La pirita en muy bajos contenidos es menos abundante cuando se hace más fina.

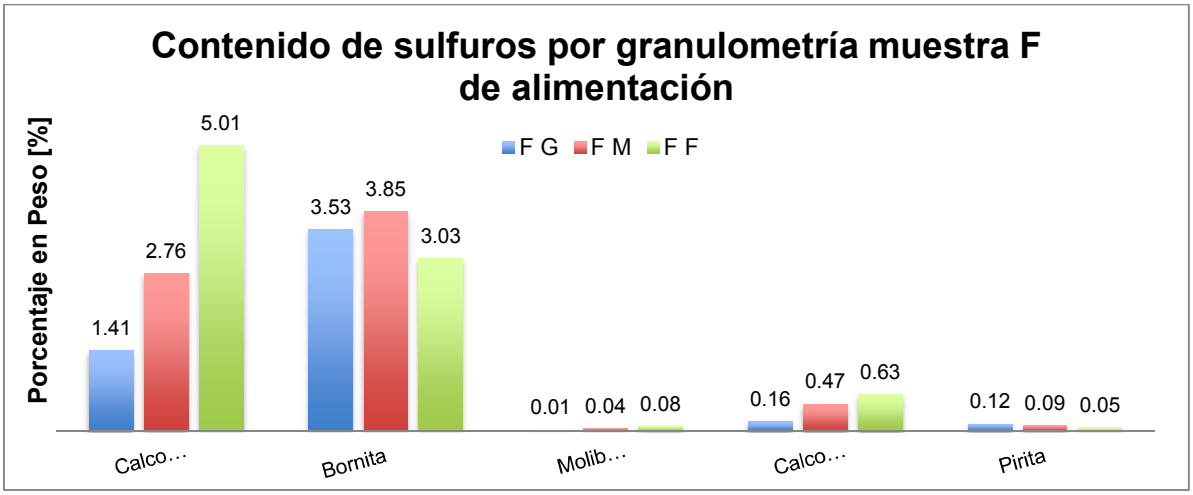



**Fig. 6.36:** Contenido de sulfuros según granulometría en muestra F de alimentación.

Es claro que la muestra MD contiene valores bajos de sulfuros de cobre, pero destaca en su contenido de pirita la que con predominancia se ubica en granulometrías medias (Figura 6.37).

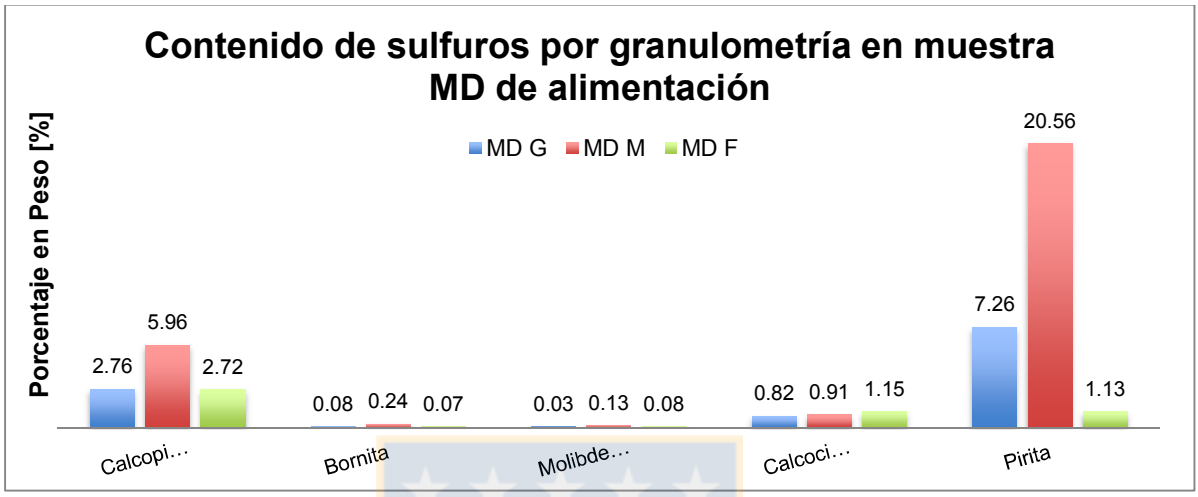



**Figura 6.37:** Contenido de sulfuros según granulometría en muestra MD de alimentación.

Aun así, los contenidos de calcopirita no son despreciables, de otro modo no sería una zona explotable. Sumado a esto y más importante son los porcentajes de sulfuros secundarios que presentan los valores más altos de las cuatro muestras y en las granulometrías más finas.

Al graficar las mezclas E-D (Figura 6.38), los sulfuros se dividen en dos grupos principales, calcopirita con pirita como los minerales de mayor abundancia y bornita, sulfuros secundarios de cobre y molibdenita con valores menores. Los contenidos específicos se describen a continuación.

100%E Alimentación: los minerales de mena y sulfuros alcanzan un 17,76% se distribuyen en pirita (9,21%), calcopirita (7,29%), bornita (1,00%), calcosina/digenita/covelina (0,15%), molibdenita (0,03%), óxidos-Cu (0,05%) y otros sulfuros (0,03%).

75%E-25%D Alimentación: con un 5,69% de minerales de mena y sulfuros dividido en calcopirita (3,51%), pirita (1,92%), bornita (0,16%), calcosina/digenita/covelina (0,06%),

molibdenita (0,02%) y óxidos-Cu (0,02%), es la mezcla con menor contenido de estos minerales.

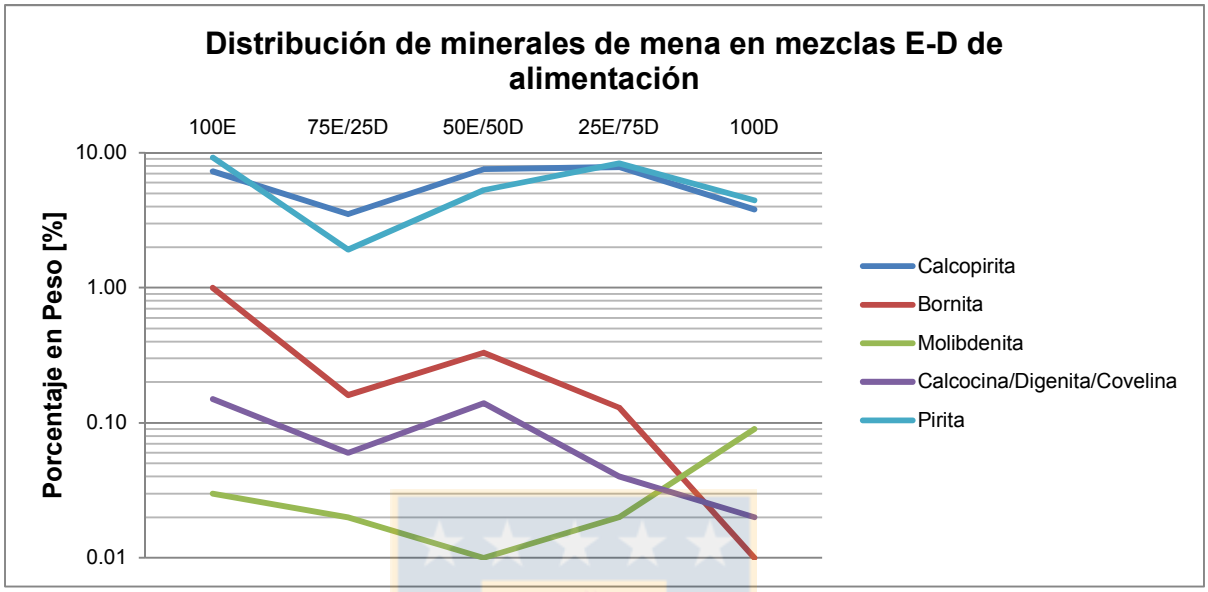



**Figura 6.38:** Contenido de sulfuros en mezclas E-D de alimentación.

50%E-50%D Alimentación: 13,37% suman los minerales de mena y sulfuros, los contenidos de cada uno son, calcopirita (7,54%), pirita (5,28%), bornita (0,33%), calcosina/digenita/covelina (0,14%), molibdenita (0,01%), óxidos-Cu (0,05%) y otros sulfuros (0,02%).

25%E-75%D Alimentación: la última mezcla de esta serie contiene 16,39% de minerales de mena y sulfuros donde la pirita (8,33%), es el sulfuro mayoritario le siguen la calcopirita (7,83%), bornita (0,13%), calcosina/digenita/covelina (0,04%), molibdenita (0,02%), óxidos-Cu (0,03%) y otros sulfuros (0,01%).

100%D Alimentación: segunda muestra con el más bajo contenido (8,37%) de minerales de mena y sulfuros de la serie E-D, compuesto por pirita (4,43%), calcopirita (3,80%), molibdenita (0,09%), calcosina/digenita/covelina (0,02%), óxidos-Cu (0,01%) y otros sulfuros (0,01%).

Cuando cambiamos de mezclas (Figura 6.39) a la serie E-F, notamos diferencias y similitudes a las mezclas anteriores. Los minerales mayoritarios siguen siendo la

calcopirita y la pirita, la bornita toma un mayor protagonismo aumentando, mientras que la pirita disminuye, ambos cambios suceden a medida que disminuye el contenido de unidad geometalúrgica E. Las mezclas E-F se describen a continuación.

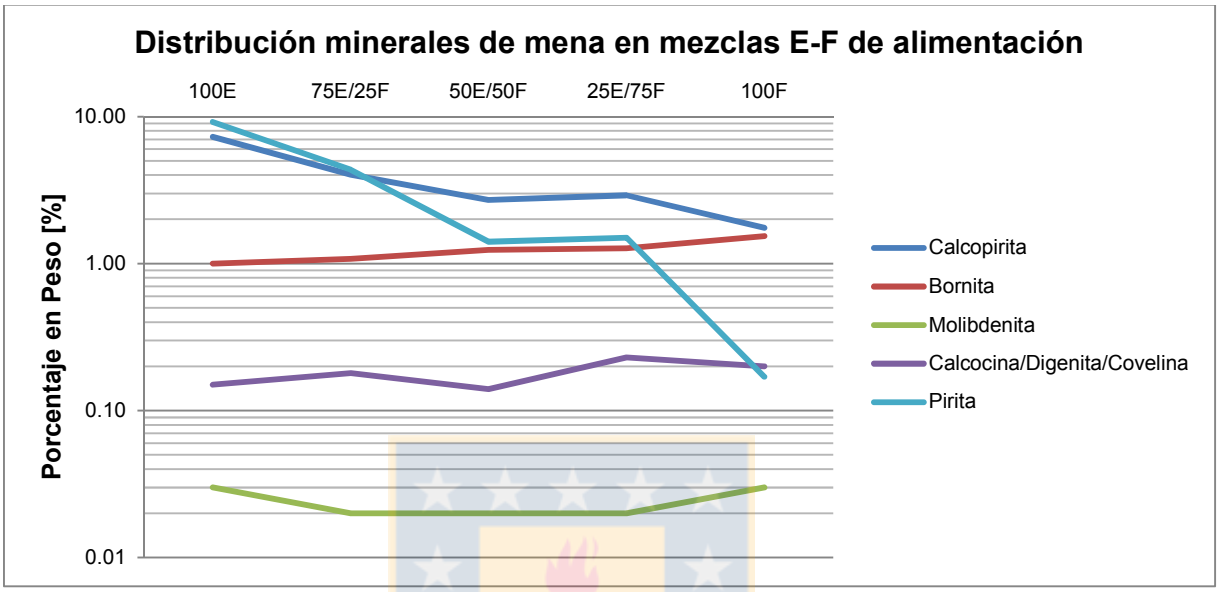



**Fig. 6.39:** Contenido de sulfuros en mezclas E-F de alimentación.

75%E-25%F Alimentación: esta mezcla contiene 9,83% de minerales de mena y sulfuros dividido en pirita (4,36%), calcopirita (4,03%), calcosina/digenita/ covelina (0,18%), bornita (1,08%), molibdenita (0,02%), otros sulfuros (0,11%) y óxidos-Cu (0,05%)

50%E-50%F Alimentación: 5,60% de minerales de mena y sulfuros distribuidos en calcopirita (2,71%), pirita (1,41%), bornita (1,24%), molibdenita (0,02%), calcosina/digenita/covelina (0,14%), otros sulfuros (0,03%) y óxidos-Cu (0,05%).

25%E-75%F Alimentación: 6,03% de minerales de mena y sulfuros, donde el mineral principal es la calcopirita (2,91%) le sigue la pirita (1,50%), bornita (1,27%), calcosina/digenita/covelina (0,23%), molibdenita (0,02%), otros sulfuros (0,03%) y óxidos-Cu (0,07%).

100%F Alimentación: la unidad geometalúrgica F posee un 3,94% de minerales de mena y sulfuros, donde el mineral primario es la calcopirita (1,75%), le sigue muy de cerca la bornita (1,54%), contenido que es el más alto en todas las mezclas de alimentación. En

el segundo grupo encontramos la calcosina/digenita/covelina (0,20%), pirita (0,17%) y molibdenita (0,03%). Otros sulfuros, alcanza un 0,18% óxidos-Cu un 0,07%.

Las mezclas E-MD (Fig. 6.40) tienen como minerales principales a la pirita y la calcopirita, mientras la pirita aumenta, la calcopirita disminuye, todo esto, a medida que aumenta el contenido de unidad MD. La bornita va en descenso y los sulfuros secundarios en aumento en la misma dirección.

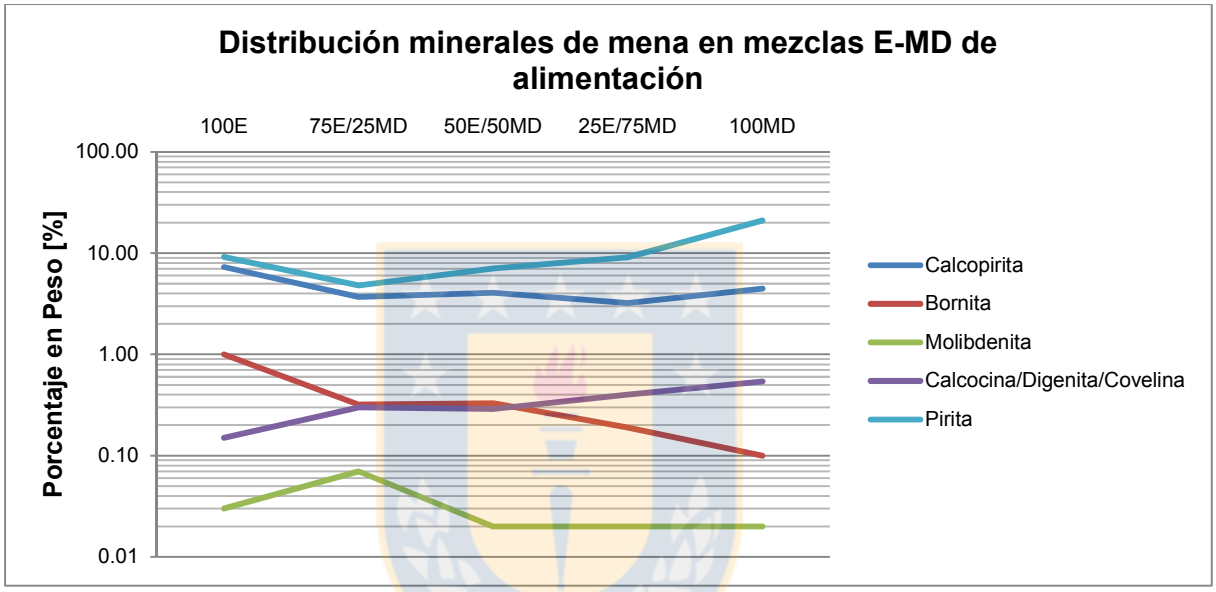



**Fig. 6.40:** Contenido de sulfuros en mezclas E-MD de alimentación.

75%E-25%MD Alimentación: la serie de mezclas E-MD comienza con 9,30% de contenido en minerales de mena y sulfuros los cuales se distribuyen en pirita (4,80%), calcopirita (3,86%), bornita (0,32%), calcosina/digenita/covelina (0,30%), molibdenita (0,07%), otros sulfuros (0,08%) y óxidos-Cu (0,05%).

50%E-50%MD Alimentación: los minerales de mena y sulfuros suman un total de 5,60% los cuales se distribuyen en pirita (7,05%), calcopirita (4,06%), bornita (0,32%), calcosina/digenita/covelina (0,29%), molibdenita (0,07%), óxidos-Cu (0,04%) y otros sulfuros (0,01%).

25%E-75%MD Alimentación: la última mezcla es la que posee mayor contenido de minerales de mena debido al alto contenido de pirita (9,14%), la calcopirita (3,22%), tiene

valores importantes, mientras que la calcosina/digenita/covelina (0,40%), bornita (0,19%) y molibdenita (0,02%) mantienen sus contenidos. Óxidos-Cu (0,05%) y otros sulfuros (0,01%) son las fases minoritarias.

100%MD Alimentación: con casi el doble de minerales de mena y sulfuros (26,21%) que la muestra anterior, la pirita alcanza el 21,04% el porcentaje restante se divide en calcopirita (4,45%), calcosina/digenita/covelina (0,54%), bornita (0,10%), molibdenita (0,02%) y óxidos-Cu (0,06%).

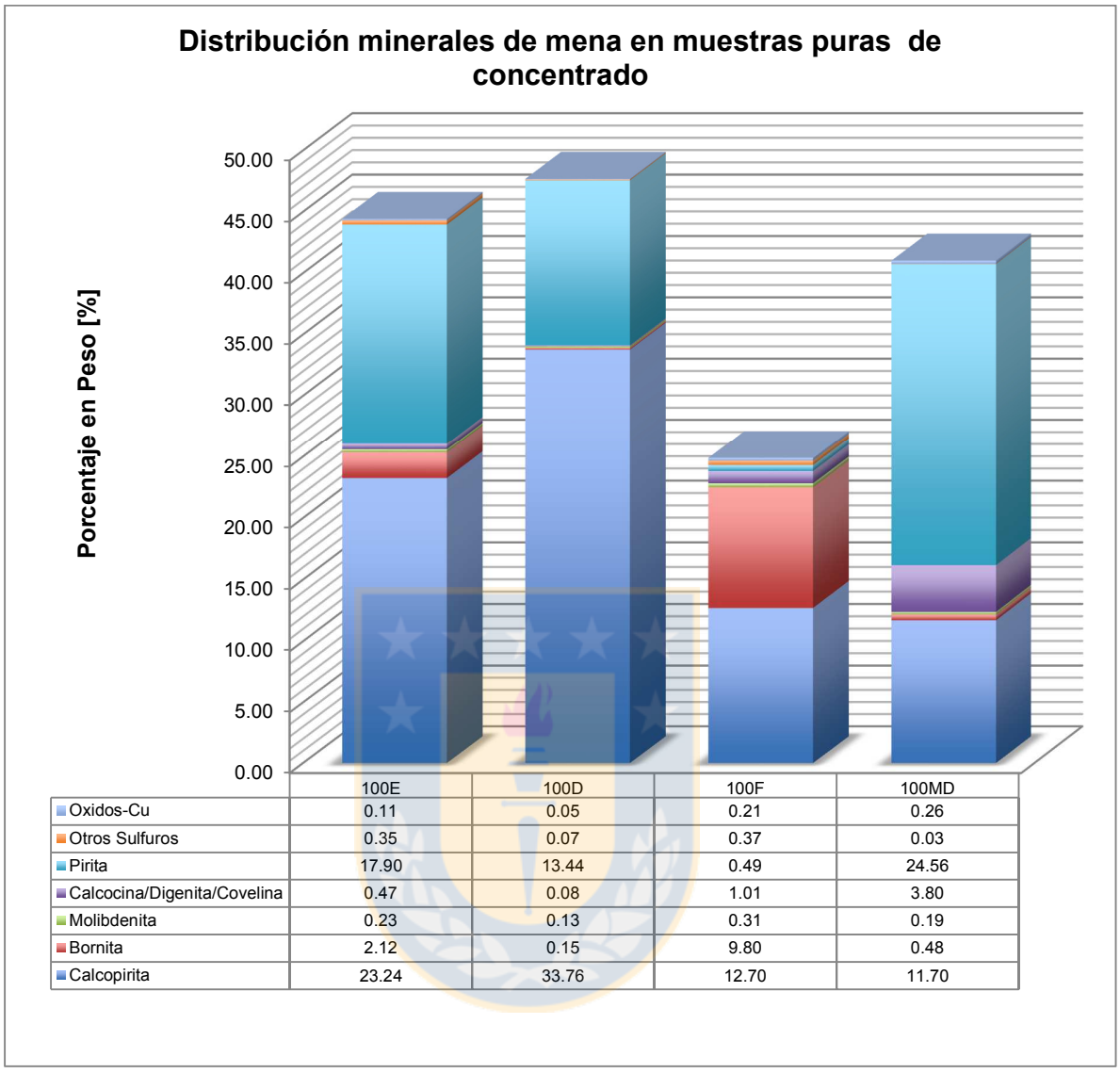
#### 6.4.3.2 Muestras de Concentrado

El concentrado de las muestras puras refleja (Figura 6.41) en parte el porqué de los nombres que poseen las unidades geometalúrgicas, como el nombre lo dice, están clasificadas por la respuesta geometalúrgica que se obtiene al flotarlas, normalmente basado en la recuperación y la ley de cada unidad.

La unidad E o estándar tiene contenidos altos de calcopirita y pirita principalmente (diferencia de 5%) bornita al 2,12% y las otras fases de manera minoritaria. La unidad D o desfavorable no tiene contenidos de bornita, y posee altos contenidos de calcopirita y pirita.

La unidad F o favorable destaca su alto contenido en bornita que alcanza casi el 10% y calcopirita cercana al 13%, la pirita que existe alcanza el 0,49%, valores similares a las fases. La última unidad es la MD o muy desfavorable esta muestra contiene un gran porcentaje de pirita (24,56%) el mayor valor de todas las unidades. Los sulfuros secundarios de cobre tienen altos valores en esta unidad alcanzando casi un 4,00%.

Las mezclas entre la serie E-D graficadas en la Figura 6.42, nos indican que los contenidos de pirita se mantienen relativamente constantes en las mezclas, mientras la calcopirita aumenta a medida que aumenta la unidad D, la bornita, molibdenita y los sulfuros de cobre secundarios disminuyen al aumentar la unidad D. A continuación de describen los concentrados de las mezclas.




| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Oxidos-Cu | 0.11 | 0.05 | 0.21 | 0.26 |
| Otros Sulfuros | 0.35 | 0.07 | 0.37 | 0.03 |
| Pirita | 17.90 | 13.44 | 0.49 | 24.56 |
| Calcocina/Digenita/Covelina | 0.47 | 0.08 | 1.01 | 3.80 |
| Molibdenita | 0.23 | 0.13 | 0.31 | 0.19 |
| Bornita | 2.12 | 0.15 | 9.80 | 0.48 |
| Calcopirita | 23.24 | 33.76 | 12.70 | 11.70 |

**Figura. 6.41:** Contenido de minerales de mena y sulfuros en muestras puras de concentrado.

100%E Concentrado: los minerales de mena y sulfuros comprenden el 44,42% dividido en calcopirita (23,24%), pirita (19,90%), bornita (2,12%), calcosina/digenita/covelina (0,47%), molibdenita (0,23%), otros sulfuros (0,35%), y óxidos-Cu (0,11%)

75%E-25%D Concentrado: los minerales de mena y sulfuros suman 47,65% distribuido en calcopirita (30,12%), pirita (14,29%), bornita (2,04%), calcosina/digenita/covelina (0,57%), molibdenita (0,39%), otros sulfuros (0,14%), y óxidos-Cu (0,10%).

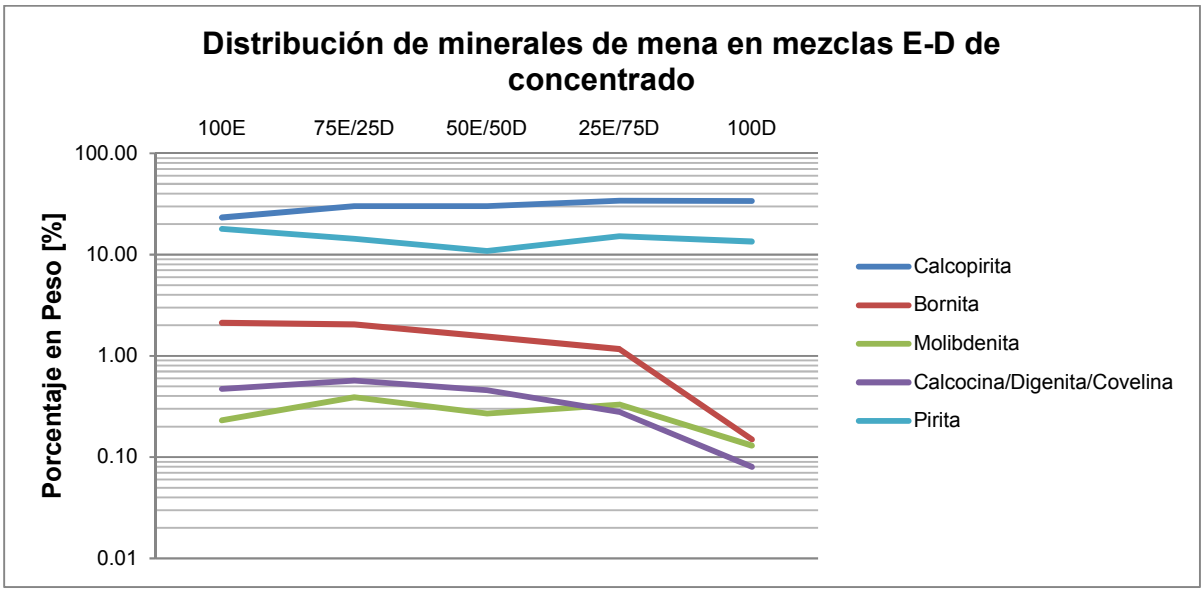



**Figura 6.42:** Contenido de sulfuros en mezclas E-D de concentrado.

50%E-50%D Concentrado: los minerales de mena y sulfuros llegan a 43,49% aquí el contenido de calcopirita (30,12%) se mantiene mientras otros minerales disminuyen como la pirita (10,89%), bornita (1,55%), calcosina/digenita/covelina (0,46%), molibdenita (0,27%), otros sulfuros (0,11%), óxidos-Cu (0,09%).

25%E-75%D Concentrado: 51,26% suman los minerales de mena y sulfuros de esta mezcla los que se distribuyen en calcopirita (34,00%), pirita (15,19%), bornita (1,17%), molibdenita (0,33%), calcosina/digenita/covelina (0,28%), otros sulfuros (0,23%) y óxidos-Cu (0,06%)

100%D Concentrado: con 47,68% de minerales de mena y sulfuros distribuidos en calcopirita (33,76%), pirita (13,44%), bornita (0,15%), molibdenita (0,13%), calcosina/digenita/covelina (0,08%), otros sulfuros (0,07%), óxidos-Cu (0,05%)

Las mezclas de la serie E-F (Figura 6.43) tiene un comportamiento muy diferente a la serie E-D, las mezclas de este grupo tienen un cambio muy importante en el contenido de pirita el cual cae abruptamente desde cerca de un 18,00% a valores que rozan el 0,4%, esto a medida que aumenta el contenido de unidad F, la calcopirita también disminuye en la misma dirección pero de manera moderada, la bornita por otra parte

aumenta paulatinamente a medida que el contenido de unidad F aumenta. Los valores específicos de los minerales en las mezclas se listan en las descripciones siguientes

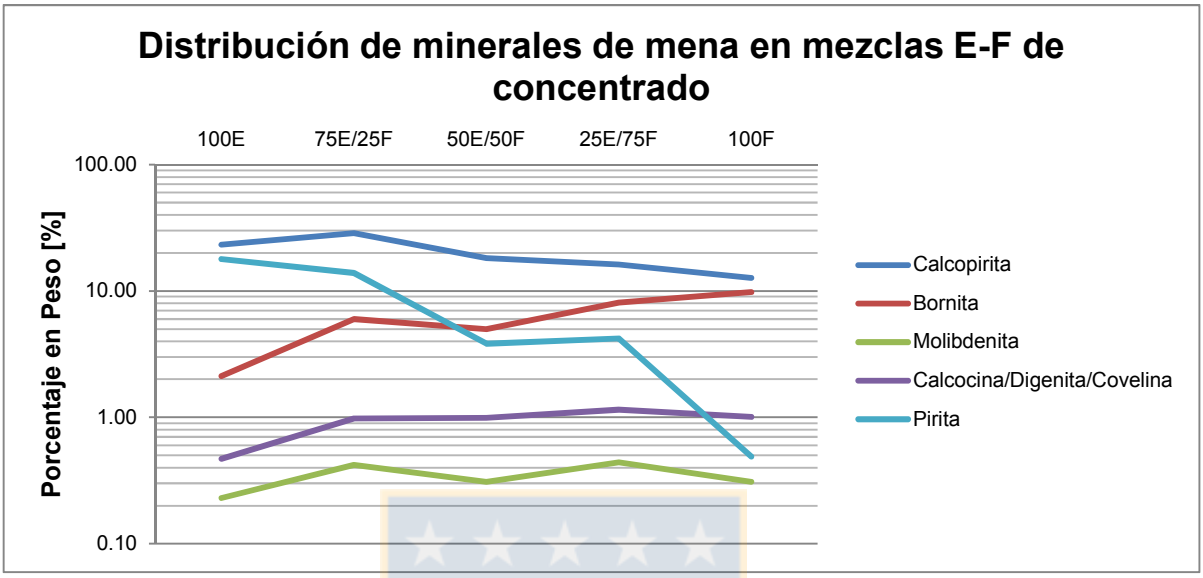



**Figura 6.43:** Contenido de sulfuros en mezclas E-F de concentrado.

75%E-25%F Concentrado: la primera mezcla contiene el máximo de contenido (50,48%) de minerales de mena y sulfuros, dividido en calcopirita (28,24%), pirita (13,85%), bornita (6,00%), calcosina/digenita/covelina (0,98%), molibdenita (0,42%), otros sulfuros (0,35%) y óxidos-Cu (0,16%).

50%E-50%F Concentrado: esta mezcla disminuye en cerca del 20% de minerales de mena y sulfuros, con contenido de 28,83% los cuales están distribuidos en calcopirita (18,22%), bornita (5,01%), pirita (3,82%), calcosina/digenita/covelina (0,99%), molibdenita (0,31), otros sulfuros (0,25%) y óxidos-Cu (0,23%).

25%E-75%F Concentrado: los minerales de mena y sulfuro alcanzan el 30,82%, valor similar a la mezcla anterior, este porcentaje se reparte en calcopirita (16,15%), bornita (8,09%), pirita (4,21%), calcosina/digenita/covelina (1,15%), molibdenita (0,44%), otros sulfuros (0,52%) y óxidos-Cu (0,26%).

100%F Concentrado: la unidad F pura contiene el valor más bajo de minerales de mena y sulfuro, con solo 24,89% es quien posee el mayor contenido de bornita (9,80%). El

porcentaje restante se divide en calcopirita (12,70%), calcosina/digenita/covelina (1,01%), molibdenita (0,31%), pirita (0,49%), otros sulfuros (0,37%) y óxidos-Cu (0,21%).

La última serie de mezclas E-MD (Figura 6.44), tiene un comportamiento particular en algunos minerales, la calcopirita disminuye paulatinamente mientras aumenta la unidad MD y la pirita tiene valores variables sin una tendencia definida del mismo modo que la bornita. Por otra parte, el comportamiento de los sulfuros secundarios muestra un aumento en el porcentaje a medida que aumenta la unidad MD. Las mezclas de describen a continuación.

75%E-25%MD Concentrado: posee 46,11% de minerales de mena y sulfuros divididos en calcopirita (24,85%), pirita (16,58%), bornita (2,37%), calcosina/digenita/covelina (1,53%), molibdenita (0,53%), óxidos-Cu (0,16%) y otros sulfuros (0,09%).

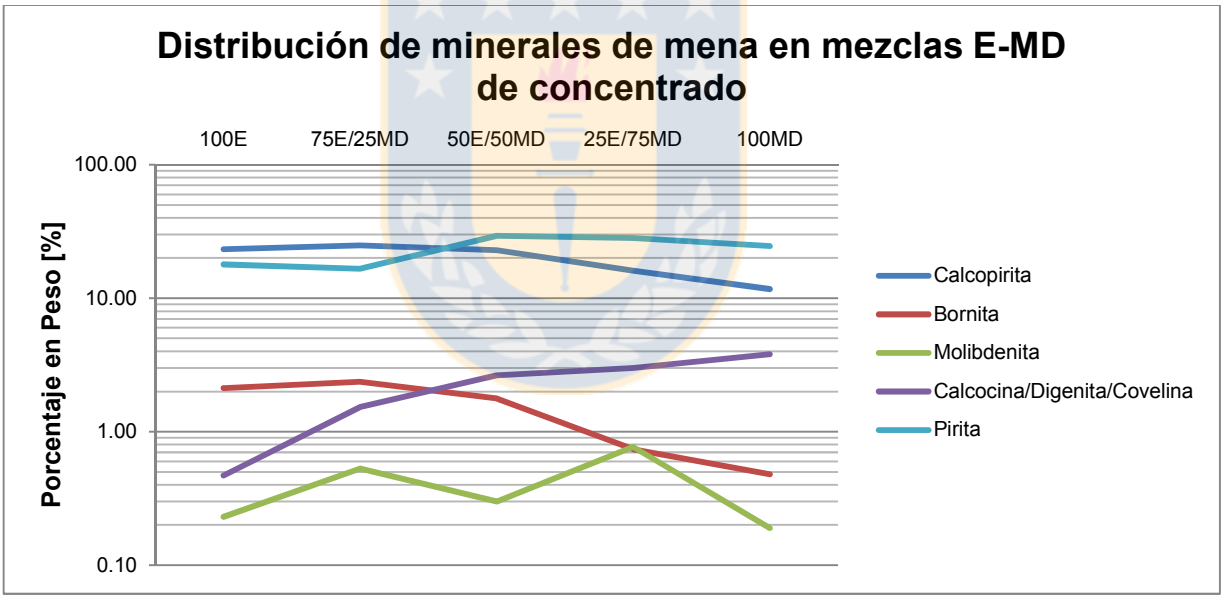



**Figura 6.44:** Contenido de sulfuros en mezclas E-MD de concentrado.

50%E-50%MD Concentrado: con el máximo de minerales de mena y sulfuros de la serie (57,31%), se distribuye en pirita (29,32%), calcopirita (22,92%), calcosina/digenita/covelina (2,64%), bornita (1,78%), molibdenita (0,30%), óxidos-Cu (0,19%) y otros sulfuros (0,16%).

75%E-25%MD Concentrado: de los 49,18% destaca el contenido de pirita (28,18%), le sigue en orden de abundancia, calcopirita (16,04%), calcosina/digenita/covelina (3,01%), bornita (0,74%), molibdenita (0,77%), óxidos-Cu (0,38%) y otros sulfuros (0,06%).

100%MD Concentrado: la unidad MD contiene un 41,02% dividido en pirita (24,56%), calcopirita (11,70%), calcosina/digenita/covelina (3,80%), bornita (0,48%), molibdenita (0,19%), óxidos-Cu (0,26%) y otros sulfuros (0,03%).

#### 6.4.3.3 Muestras de Cola

Los minerales de mena y sulfuros en las muestras puras de cola, graficadas en la Figura 6.45, señalan valores muy bajos en general, pese a esto, la calcopirita se encuentra en todas las colas en valores sobre 0,22%, la unidad MD, la que posee el mayor contenido de calcopirita alcanzando 0,66%.

La bornita está presente solo en la unidad F con un 0,22%, mientras que los sulfuros secundarios de cobre dominan en la unidad MD con un contenido de 0,17%.

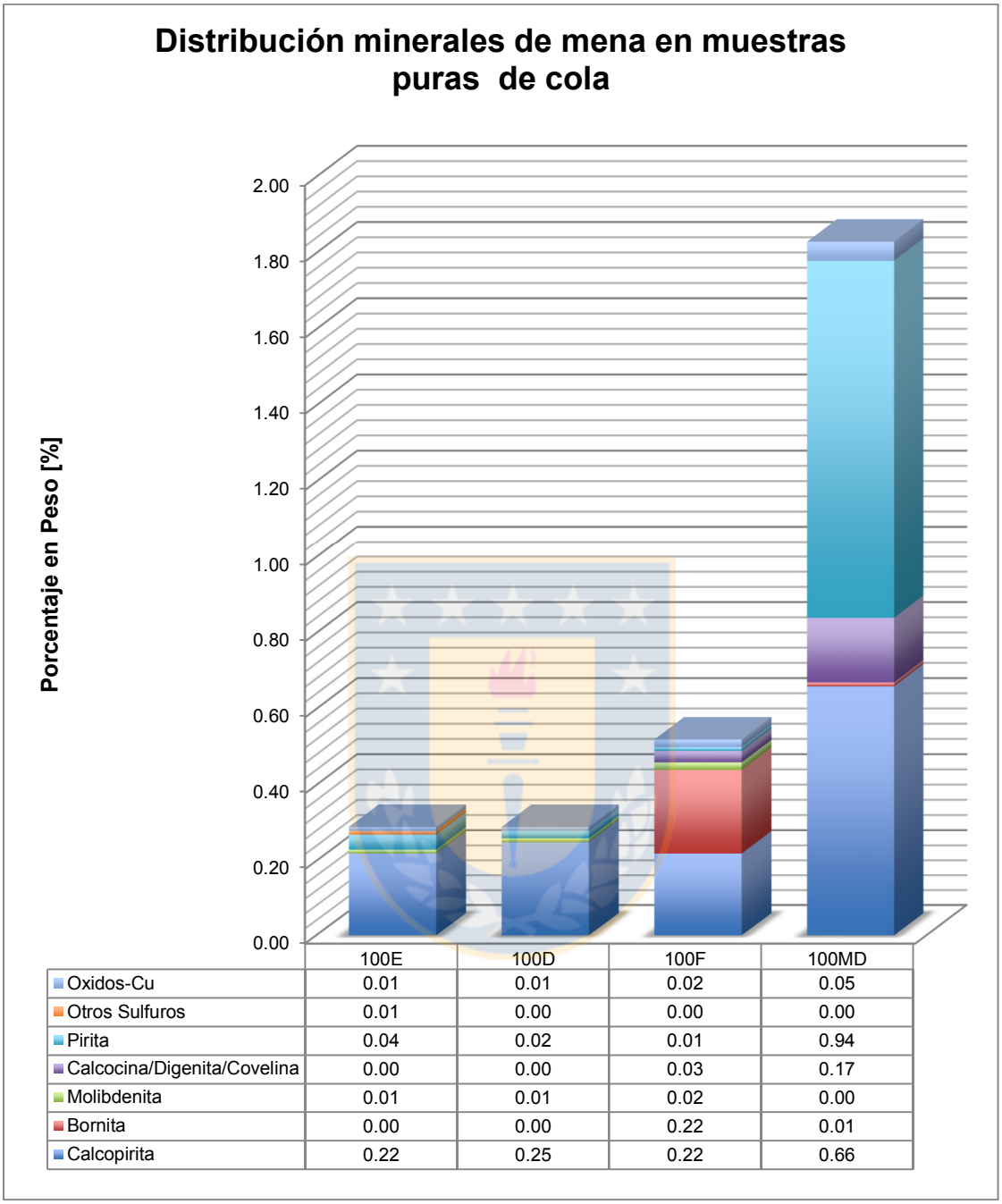
La primera de las series de mezclas entre E y D de cola (Figura 6.46) posee valores muy bajos de minerales de mena y sulfuros, que no superan el 0,3% total por muestra. El mineral principal es la calcopirita.

A continuación, se describen los contenidos de minerales de mena y sulfuros en todas las mezclas realizadas.

100%E Cola: con 0,29% de minerales de mena y ganga estos se distribuyen de la siguiente forma, calcopirita (0,22%), pirita (0,04%), molibdenita (0,01%), otros sulfuros (0,01%), óxidos-Cu (0,01%).

75%E-25%D Cola: los minerales de mena y sulfuros suman 0,21%, divididos en calcopirita (0,17%), pirita (0,02%) y calcosina/digenita/covelina (0,01%).

50%E-50%D Cola: los minerales de mena y sulfuros suman 0,27%, distribuido en calcopirita (0,24%), pirita (0,02%) y óxidos-Cu (0,01%).




| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Oxidos-Cu | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.05 |
| Otros Sulfuros | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pirita | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.94 |
| Calcocina/Digenita/Covelina | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.17 |
| Molibdenita | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.00 |
| Bornita | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.01 |
| Calcopirita | 0.22 | 0.25 | 0.22 | 0.66 |

**Figura 6.45:** Contenido de sulfuros en muestras puras de cola.

25%E-75%D Cola: la última mezcla posee 0,24% de minerales de mena y sulfuros. Este valor se divide en calcopirita (0,10%), pirita (0,10%), molibdenita (0,02%) y calcosina/digenita/covelina (0,02%).

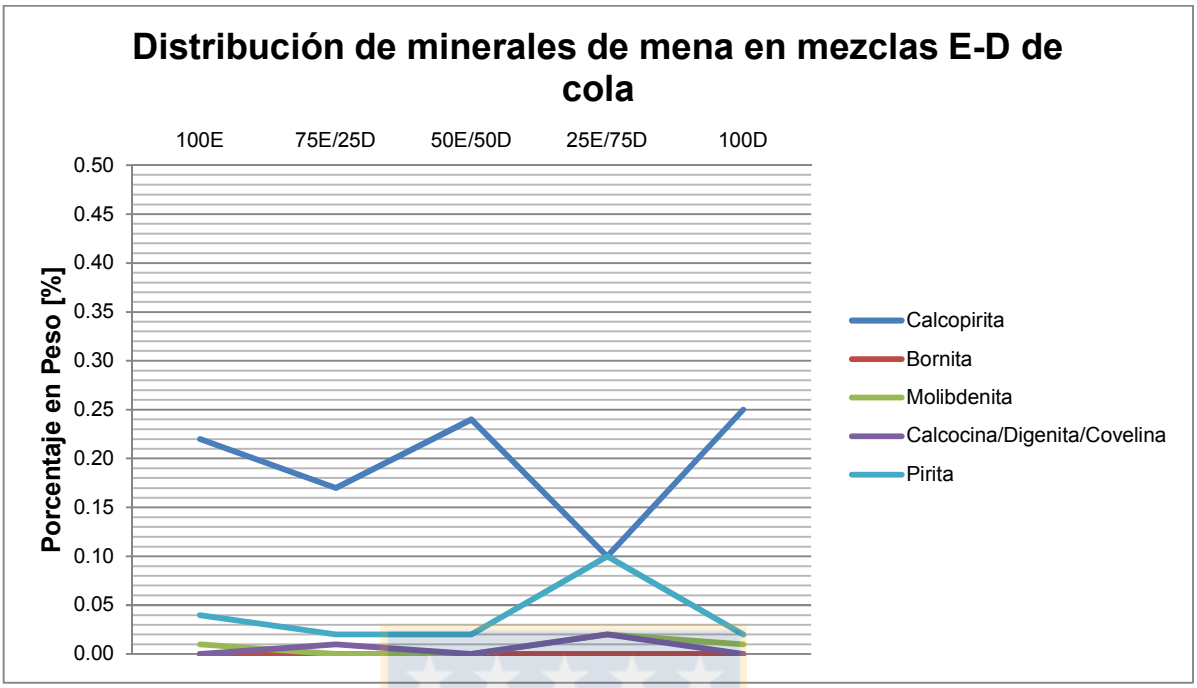



**Figura 6.46:** Contenido de sulfuros en mezclas E-D de cola.

100%D Cola: la unidad D contiene 0,29% de estos minerales dividido en calcopirita (0,25%), pirita (0,02%), molibdenita (0,01%) y óxidos-Cu (0,01%).

Las mezclas E-F (Figura 6.47) contienen valores más altos que las mezclas E-D, pero aun los totales generales solo alcanzan valores que rondan el 0,5%. La calcopirita es el mineral mayoritario y se observa un aumento de la bornita a medida que aumenta el contenido de unidad F.

75%E-25%F Cola: los minerales de mena y sulfuros suman 0,30% divididos en calcopirita (0,21%), bornita (0,03%), calcosina/digenita/covelina (0,02%), pirita (0,02%), molibdenita (0,01%), y óxidos-Cu (0,01%)

50%E-50%F Cola: esta mezcla contiene 0,43% de minerales de mena y sulfuros distribuidos en calcopirita (0,32%), bornita (0,06%), calcosina/digenita/covelina (0,02%), molibdenita (0,01%), pirita (0,01%), y óxidos-Cu (0,01%).

25%E-75%F Cola: en esta mezcla los minerales de mena y sulfuros aumentan a 0,56% valor que es dividido en minerales como calcopirita (0,30%), bornita (0,18%),

calcosina/digenita/covelina (0,04%), molibdenita (0,02%), pirita (0,01%), y óxidos-Cu (0,01%).

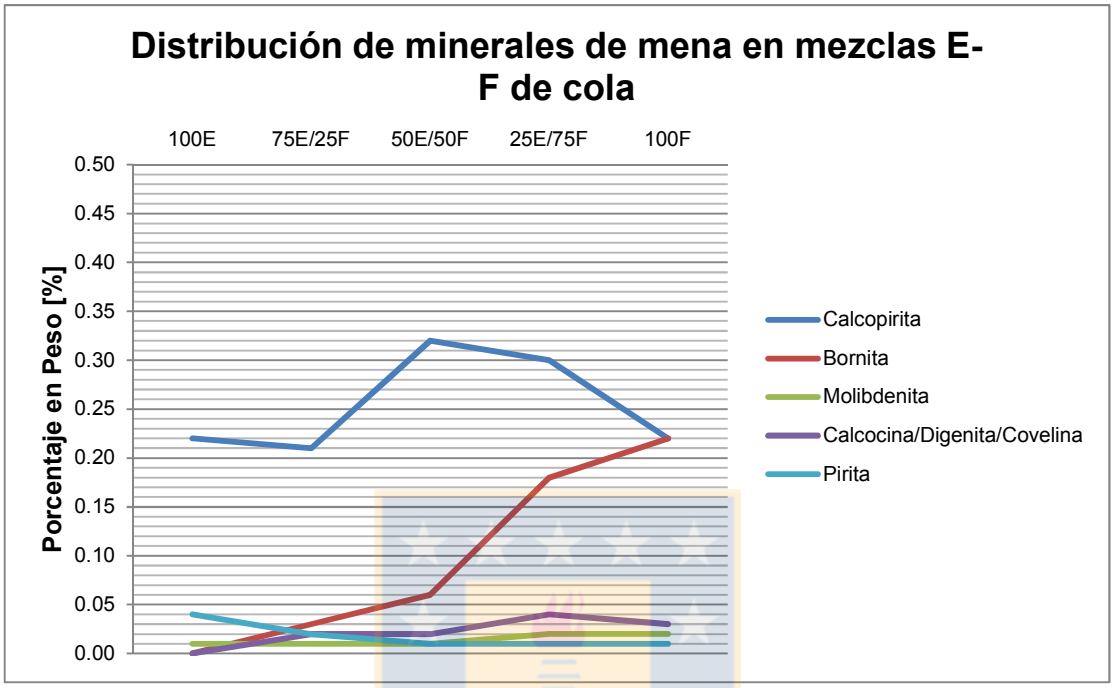



**Figura 6.47:** Contenido de sulfuros en mezclas E-F de cola.

100%F Cola: esta unidad posee 0,52% de minerales de mena y sulfuros dividido en calcopirita (0,22%), bornita (0,22%), molibdenita (0,02%), calcosina/digenita/covelina (0,03%), pirita (0,01%) y óxidos-Cu (0,02%).

La última serie de mezclas es entre las unidades E y MD de cola (Figura 6.48), estas muestras tienen los valores más altos de todas las mezclas. Alcanzan cerca del 1%, donde la calcopirita y la pirita son los minerales mayoritarios los que aumentan a medida que aumenta la unidad MD.

75%E-25%MD Cola: posee 0,50% de minerales de mena y sulfuros divididos en calcopirita (0,35%), pirita (0,05%), bornita (0,04%), calcosina/digenita/covelina (0,04%), molibdenita (0,01%), y óxidos-Cu (0,01%).

50%E-50%MD Cola: el contenido de minerales de mena y sulfuros alcanza el 0,60% distribuido en pirita (0,26%), calcopirita (0,25%), calcosina/digenita/covelina (0,04%), bornita (0,03%), y óxidos-Cu (0,02%).

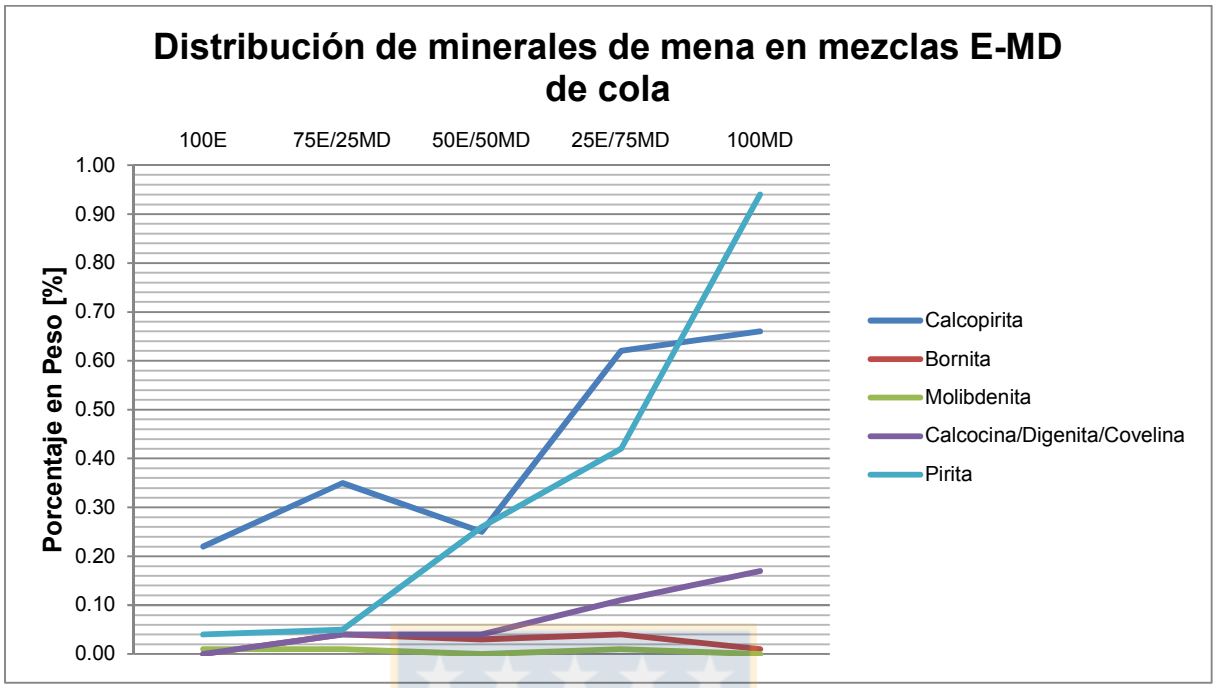



**Fig. 6.48:** Contenido de sulfuros en mezclas E-MD de cola.

25%E-75%MD Cola: con 1,24% es la segunda muestra con más alto contenido de minerales de mena y sulfuros divididos en calcopirita (0,62%), bornita (0,04%), molibdenita (0,01%), calcosina/digenita/covelina (0,11%), pirita (0,42%) y óxidos-Cu (0,04%).

100%MD Cola: es la unidad que posee el mayor contenido de minerales de mena y sulfuros llegando a el valor de 1,83%, distribuido en pirita (0,94%), calcopirita (0,66%), calcosina/digenita/covelina (0,17%), óxidos-Cu (0,05%) y bornita (0,01%).

## 6.5 Análisis Químico.

Para completar la caracterización de las unidades geometalúrgicas, se realizó un análisis químico para obtener el contenido de %Cu, %Mo y %Fe, en las muestras estudiadas.

### 6.5.1 Metodología.

El método utilizado para los análisis químicos, es la Espectrofotometría de Absorción Atómica (E.A.A) (Figura 6.49). La espectrofotometría emplea muestras pulverizadas, las muestras son atacadas químicamente con una mezcla de ácidos, ácido sulfúrico al 98%

de concentración, nítrico al 12% y clorhídrico al 36%. La muestra se deja reposar en frio por una noche para posteriormente dejarla reposar a una temperatura sobre los 200ºC por el tiempo necesario para la disolución total de la muestra. Posterior a esto la muestra disuelta es llevada al espectrómetro, donde por medio de mangueras es nebulizada y mezclada con gases combustibles y oxidantes los cuales producen una llama que contiene además la muestra nebulizada.

Un cátodo emite rayos que inciden en las partículas de la muestra nebulizada y la transmiten hasta un monocromador el cual mediante un detector registran los espectros producto de la incidencia de la radiación en la muestra.

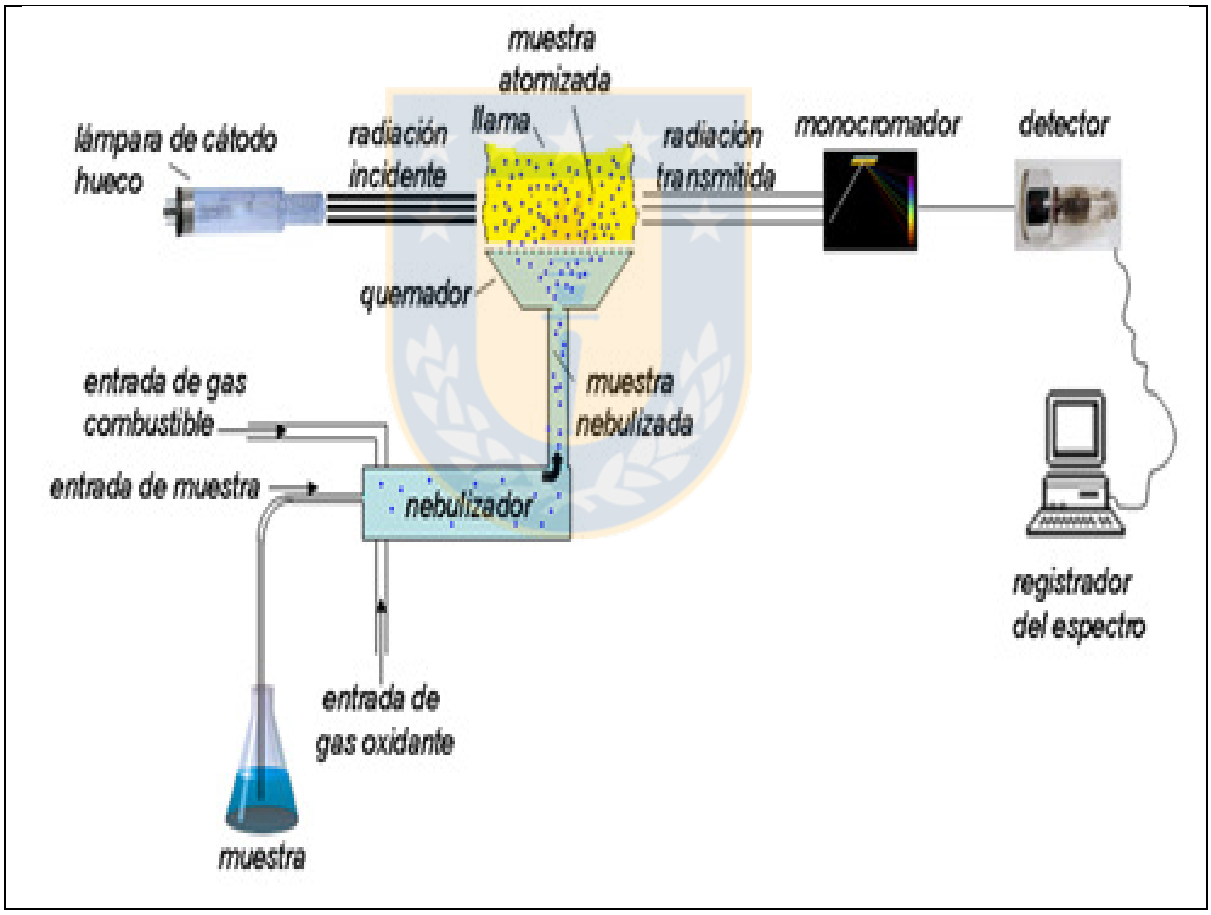



**Figura 6.49:** Esquema de Espectrofotometría de absorción atómica.

El análisis químico realizado en los laboratorios del GEA, entrega los resultados de contenidos de Cu, Fe, Mo y Residuo Inorgánico, en muestras de cabeza (F), cola (T) y concentrado (C) con cinética, para muestras puras y mezclas entre ellas.

### 6.5.2 Leyes de Cu, Mo y Fe.

Las leyes de las muestras de alimentación (F), puras y mezclas, se tabulan en la Tabla 6.4.

**Tabla 6.4:** Listado de muestras de alimentación y leyes de Cu, Mo y Fe.

| Alimentación (F) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Ley Cu [%]*** | 100%E | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | 1,13 | 1,08% | 1,09% | 1,13% | 0,92% |
| | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | 1,16% | 1,03% | 1,15% | 1,19% |
| | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100%MD** |
| | | 0,96% | 1,12% | 1,14% | 1,09% |
| ***Ley Mo [%]*** | 100%E | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | 0,00125% | 0,00082% | 0,00097% | 0,00104% | 0,00050% |
| | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | 0,00113% | 0,00121% | 0,00155% | 0,00173% |
| | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100%MD** |
| | | 0,00138% | 0,00127% | 0,00127% | 0,00140% |
| ***Ley Fe [%]*** | 100%E | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | 3,28% | 3,01% | 3,11% | 3,27% | 2,54% |
| | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | 2,48% | 2,75% | 3,15% | 2,22% |
| | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | 3,90% | 4,37% | 4,18% | 4,52% |

Debido a lo extenso de los resultados químicos de las muestras de concentrados los que se dividen por muestra y por tiempo (cinética), estos se pueden revisar en el anexo C. Cada muestra posee un duplicado de flotación con las mismas características. Por otra parte, los resultados de las colas se observan en la Tabla 6.5, donde se dividen en T1 y T2, cola de la primera flotación y cola de la segunda flotación respectivamente, esto para cada muestra pura y sus mezclas.

**Tabla 6.5**: Listado de muestras de cola y leyes de Cu, Mo y Fe.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cola (T1)** | Ley Cu [%] | **100%E** | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | | 0,05% | 0,05% | 0,04% | 0,04% | 0,02% |
| | | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | | 0,06% | 0,06% | 0,06% | 0,06% |
| | | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | | 0,10% | 0,14% | 0,19% | 0,21% |
| | Ley Mo [%] | **100%E** | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | | 0,00015% | 0,00018% | 0,00014% | 0,00013% | 0,00015% |
| | | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | | 0,00020% | 0,00023% | 0,00024% | 0,00026% |
| | | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | | 0,00021% | 0,00035% | 0,00027% | 0,00029% |
| | Ley Fe [%] | **100%E** | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | | 2,27% | 1,93% | 1,73% | 1,62% | 1,48% |
| | | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | | 2,45% | 1,96% | 1,99% | 2,22% |
| | | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | | 2,90% | 2,93% | 3,58% | 3,56% |
| **Cola (T2)** | Ley Cu [%] | **100%E** | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | | 0,04% | 0,05% | 0,04% | 0,04% | 0,03% |
| | | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | | 0,06% | 0,06% | 0,06% | 0,06% |
| | | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | | 0,09% | 0,15% | 0,19% | 0,20% |
| | Ley Mo [%] | **100%E** | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | | 0,00019% | 0,00020% | 0,00019% | 0,00012% | 0,00016% |
| | | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | | 0,00019% | 0,00021% | 0,00021% | 0,00026% |
| | | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | | 0,00020% | 0,00018% | 0,00027% | 0,00027% |
| | Ley Fe [%] | **100%E** | **75%E-25%D** | **50%E-50%D** | **25%E-75%D** | **100%D** |
| | | 2,45% | 2,01% | 1,80% | 1,63% | 1,63% |
| | | | **75%E-25%F** | **50%E-50%F** | **25%E-75%F** | **100%F** |
| | | | 2,23% | 2,14% | 1,92% | 1,81% |
| | | | **75%E-25%MD** | **50%E-50%MD** | **25%E-75%MD** | **100% MD** |
| | | | 2,19% | 2,84% | 3,72% | 3,55% |

# 7 IMPACTO DE LA MINERALOGIA EN EL PROCESO DE FLOTACIÓN.

## 7.1 Identificación de Factores Problemáticos para la Flotación.

Actualmente la mineralogía está muy ligada al proceso productivo, de modo que determinar la existencia de un mineral que causa impacto negativo en el proceso, es de suma importancia, además de planificar la manera óptima para el tratamiento de estos minerales. El interés creciente entre la relación mineralogía y proceso productivo llevo al desarrollo de técnicas más automatizadas para cuantificar mineralogía (Baum *et al*, 2004). Es este mismo autor quien hace referencia a los problemas claves que existen, distinguiendo claramente dos de ellos, la representatividad de muestras y la caracterización mineralógica, de tamaño y de textura de todo el mineral que entra al proceso.

Desde un punto de vista más específico existen factores mineralógicos como la textura de las partículas que juega un rol importante en la recuperación de cobre y la ley del concentrado. Teóricamente se pueden generar curvas que indican el grado máximo de recuperación que es posible obtener para cierto tipo de mineral de alimentación, esto sin considerar las mejoras que pueden ser realizadas en las condiciones de operación de la flotación, tópico que no es discutido en este estudio. Aun así, para incrementar la ley o recuperación, más allá de la curva teórica, se deben realizar cambios en el material de alimentación, como por ejemplo incrementar la liberación.

Diferentes autores, hacen estudios puntuales donde indican diferentes problemas asociado a la recuperación de minerales de valor económico, por ejemplo, Cuthbertson (1961) cree que los minerales de arcillas, en particular los de tipo bentónico, disminuyen la flotabilidad de la molibdenita. Por otra parte, Bulatovic *et al*. (1999) concuerda con que la presencia de arcillas afecta negativamente a la flotabilidad durante el procesamiento de la mena en pórfidos Cu/Mo, en especial las con contenido de caolinita, bramolita, illita y montmorillonita. Los estudios de Petróvskaya (2015), indican una correlación negativa entre la presencia de anhidrita y los contenidos de Molibdeno en minerales de cabeza y concentrado respectivamente.

El grupo de los filosilicatos (arcillas y otros) son responsables de causar problemas en la flotación, debido a su tamaño menor a 2 micrones se hace muy difícil sacarlos del sistema por lo cual entran con facilidad al circuito de producción.

La diferencia de carga entre las diferentes caras de los filosilicatos, producen interacciones de tipo borde-borde, cara-borde, y cara-cara, comportándose diferente en cada caso. De estas asociaciones, cara-borde y borde-borde son las que generan mayor problemática, al formar estructuras tridimensionales aumentando el comportamiento coloidal (Tombácz and Szekeres, 2006). Los filosilicatos son particularmente susceptibles a cambios, formando "*Slime Coatings"* alrededor de las burbujas y de los otros minerales producto de fuerzas electroestáticas de atracción entre ellos, dando como resultado en una disminución en la recuperación de los minerales de mena.

Otro grupo de minerales que trae problemas a la flotación, son los minerales solubles en agua, dentro de este grupo encontramos a la anhidrita, yeso, calcantita, azurita, entre otros. Estos minerales segregan iones indeseables a la pulpa. Dentro de nuestro estudio solo evidenciamos la presencia de yeso y anhidrita.

La anhidrita, mineral de baja dureza, presente comúnmente en los depósitos sudamericanos, se presenta en concentraciones variables, pudiendo estar o no, pero al estar presente, es recurrente de las plantas concentradoras, desarrollar un problema de elevados contenidos de calcio en concentrados y aguas, esto, producto de que la anhidrita se disuelve en el agua y segrega los cationes de calcio a la solución, posteriormente estos cationes y partículas finas de anhidrita se pegan a la superficie de la molibdenita y la depresan, disminuyendo la recuperación de molibdeno.

## 7.2 Factores Mineralógicos-Texturales que Influyen en la Liberación de la Mena.

Partiendo de que el mineral de alimentación tiene una granulometría variada, es posible diferenciar tres grandes grupos, los cuales nos ayudan a determinar cuáles son posiblemente los factores que influyen en la recuperación de cobre durante el proceso de concentrado.

- Partículas gruesas > 0,25 mm: Con bajo porcentaje de liberación, estas partículas pueden estar compuestas de minerales portadores de cobre y minerales de ganga, recuperarlas incrementará la recuperación, pero hará decrecer la ley debido a que estamos también recuperando minerales de ganga asociados a la mena, en el proceso. Por otra parte, al rechazar estas partículas, significaría que no se comprometería la ley, pero se perderían granos de mena en las colas, de este modo se reduce la recuperación.

- Partículas medias entre 0,25-0,074 mm: Son típicamente total o parcialmente liberadas y por consiguiente fáciles de separar en el circuito de flotación, con los minerales de mena siendo recuperados, no existen pérdidas significativas de ley, sin embargo, no siempre es el caso. Esto debido a que superficies cubiertas en los minerales de mena pueden reducir la susceptibilidad de adherencia de la superficie de los minerales a la burbuja, reduciendo la recuperación, mientras la ley del concentrado puede disminuir cuando la superficie de los minerales de ganga se activa y flotan.

- Partículas finas < 0,074 mm: Se componen normalmente de granos liberados. En este grupo las partículas finas de mena tienen una baja oportunidad de colisionar con burbujas y por consiguiente tienen una reducida opción de ser recuperadas, paralelamente, partículas muy finas de ganga pueden ser recogidas por arrastre y recuperadas en el concentrado.

A partir de esta división es fácil determinar que podemos tener resultados de porcentaje de recuperación bajos que pueden asociarse a dos grandes factores, perdidas en las colas y dilución en el concentrado.

Al referirnos a perdidas en las colas, podemos incluir minerales finos de cobre, minerales ocluidos y superficies cubiertas de minerales de mena. Todos estos factores relacionados directamente con minerales de interés económico. Al contrario, en la otra categoría podemos mencionar, composición de la ganga, ganga arrastrada, y ganga asociada. Este estudio ha determinado que la composición de la ganga influyente se centra en variedad de filosilicatos y anhidrita.

## 7.3 Influencia de la Presencia de Filosilicatos y Anhidrita.

Los estudios sobre silicatos han determinado que existe una clasificación de estos de acuerdo a sus propiedades de flotación y de capacidad de depresión con polímeros y biopolímeros. Petrovskaya, (2014), los divide en tres grandes grupos, estos son:

- Alta flotabilidad y alta facilidad de depresión: Estos silicatos pueden formar partículas ligeras y con formas de escamas, laminas y fibras durante la molienda, por eso flotan mejor sin colectores y más rápido. Está compuesto por 6 grupos: grupo del talco, grupo de la clorita, grupo de las micas, grupo de las arcillas, grupo de la serpentina y grupo de los anfíboles.

- Flotabilidad variable y alta facilidad de depresión: Sus propiedades son muy diferentes, forman partículas pesadas y grandes con forma de prismas y tabulares, que en algunos casos presentan propiedades hidrofílicas. Se compone por 3 grupos: grupo del piroxeno, grupo del olivino y grupo de la epidota y otros minerales como turmalina y berilio.

- Baja flotabilidad y baja capacidad de depresión: Estos minerales forman partículas grandes y en su totalidad hidrofílicas y lo componen 2 grupos: grupo de los feldespatos potásicos y grupo de los feldespatos cálcico-sódicos, más el cuarzo.

En las muestras que se han analizado, se ha determinado la existencia de silicatos de dos de los tres grupos, aquellos que tienen alta flotabilidad y facilidad de depresión y aquellos con baja flotabilidad y baja capacidad de depresión. De aquellos con alta flotabilidad tenemos el grupo de las arcillas, cloritas y micas y el grupo de baja flotabilidad en su totalidad.

Los análisis indican que los filosilicatos con mayor abundancia en la fracción fina (menor a 2 micrones) son principalmente micas, cloritas y caolinitas en ese mismo orden de abundancia.

Los problemas que principalmente se generan con la presencia de estos minerales se traduce en una menor recuperación por efecto de arrastre de partículas finas en el proceso de flotación y en algunos casos mayor número de etapas de limpieza. En la flotación las arcillas se mantienen en suspensión, al tener una menor densidad que los sulfuros, el complejo burbuja-partícula asciende más rápido. Es así como afectan la espuma que concentra las menas de interés adquiriendo una textura fina, pobremente mineralizada e incapaz de soportar y transportar partículas gruesas de sulfuros, aumenta la viscosidad de la pulpa, y disminuye la calidad del concentrado, además de aumentar el consumo de aditivos. Agregado a esto, se mantienen en suspensión en el medio acuoso en vez de sedimentar y ser retiradas en el relave junto con las otras gangas.

En resumidas cuentas, nos interesa saber el comportamiento y asociación mineral de las micas blancas, la clorita y el caolín, además de la anhidrita que, pese a no ser un filosilicato, es un sulfato que incide en la molibdenita, principalmente impidiendo su recuperación de manera exitosa.

### 7.3.1 Asociaciones Minerales de Gangas Influyentes.

A partir del análisis automatizado realizado en las muestras puras divididas por granulometría, las muestras puras totales y las mezclas de todas estas, se determinaron asociaciones minerales en Cabezas, Concentrados y Colas. Se seleccionaron 4 minerales de mena de interés (calcopirita, bornita, sulfuros secundarios de cobre y molibdenita) a partir de esa selección se analizaron los porcentajes de asociación con minerales de ganga influyentes para determinar cuáles de ellas son las mayoritarias.

Como indica la Tabla 7.1, para la unidad E de alimentación se observa que, del 100% de la calcopirita presente en la muestra, un 12,36% está asociada a minerales de ganga que podrían afectar la recuperación de Cu (Clorita, Micas, Sulfatos y Filosilicatos).

La asociación mayoritaria para la Calcopirita es la Mica Blanca, con un 4,06%, este valor equivale al 0,3% de la muestra total, es decir que 0,3% de calcopirita presente en la unidad E está asociada únicamente a mica blanca. En el caso de la bornita y los sulfuros secundarios de cobre, ambos se asocian con mica blanca con un 1,13% y 7,82%

respectivamente, estos porcentajes solo equivalen al 0,01% de la muestra total en cada caso.

**Tabla 7.1**: Asociaciones de la mena en muestra 100%E de alimentación.

| F-100E | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 1,43 | 0,25 | 0,69 | 0,85 |
| Mica Blanca | 4,06 | 1,13 | 0,00 | 7,82 |
| Biotita | 1,50 | 0,51 | 3,47 | 0,97 |
| Arcillas | 0,11 | 0,73 | 0,00 | 0,93 |
| Anhidrita/Yeso | 1,19 | 0,23 | 10,42 | 0,28 |
| Otros Sulfatos | 3,90 | 0,20 | 0,00 | 0,57 |
| Carbonatos | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de asociación influyente | 12,36 | 3,05 | 14,58 | 11,43 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,296** | **0,011** | **0,003** | **0,012** |

El análisis del concentrado de la unidad E (Tabla 7.2), señala que el 7,91% del total de calcopirita en la muestra, valor que equivale al 1,84% de la muestra total, se asocia a mica blanca, asociación observada como mayoritaria en la alimentación.

**Tabla 7.2**: Asociaciones de la mena en muestra 100%E de concentrado.

| C-100E | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 1,62 | 1,70 | 0,21 | 2,57 |
| Mica Blanca | 7,91 | 2,18 | 1,28 | 8,39 |
| Biotita | 1,60 | 0,70 | 0,28 | 0,88 |
| Arcillas | 0,11 | 0,67 | 0,14 | 1,48 |
| Anhidrita/Yeso | 1,72 | 0,48 | 10,74 | 1,31 |
| Otros Sulfatos | 4,03 | 0,48 | 2,92 | 1,66 |
| Carbonatos | 0,13 | 0,20 | 0,07 | 0,03 |
| Total de asociación influyente | 17,12 | 6,41 | 15,65 | 16,32 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **1,839** | **0,046** | **0,025** | **0,039** |

Para la bornita y los sulfuros secundarios de cobre, vemos como nuevamente la mica blanca es el mineral mayoritario de asociación.

Finalmente, para la cola de flotación de la unidad E (Tabla 7.3) un 13,32% del contenido total de calcopirita, equivalente a un 0,03% de calcopirita en la muestra total, es arrastrada por su asociación a la mica blanca. Los valores de bornita y sulfuros secundarios son muy bajos o despreciables.

**Tabla 7.3**: Asociaciones de la mena en muestra 100%E de cola.

| **T-100E** | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 3,71 | 0,00 | 0,00 | 5,56 |
| Mica Blanca | 13,32 | 0,00 | 5,00 | 11,11 |
| Biotita | 3,49 | 0,00 | 0,00 | 5,56 |
| Arcillas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Anhidrita/Yeso | 0,66 | 0,00 | 35,00 | 0,00 |
| Otros Sulfatos | 2,62 | 0,00 | 5,00 | 0,00 |
| Carbonatos | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de asociación influyente | 24,45 | 0,00 | 45,00 | 22,22 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,029** | **0,000** | **0,004** | **0,000** |

La molibdenita está asociada a la anhidrita en todo el proceso, los porcentajes mayoritarios equivalen a un 0,003% de la muestra total de alimentación, un 0,025% de la muestra total de concentrado y 0,004% de la muestra total de cola.

Los resultados de la unidad desfavorable (D) para la etapa de alimentación (Table 7.4) indican que es posible asociar nuevamente la calcopirita a micas blancas en un porcentaje similar a la unidad estándar (E).

La molibdenita por su parte repite la misma asociación a la anhidrita con un 15,17% de la molibdenita presente en la muestra, la que equivale a un 0,014% de la muestra total, siendo este valor el mayor en comparación a las otras muestras de alimentación (E, F y MD), otros minerales portadores de cobre como bornita y sulfuros secundarios de cobre, se encuentran en valores despreciables.

**Tabla 7.4**: Asociaciones de la mena en muestra 100%D de alimentación.

| F-100D | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 1,09 | 0,00 | 0,56 | 1,31 |
| Mica Blanca | 7,30 | 0,00 | 1,69 | 5,88 |
| Biotita | 0,89 | 0,00 | 0,00 | 0,98 |
| Arcillas | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Anhidrita/Yeso | 2,02 | 0,00 | 15,17 | 0,00 |
| Otros Sulfatos | 4,99 | 0,00 | 0,56 | 0,98 |
| Carbonatos | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de asociación influyente | 16,41 | 0,00 | 17,98 | 9,15 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,278** | **0,000** | **0,014** | **0,001** |

Al concentrar la muestra D (Tabla 7.5), un 2,4% de calcopirita de la muestra total, sigue asociada a las micas blancas. De las 4 unidades analizadas, esta unidad es la de mayor contenido de asociación calcopirita-mica blanca. Los otros sulfuros de cobre también están asociados a micas blancas con valores muy bajos o despreciables. La molibdenita se asocia a anhidrita en un 0,007% de la muestra total, uno de los contenidos más bajos de las 4 unidades estudiadas.

**Tabla 7.5**: Asociaciones de la mena en muestra 100%D de concentrado.

| C-100D | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,35 |
| Mica Blanca | 7,21 | 0,79 | 1,39 | 6,28 |
| Biotita | 0,70 | 0,32 | 0,00 | 0,35 |
| Arcillas | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,28 |
| Anhidrita/Yeso | 2,84 | 0,16 | 5,30 | 4,65 |
| Otros Sulfatos | 5,71 | 0,47 | 3,66 | 5,08 |
| Carbonatos | 0,10 | 0,16 | 0,00 | 0,07 |
| Total de asociación influyente | 17,29 | 1,90 | 10,35 | 17,07 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **2,435** | **0,001** | **0,007** | **0,005** |

En el caso de la cola de la muestra D (Tabla 7.6) los valores de sulfuros secundarios de cobre se observan con valores despreciables pese a mantener la misma asociación a micas blancas, la calcopirita en cambio se ve asociada en un 0,066% de la muestra total

y la molibdenita asociada a anhidrita en un 0,004%, igual valor que en la muestra estándar.

**Tabla 7.6**: Asociaciones de la mena en muestra 100%D de cola.

| T-100D | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 2,78 | 0,00 | 0,00 | 1,92 |
| Mica Blanca | 26,55 | 0,00 | 1,37 | 10,58 |
| Biotita | 2,68 | 0,00 | 0,00 | 0,96 |
| Arcillas | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,96 |
| Anhidrita/Yeso | 1,63 | 0,00 | 41,10 | 0,00 |
| Otros Sulfatos | 6,95 | 0,00 | 8,22 | 0,96 |
| Carbonatos | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de asociación influyente | 41,13 | 0,00 | 50,68 | 15,38 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,066** | **0,000** | **0,004** | **0,000** |

Los resultados de la muestra F desde la alimentación (Tabla 7.7), señala un comportamiento similar a las muestras antes descritas, donde los sulfuros primarios y secundarios de cobre se asocian principalmente a las micas blancas y la molibdenita a anhidrita.

**Tabla 7.7**: Asociaciones de la mena en muestra 100%F de alimentación.

| F-100F | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 1,15 | 1,36 | 0,00 | 1,25 |
| Mica Blanca | 8,79 | 2,64 | 0,83 | 6,45 |
| Biotita | 2,05 | 1,08 | 0,00 | 1,31 |
| Arcillas | 0,23 | 1,22 | 0,00 | 0,93 |
| Anhidrita/Yeso | 0,92 | 0,38 | 26,25 | 0,51 |
| Otros Sulfatos | 2,79 | 0,16 | 4,17 | 0,29 |
| Carbonatos | 0,70 | 0,05 | 0,83 | 0,13 |
| Total de asociación influyente | 16,64 | 6,89 | 32,08 | 10,86 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,154** | **0,041** | **0,008** | **0,013** |

La unidad favorable posee los mayores contenidos de bornita, por lo tanto el contenido de bornita asociada a mica blanca llega a valores hasta cuatro veces mayores en comparación a las otras muestras descritas.

Sucede de manera contraria con la calcopirita, la que se presenta con menores porcentajes en relación a las otras muestras, muy similar a la muestra MD. Con 0,008% de molibdenita de la muestra total, asociado a las anhidritas su valor está dentro de lo esperado del análisis.

Para el concentrado (Tabla 7.8) los resultados se correlacionan con la muestra de cabeza, donde la bornita asociada a mica blanca alcanza un 0,141% de la muestra total (aproximadamente cuatro veces mayor que los valores de las otras muestras de concentrado analizadas).

**Tabla 7.8**: Asociaciones de la mena en muestra 100%F de concentrado.

| C-100F | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 0,59 | 0,69 | 0,19 | 0,64 |
| Mica Blanca | 3,47 | 1,44 | 0,74 | 5,42 |
| Biotita | 1,51 | 0,80 | 0,09 | 1,40 |
| Arcillas | 0,10 | 0,48 | 0,00 | 0,61 |
| Anhidrita/Yeso | 1,49 | 0,67 | 6,11 | 1,47 |
| Otros Sulfatos | 2,03 | 0,31 | 1,48 | 1,04 |
| Carbonatos | 0,12 | 0,13 | 0,00 | 0,15 |
| Total de asociación influyente | 9,30 | 4,51 | 8,61 | 10,72 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,441** | **0,141** | **0,019** | **0,055** |

Del 100% de molibdenita presente en la unidad F, el 5,42% está asociado a anhidrita lo que equivale al 0,019% de la muestra total. La calcopirita asociada a mica blanca equivale al 0,44% de la muestra total, este valor la ubica como una de las muestras con menor contenido de esta asociación.

Los resultados de las colas (Tabla 7.9), no hacen más que confirmar las asociaciones a los diferentes minerales de ganga. Se puede destacar que en el caso de la bornita y la molibdenita los resultados son los más altos dentro de las 4 muestras (0,010% y 0,006% respectivamente de la muestra total), estos resultados son contrarios a los esperados, ya que, sabiendo que son muestras con bajos contenidos de minerales de ganga, se esperaría una menor influencia en los minerales de mena, cosa que no sucede

**Tabla 7.9**: Asociaciones de la mena en muestra 100%F de cola.

| T-100F | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 2,07 | 1,90 | 0,57 | 2,18 |
| Mica Blanca | 12,43 | 4,47 | 1,70 | 10,69 |
| Biotita | 3,90 | 3,06 | 0,00 | 2,89 |
| Arcillas | 0,33 | 1,59 | 0,00 | 1,33 |
| Anhidrita/Yeso | 1,83 | 0,75 | 32,39 | 0,31 |
| Otros Sulfatos | 3,67 | 0,09 | 2,27 | 0,39 |
| Carbonatos | 0,80 | 0,80 | 0,57 | 0,23 |
| Total de asociación influyente | 25,03 | 12,67 | 37,50 | 18,02 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,027** | **0,010** | **0,006** | **0,000** |

Finalmente, la muestra MD en el análisis de cabeza (Tabla 7.10), concentrado (Tabla 7.11) y cola (Tabla 7.12) tienen resultados similares, mostrando en las tres etapas del proceso contenidos de calcopirita, bornita y molibdenita con sus respectivas asociaciones, menores que en todas las muestras analizadas. Exceptuando los valores de sulfuros secundarios de cobre, los que son el tiple mayor que otras muestras.

**Tabla 7.10**: Asociaciones de la mena en muestra 100%MD de alimentación.

| F-100MD | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 2,73 | 0,76 | 2,99 | 1,52 |
| Mica Blanca | 5,66 | 1,53 | 2,99 | 6,83 |
| Biotita | 0,53 | 0,19 | 0,75 | 0,55 |
| Arcillas | 0,24 | 0,29 | 0,00 | 1,45 |
| Anhidrita/Yeso | 0,24 | 0,00 | 9,70 | 0,12 |
| Otros Sulfatos | 2,62 | 0,67 | 5,22 | 1,07 |
| Carbonatos | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de asociación influyente | 12,01 | 3,44 | 21,64 | 11,53 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,006** | **0,000** | **0,002** | **0,037** |

Esto debido a que la muestra posee contenidos de sulfuros secundarios siempre mayores que las otras muestras, (esto es total de sulfuros secundarios en la muestra sin importar su asociación a otro mineral), por lo tanto la respuesta al análisis es la esperada

**Tabla 7.11**: Asociaciones de la mena en muestra 100%MD de concentrado.

| C-100MD | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 1,81 | 0,64 | 0,36 | 1,22 |
| Mica Blanca | 3,65 | 1,29 | 1,08 | 3,97 |
| Biotita | 0,51 | 0,29 | 0,00 | 0,49 |
| Arcillas | 0,20 | 0,36 | 0,00 | 0,43 |
| Anhidrita/Yeso | 0,09 | 0,07 | 3,24 | 0,11 |
| Otros Sulfatos | 1,99 | 0,79 | 1,08 | 0,96 |
| Carbonatos | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total de asociación influyente | 8,24 | 3,43 | 5,76 | 7,19 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,427** | **0,006** | **0,006** | **0,151** |

**Tabla 7.12**: Asociaciones de la mena en muestra 100%MD de cola.

| T-100MD | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Cal/Dig/Cov |
|---|---|---|---|---|
| Clorita | 8,01 | 3,95 | 3,33 | 4,82 |
| Mica Blanca | 20,09 | 5,78 | 11,11 | 23,56 |
| Biotita | 2,77 | 0,46 | 2,22 | 1,13 |
| Arcillas | 0,44 | 1,22 | 0,00 | 3,74 |
| Anhidrita/Yeso | 0,30 | 0,15 | 17,78 | 0,13 |
| Otros Sulfatos | 5,23 | 1,22 | 10,00 | 1,36 |
| Carbonatos | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| Total de asociación influyente | 36,87 | 12,77 | 44,44 | 34,84 |
| Equivalencia de % Mayoritario (Rojo) en Muestra Total. | **0,133** | **0,001** | **0,000** | **0,040** |

Para observar de manera resumida los valores de las concentraciones de los diferentes minerales de mena asociados al mineral de ganga estos se grafican en las Figuras. 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4, donde en conclusión los sulfuros de cobre se asocian a micas blancas y la molibdenita se asocia a anhidrita, esto en todas las muestras y en todas las etapas analizadas.

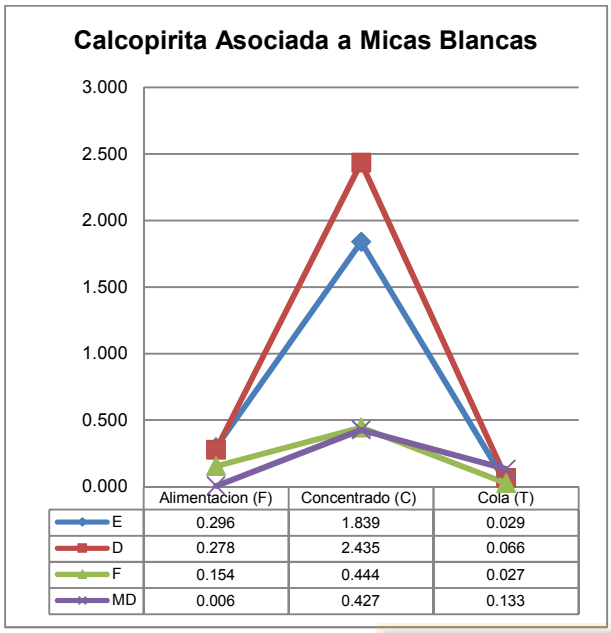



**Figura 7.1:** Gráfico resumen de asociación mineral entre calcopirita y mica blanca.

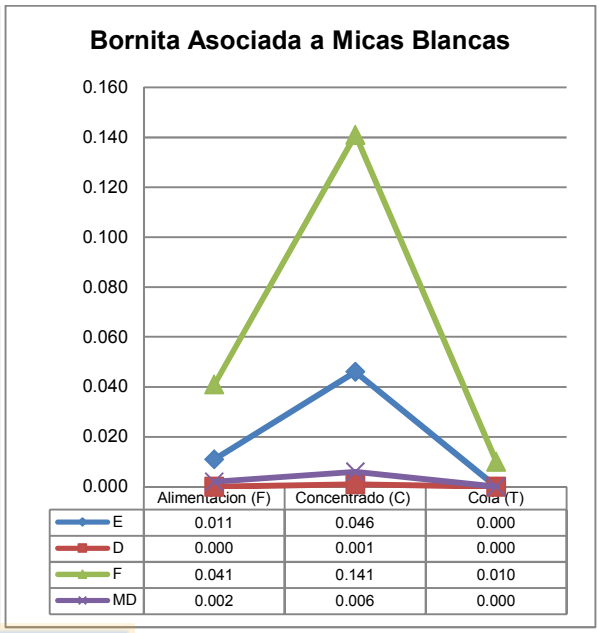



**Figura 7.2:** Gráfico resumen de asociación mineral entre bornita y mica blanca.

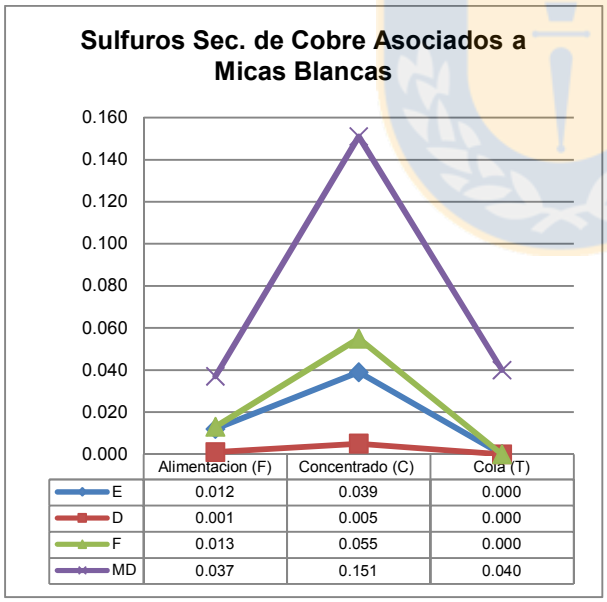



**Figura 7.3:** Gráfico resumen de asociación mineral entre sulfuros secundarios de cobre y mica blanca.

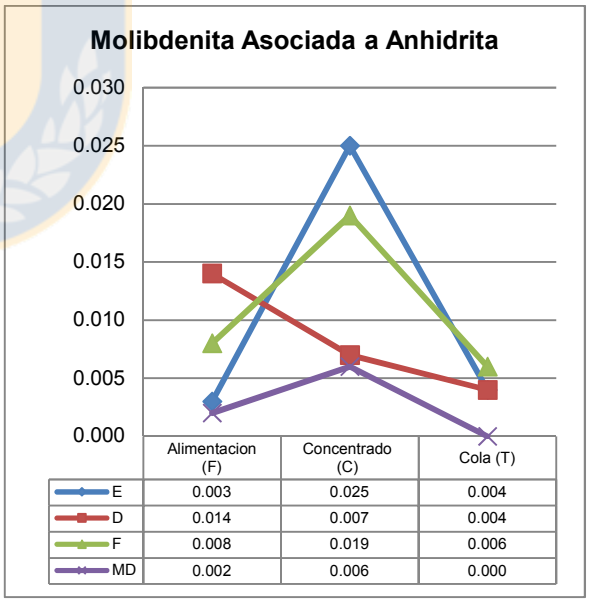



**Figura 7.4:** Gráfico resumen de asociación mineral entre molibdenita y anhidrita.

## 7.4 Granulometría y Liberación de Minerales.

A partir del resultado del análisis de liberación de minerales se han seleccionados ciertos minerales de mena de importancia en el proceso, el contenido total de cada uno de los minerales es dividido en relación al porcentaje de liberación que presenta dicho mineral, en cuatro categorías, menor al 30 % de liberación que es considerado un mineral ocluido, entre un 30 y 50% considerado parcialmente ocluido, entre 50 y 80 % parcialmente liberado y sobre el 80 % como mineral liberado. Esto en el mineral de alimentación, concentrado y cola, además del mineral de cabeza dividido por granulometrías para cada muestra geometalúrgica.

Los minerales en la alimentación no siguen ningún patrón de comportamiento (Figura 7.5), por ejemplo, la calcopirita al entrar al sistema, entra liberada en las muestras E y MD con altos valores, en comparación a las cantidades de calcopirita que entran ocluidas.

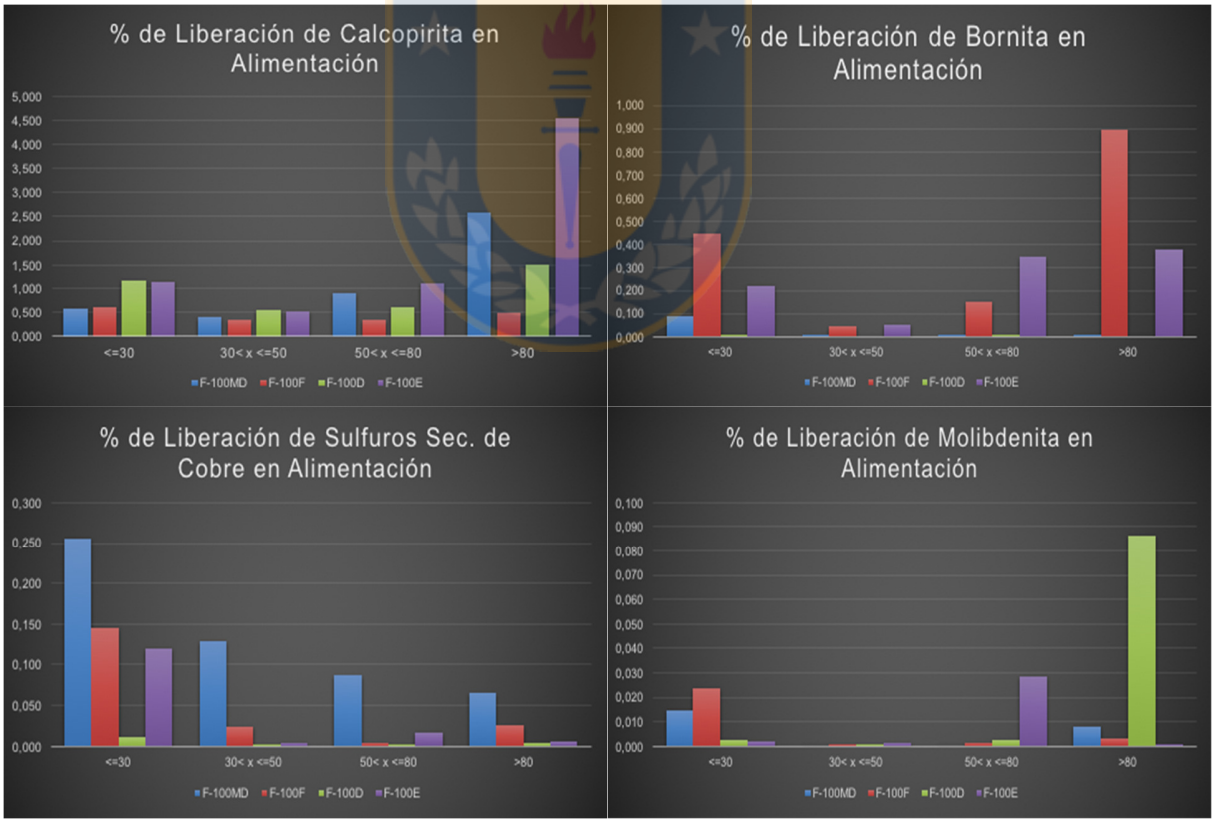



**Figura 7.5:** Diagrama de porcentaje de liberación de minerales en muestras de alimentación.

Podemos destacar que de las 4 muestras estas dos (E y MD) serían las mayores proporcionadoras de calcopirita liberada, esto puede atribuirse a la baja dureza de la muestra MD, que como recordamos está totalmente alterada, y al alto contenido de calcopirita que posee la muestra E en relación a las otras muestras.

En el caso de la bornita, se observa claramente que la muestra F es la portadora principal de bornita que entra al sistema. Los mayores valores se dividen en los sectores liberados y ocluidos, la muestra E se divide de manera similar en tres de las cuatro categorías de liberación, y la muestra MD se observa totalmente ocluida.

Para los sulfuros secundarios sucede que la muestra MD destaca en contenidos de estos minerales, pero con una distribución no favorable, debido a que los mayores valores se encuentran en el tramo ocluido y disminuyen al aumentar el porcentaje de liberación, demostrando así que es poco probable recuperar esos contenidos a menos que se realice un procedimiento extra para intentar recuperarlos.

Finalmente, la molibdenita ingresa al sistema mayormente liberada en las muestras E y D las que tienen contenidos mínimos de molibdenita ocluida al contrario de las muestras F y MD en las cuales la molibdenita entran principalmente ocluida.

En el análisis de los concentrados (Figura 7.6) es de importancia resaltar lo que veníamos comentando anteriormente en relación a los sulfuros secundarios, debido a que se encuentran principalmente en la muestra MD y hay un porcentaje alto de mineral ocluido que logra llegar al concentrado tras la primera flotación, esto se repite en la unidad F y D de igual forma.

La calcopirita se distribuye directamente proporcional al grado de liberación, aumentando los contenidos al aumentar el grado de liberación. La bornita presente solo en la unidad F y E se distribuye directamente proporcional al grado de liberación, y el porcentaje de bornita en la muestra MD se encuentra totalmente ocluido en el concentrado.

La molibdenita tiene la misma distribución directamente proporcional al grado de liberación del mineral que tiene la calcopirita y la bornita.

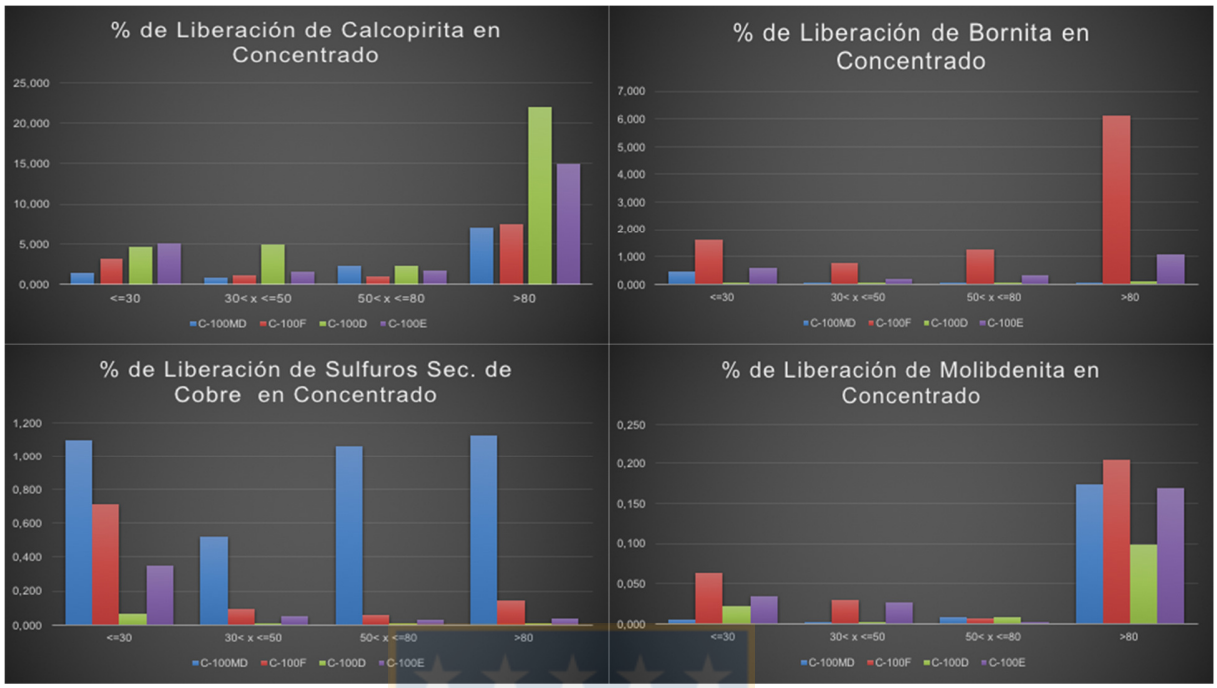



**Figura 7.6:** Diagrama de porcentaje de liberación de minerales en muestras de concentrado.

En el caso de las colas (Figura 7.7) podemos ver que la bornita no recuperada pertenece solo a la muestra F y se encuentra presente como partículas ocluidas.

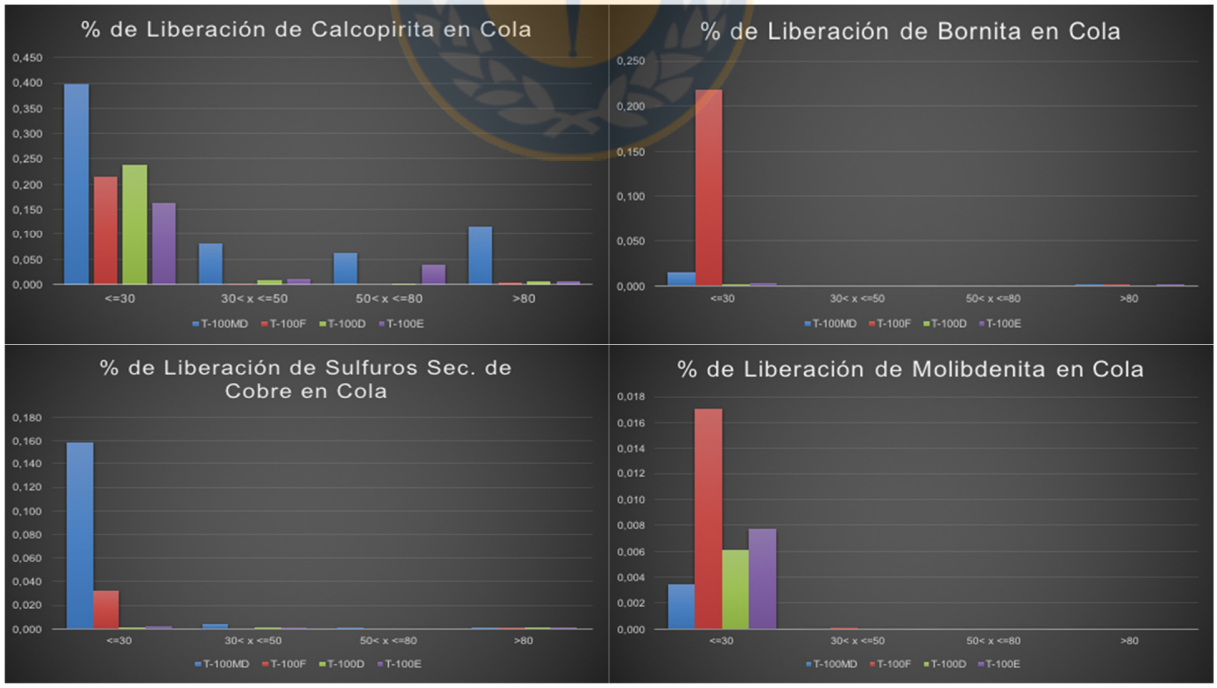



**Figura 7.7:** Diagrama de porcentaje de liberación de minerales en muestras de cola.

Del mismo modo, los sulfuros secundarios que quedan en las colas, y que poseen un grado de liberación que es menos del 30% y por lo tanto ocluidos principalmente, no son recuperados y pertenecen en mayor proporción a la muestra MD.

En el caso de la calcopirita, se observan contenidos de mineral liberado y parcialmente liberado de la unidad MD, los cuales, al estar presentes en la cola, demuestran una deficiencia en el proceso, esto sucede solo para a unidad MD, mientras las otras unidades presentan el mayor contenido de calcopirita como mineral ocluido, imposibilitando su recuperación.

Finalmente, el contenido de molibdenita que se determinó en la alimentación como molibdenita ocluida (menor a 30% de liberación), es reflejada en el gráfico, donde es posible identificar esta molibdenita para las cuatro unidades geometalúrgicas, esto debido a que flotación no logra recuperarla.

## 7.5 Recuperación de Cobre y Molibdeno

El trabajo conjunto de los ingenieros metalúrgicos permite la obtención de antecedentes como valores de recuperación de cobre, hierro y molibdeno, para todas las muestras analizadas. La obtención de estos valores sigue un cálculo matemático donde es considerado el porcentaje de mineral recuperado, la masa del mineral recuperado y la masa total de muestra analizada.

El proceso comienza con una flotación no selectiva o flotación rougher, donde entra el mineral de alimentación (F) a la celda de flotación y se obtiene un concentrado (C) y una cola (T). Durante el proceso de flotación, se retira el concentrado cada cierto tiempo (0.5, 1, 3, 5, 10, 16 y 20 min) el cual posteriormente se seca y pesa. El residuo de la flotación o cola, también es secado y pesado.

Los concentrados con cinéticas (según tiempo) son pulverizados y analizados químicamente por E.A.A, donde se obtiene como resultado el porcentaje de cobre, hierro, molibdeno y el residuo insoluble de cada muestra. Estos valores de concentración de elementos y las masas de cada una de las porciones cinéticas de concentrado y de cola,

permiten calcular la recuperación de estos elementos, en especial del cobre y molibdeno que son de importancia económica.

En el caso de la recuperación de las mezclas o del *"Blending"* se calcula a partir de una formula aplicada a cada mezcla. La recuperación teórica de las mezclas sigue la fórmula que se describe a continuación.

$$R_{Cu.\,\text{teórica}} = \frac{[R_{Cu.\,\text{UGMP1}} \cdot \text{L}_{Cu.\text{UGMP1}} \cdot \%_{UGM1}] + [R_{Cu.\,\text{UGMP2}} \cdot \text{L}_{Cu\text{-UGMP2}} \cdot \%_{UGM2}]}{[\text{L}_{Cu.\text{UGMP1}} \cdot \%_{UGM1} + \text{L}_{Cu\text{-UGMP2}} \cdot \%_{UGM2}]}$$

donde las variables son:

**($R_{Cu.\,\text{UGMP1}}$):** recuperación de Cu de la unidad geometalúrgica pura 1.

**($\text{L}_{Cu.\text{UGMP1}}$):** ley de Cu de la unidad geometalúrgica pura 1.

**($\%_{UGM1}$):** porcentaje de la unidad geometalúrgica 1.

**($R_{Cu.\,\text{UGMP2}}$):** recuperación de Cu de la unidad geometalúrgica pura 2.

**($\text{L}_{Cu.\text{UGMP2}}$):** ley de Cu de la unidad geometalúrgica pura 2.

**($\%_{UGM2}$):** porcentaje de la unidad geometalúrgica 2.

Las unidades geometalúrgicas puras tienen como resultado diferentes porcentajes de recuperación según el elemento que se seleccione. En la Figura 7.8 podemos observar estos valores, de los que se puede deducir que las unidades E,D y F poseen una similitud en distribución donde el cobre es el elemento que posee mayor porcentaje de recuperación seguido del hierro y finalmente el molibdeno, por otra parte la unidad MD, posee una distribución diferente donde el hierro tiene mayor porcentaje de recuperación que el cobre, lo que está directamente relacionado a la mineralogía de ganga presente como altos contenidos de pirita los que flotan por ser sulfuros pero que no poseen cobre sino altos contenidos en hierro.

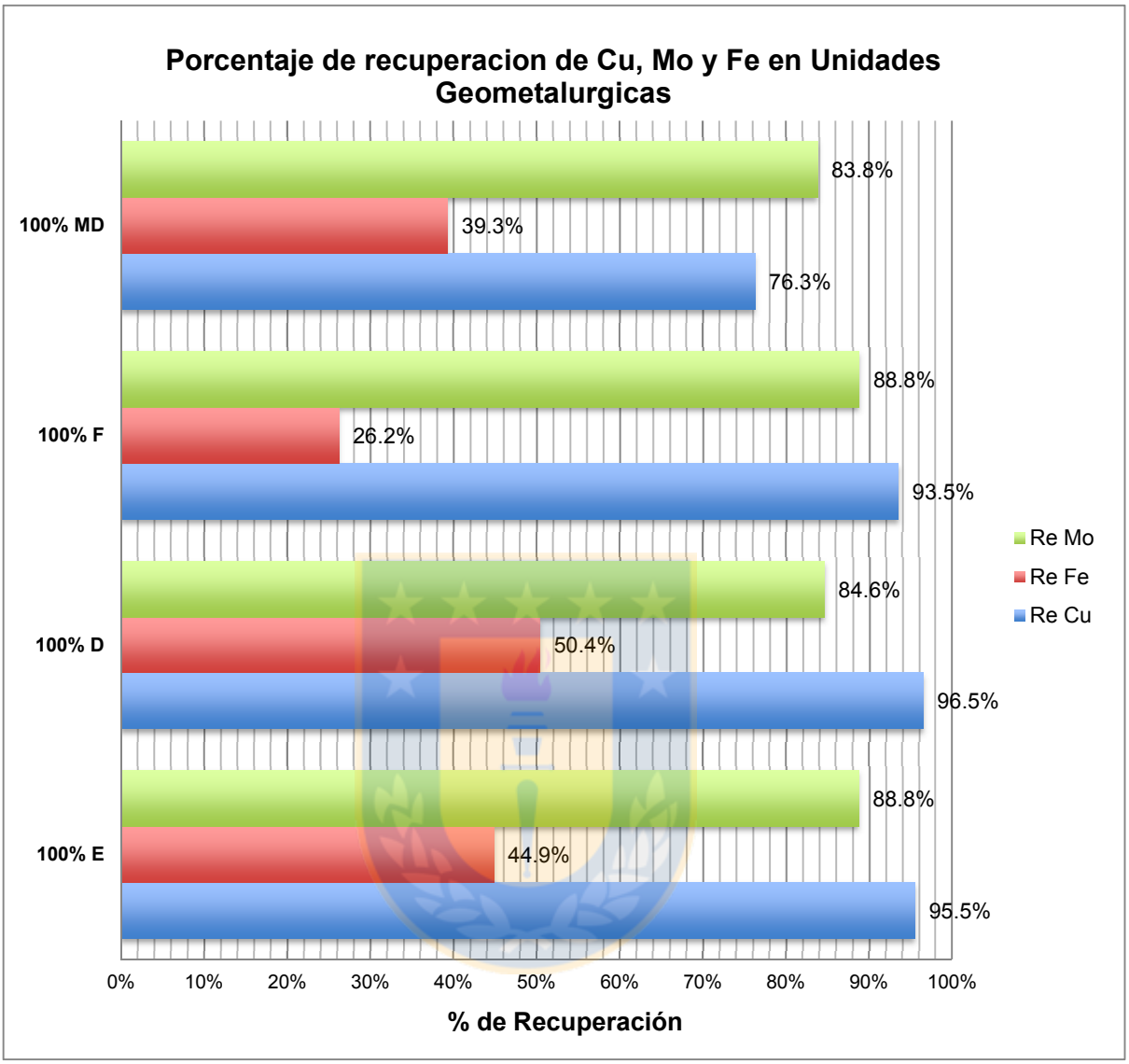



**Figura 7.8:** Porcentaje de recuperación de Cu, Mo, y Fe en unidades geometalúrgicas puras.

En cuanto a las mezclas es posible realizar una comparación entre la recuperación teórica o calculada y la recuperación real de las muestras, donde se puede observar si existe un punto de "*Blending*" critico, al cual la mezcla deja de tener mejor respuesta metalúrgica que los componentes individuales de la mezcla.

Las mezclas E-D (Figura 7.9) tienen recuperaciones reales menores a las calculadas, se establece que no se produce el efecto "*Blending*" entre la unidad E y D.

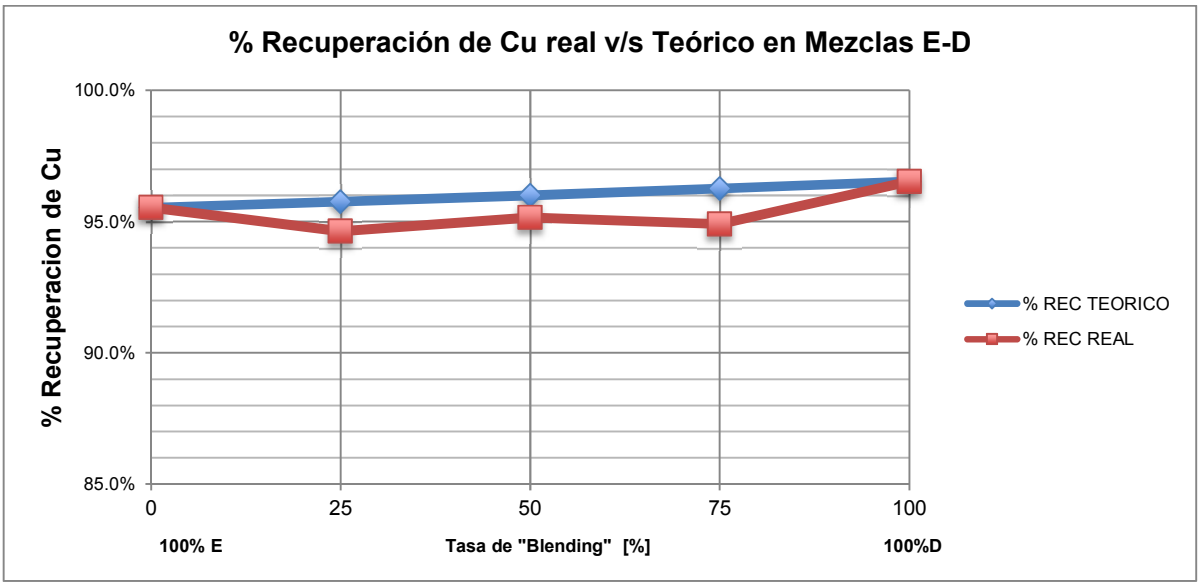



**Figura 7.9:** Porcentaje de recuperación entre mezclas E-D en curva real y calculada.

En las mezclas entre unidades E-F (Figura 7.10) tienen el mismo comportamiento que las mezclas anteriores, donde los valores de recuperación reales son menores a los calculados, y no existe efecto "*Blending*" en estas mezclas.

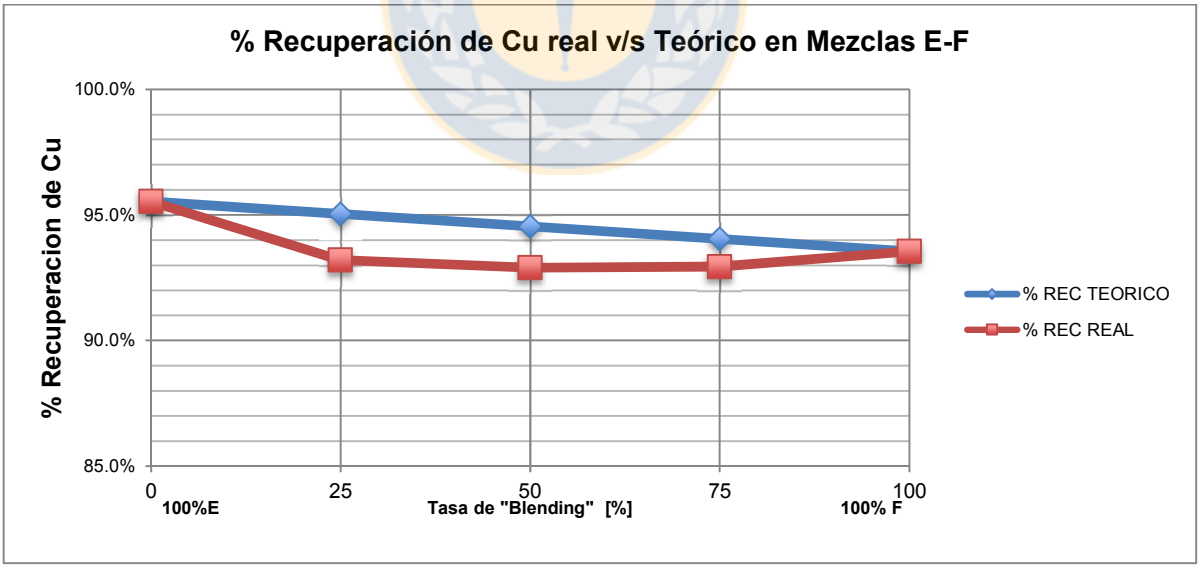



**Figura 7.10:** Porcentaje de recuperación entre mezclas E-F en curva real y calculada.

La última mezcla entre E y MD (Figura 7.11) es la única serie de mezclas, donde existe un efecto sinérgico entre las unidades y se da a partir del punto de "*Blending"* crítico,

cerca del 60% de unidad MD hasta el 100% de MD, con una recuperación de Cu del 84% donde se intersectan ambas rectas (real y teórica).

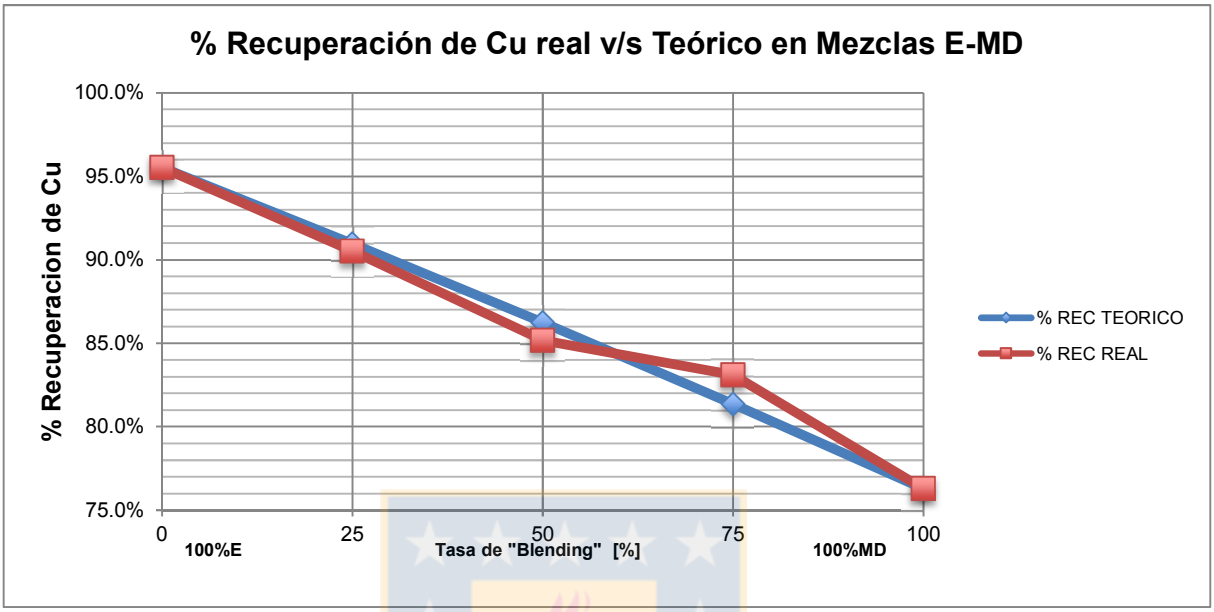



**Fig. 7.11:** Porcentaje de recuperación entre mezclas E-MD en curva real y calculada.

La recuperación va de la mano con la ley mineral, que según la Tabla 7.13, nos indica que la unidad F es la que tiene mayor ley de Cu, y la unidad D la más baja. La combinación ideal es alto porcentaje de recuperación y alta ley mineral. De este modo la unidad F es quien recuperará más Cu, le sigue la unidad E, D y MD.

**Tabla 7.13:** Porcentaje de recuperación y ley de Cu para unidades geometalúrgicas puras

| Muestra | E | D | F | MD |
|---|---|---|---|---|
| %R Cu | 95,5 | 96,5 | 93,5 | 76,3 |
| Ley Cu [%] | 1,17 | 1,05 | 1,34 | 1,09 |

En el caso del molibdeno, la unidad E y F tienen el mayor porcentaje de recuperación y tienen la mayor ley de Mo, la unidad F recupera casi el doble de lo que recupera la unidad E y cerca del triple de lo que recupera la unidad D (Tabla 7.14).

**Tabla 7.14:** Porcentaje de recuperación y ley de Mo para unidades geometalúrgicas puras

| Muestra | E | D | F | MD |
|---|---|---|---|---|
| %R Mo | 88,8 | 84,6 | 88,8 | 83,8 |
| Ley Mo [%] | 0,01400 | 0,0098 | 0,0230 | 0,0026 |

## 7.6 Estadística y Correlación.

El análisis estadístico que se realiza, considera una estadística descriptiva para los valores de recuperación de Cu, en función de los minerales que consideramos afectan a la flotación, es decir porcentaje de clorita, micas y caolín. Además, se correlaciona linealmente (Pearson) el porcentaje de recuperación con la descripción mineralógica obtenida mediante Qemscan.

### 7.6.1 Metodología.

En el caso de la estadística mediante fases reconocidas por DRX a fracción menor a 2 micrones, la estadística toma como base 65 muestras compuestas por 13 muestras de alimentación, 13 muestras de concentrado y 39 muestras de cola, las que incluyen un set (13) de muestras de cola con cinética y su duplicado (13) llamadas T1 y T2, más un set de muestras de cola sin cinética (13).

Se trabaja en base al porcentaje de ciertos filosilicatos del grupo de la clorita, en específico clorita, de ahora en adelante Chl, grupo de las micas que incluye, micas blancas, de ahora en adelante Mc y grupo del caolín, que incluye la caolinita, de ahora en adelante Kao.

Los porcentajes de estos minerales son adquiridos mediante una semicuantificación y normalización a partir de los análisis DRX realizados a las muestras con granulometría menor a 2 micrones.

La semicuantificación se realiza a partir de un difractograma donde son medidos los conteos por segundos de la fase de interés (micas, caolín, y clorita) para la tercera

reflexión de la fase (se utiliza la tercera reflexión puesto que no se sobreponen los “peaks” de las fases de interés). Los valores de los conteos se normalizan a 100 y se obtienen los porcentajes de cada fase. Los cálculos y tablas se encuentran en el Anexo E. Para las muestras de cola, se promedian los porcentajes resultantes de las fases de interés obtenidos en cada caso (T1, T2 y T3)

La estadística en base a las fases reconocidas mediante Qemscan, toma como base 39 muestras divididas en 13 muestras de alimentación, 13 muestras de concentrado y 13 muestras de cola. Esta estadística utiliza los valores obtenidos directamente del análisis PMA.

En ambos casos se realizan correlaciones por etapas del proceso y una correlación global entre porcentaje de recuperación de Cu y mineralogía. Los coeficientes de correlación van desde -1 a 1, los valores más cercanos a -1 tienen una mayor correlación lineal negativa, mientras que más cerca del 1 se encuentre este valor, mayor será la correlación lineal positiva.

Los valores cercanos al 0 indican escasa o nula correlación lineal. Para todos estos análisis se utiliza el programa estadístico IBM SPSS Statistics, el cual genera los histogramas y diagramas de dispersión.

### 7.6.2 Estadígrafos Descriptivos según Análisis de Partículas <2um (DRX)

Los 65 análisis se dividen en 5 intervalos de recuperación, que van desde 75 a 100% con una variación de 5% por intervalo, la recuperación mínima es de 76,29% y corresponde a la unidad MD, mientras que el máximo es de 96,53% correspondiente a la unidad D.

De los intervalos en los que se distribuyen los valores de recuperación, el intervalo de 90 a 95% es quien posee la mayor frecuencia con un 53,8% de los resultados y le sigue el intervalo de 95 a 100% con un 23,1% de las muestras. Descritas en la Tabla 7.15 y graficados en la Figura 7.12, se muestran los datos mencionados.

**Tabla 7.15:** Frecuencia de porcentaje de recuperación

| Re Cu | N.º obs | Nº obs Ac. | % | % Ac. |
|---|---|---|---|---|
| 75 a 80% | 5 | 5 | 7,7% | 7,7% |
| 80 a 85% | 5 | 10 | 7,7% | 15,4% |
| 85 a 90% | 5 | 15 | 7,7% | 23,1% |
| 90 a 95% | 35 | 50 | 53,8% | 76,9% |
| 95 a 100% | 15 | 65 | 23,1% | 100% |

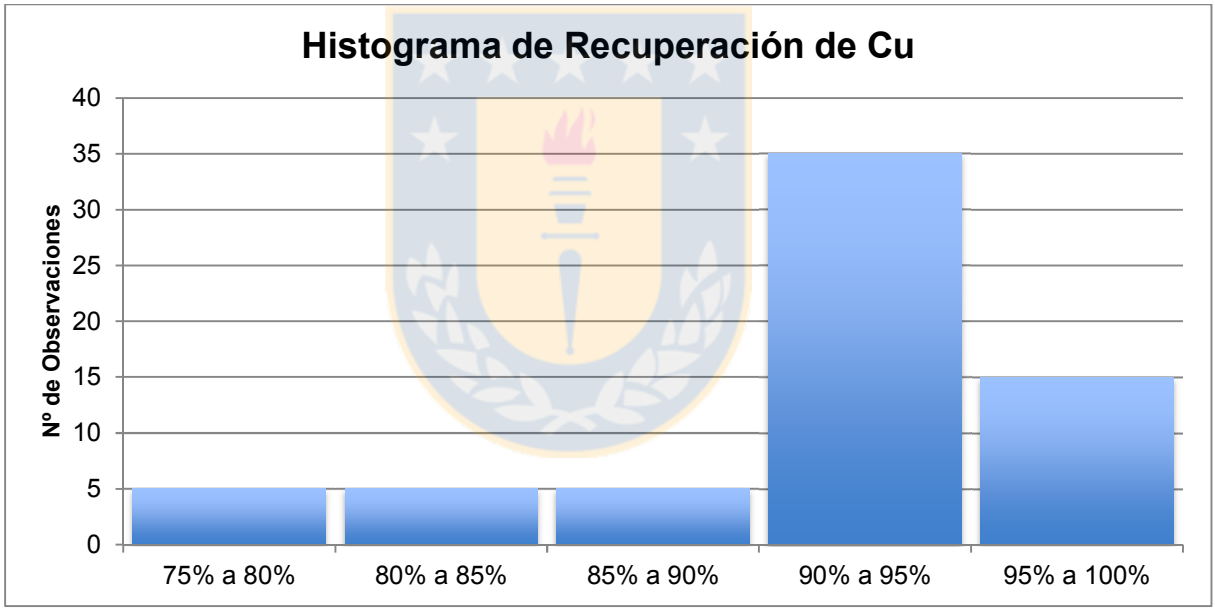



**Figura 7.12:** Histograma de Recuperación de Cu.

En función de los procesos, el primer grupo en analizar es el de alimentación, los resultados (Tabla 7.16) correlacionan los contenidos de clorita, micas y caolín, en función de la recuperación de Cu, podemos determinar que la clorita no posee correlación con el parámetro %R Cu, el gráfico de dispersión de la clorita (Figura 7.13) en alimentación también lo señala, donde el $R^2$ tiene un valor de 0,00307 lo que nos indica la no representatividad del modelo lineal.

**Tabla 7.16:** Estadígrafos descriptivos de muestras de alimentación.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Chl | 22,86 | 1,82 | 3,32 | 20,44 | 26,17 | -0,056 |
| %Mic | 54,49 | 3,74 | 14,00 | 45,44 | 58,90 | -0,517 |
| %Kao | 22,64 | 3,21 | 10,32 | 15,72 | 29,36 | 0,634 |

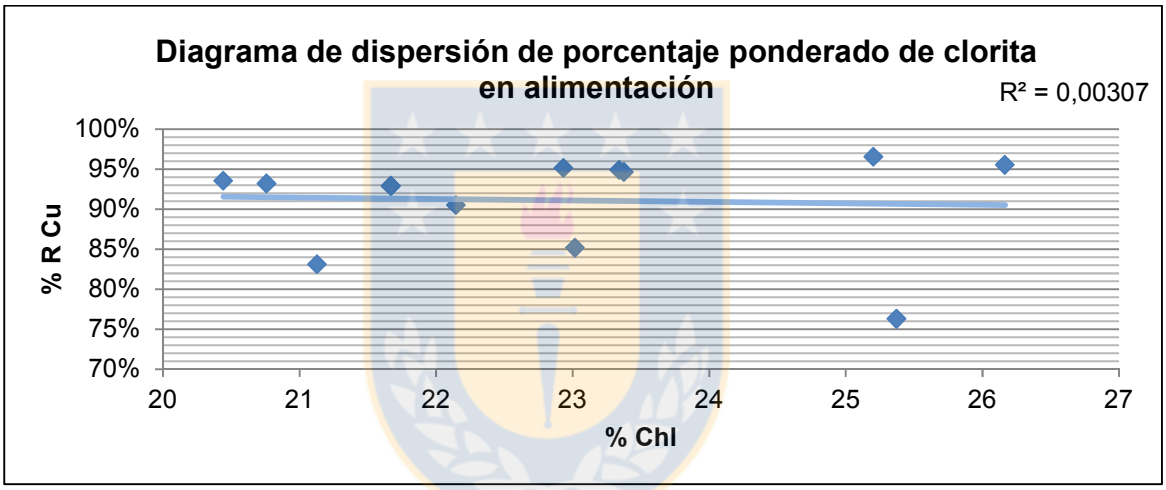



**Figura 7.13:** Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en muestras de alimentación.

Continuando con las micas, el coeficiente de correlación de Pearson, es uno de los más altos del lado negativo, con un valor de -0,517 nos indica que existe una mediana correlación negativa entre el contenido de micas y la recuperación de cobre, lo que se confirma al observar el diagrama de dispersión de las micas (Figura 7.14) donde el $R^2$ alcanza el valor 0,26702 por eso decimos que la correlación es mediana y que se traduce en que a medida que aumenta el contenido de micas, disminuye el porcentaje de recuperación de cobre, según la mayoría de las muestras, aunque otras no se ajustan al modelo lineal.

Finalmente, el caolín muestra un coeficiente de correlación positivo de 0,634 el que si se

compara con el diagrama de dispersión del porcentaje ponderado de caolín (Figura 7.15), el cual posee un $R^2$ de 0,40143, se observa un modelo lineal que no logra ajustarse y que posee mucha dispersión, en contraste a los resultados numéricos. Cabe destacar que el caolín como hemos estudiado, afecta negativamente a la recuperación, por lo tanto los resultados no son concluyentes para esta fase mineral.

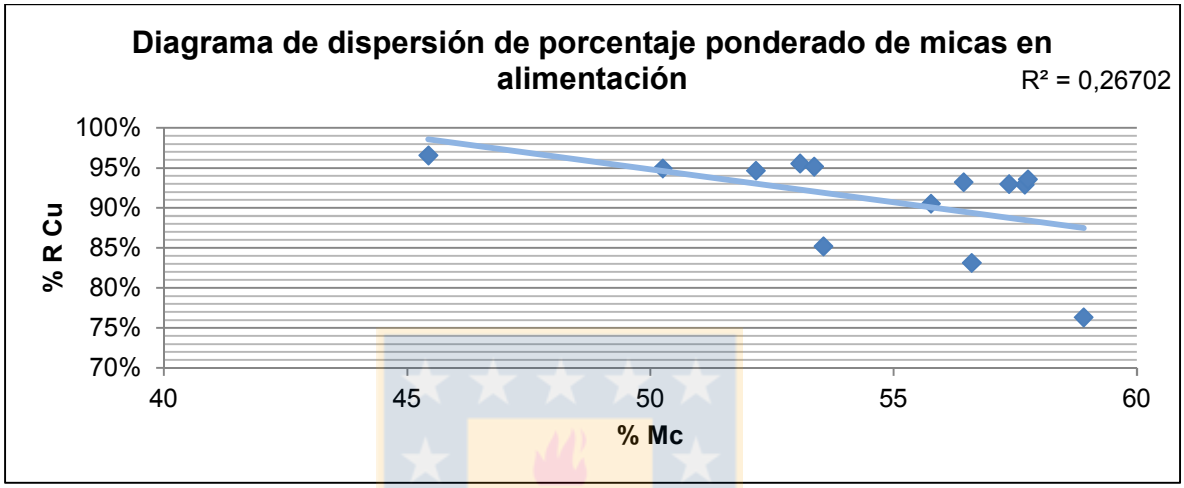



**Figura 7.14:** Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en muestras de alimentación.

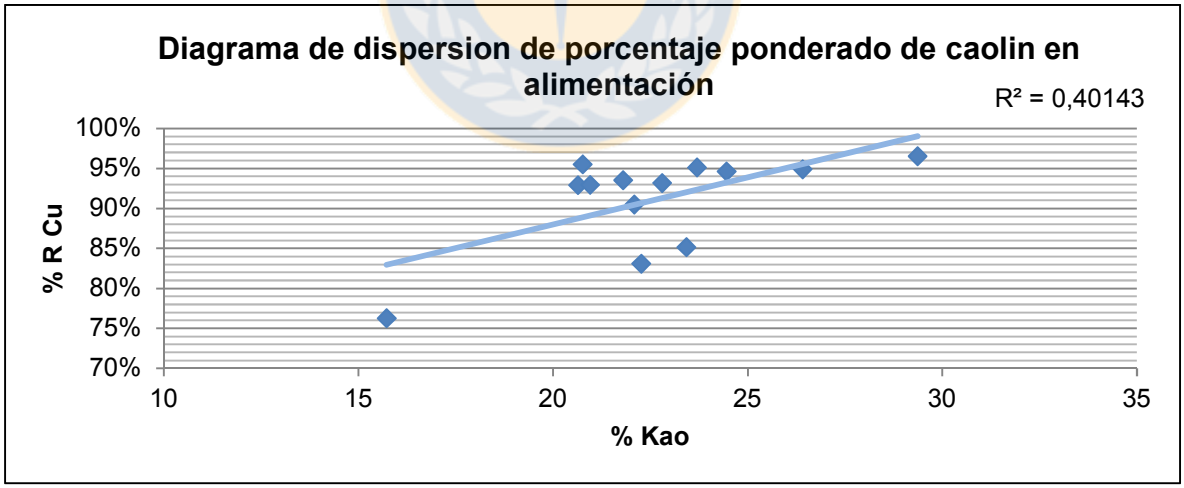



**Figura 7.15:** Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en muestras de alimentación.

Para las muestras de concentrado, los estadígrafos descriptivos se tabulan en la Tabla 7.17. De los minerales analizados, los resultados indican que la clorita es quien posee el

coeficiente de correlación en relación a la recuperación de Cu más negativo de todos y que alcanza un -0,804.

**Tabla 7.17:** Estadígrafos descriptivos de muestras de concentrado

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Chl | 28,42 | 1,92 | 3,70 | 25,80 | 32,09 | -0,804 |
| %Mic | 49,91 | 2,19 | 4,78 | 44,39 | 52,52 | -0,419 |
| %Kao | 21,67 | 2,95 | 8,73 | 16,19 | 27,12 | 0,834 |

El diagrama de dispersión de los minerales del grupo de la clorita (Figura 7.16) señala y confirma lo que el coeficiente de Pearson nos describía, y donde el $R^2$ llega a 0,64613, el más alto hasta ahora, además es posible distinguir como los valores de mayor porcentaje de Chl son los que menos se ajustan al modelo lineal que describe la línea recta en el gráfico de dispersión.

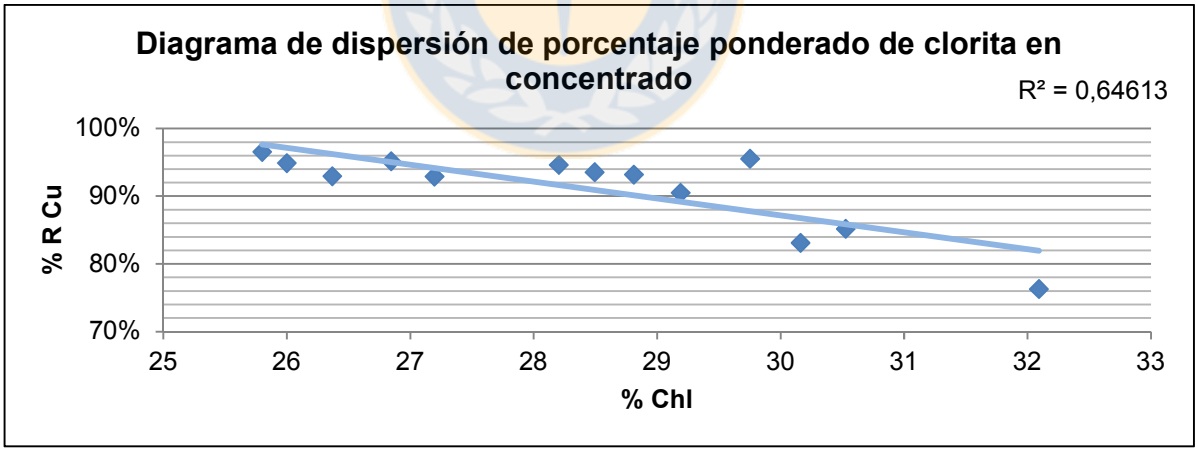



**Figura 7.16:** Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en muestras de concentrado.

Las micas continúan con un comportamiento similar al que traen desde la alimentación, el coeficiente de correlación es negativo y levemente menor al de alimentación tiene un valor de -0,419, el diagrama de dispersión de las micas en las muestras de concentrado (Figura 7.17) es similar al de alimentación, pero con un ajuste menor que en la

alimentación, y donde el $R^2$ se reduce a 0,17537, que es cerca de la mitad del valor de alimentación. Los valores altos son los que más dispersos se presentan.

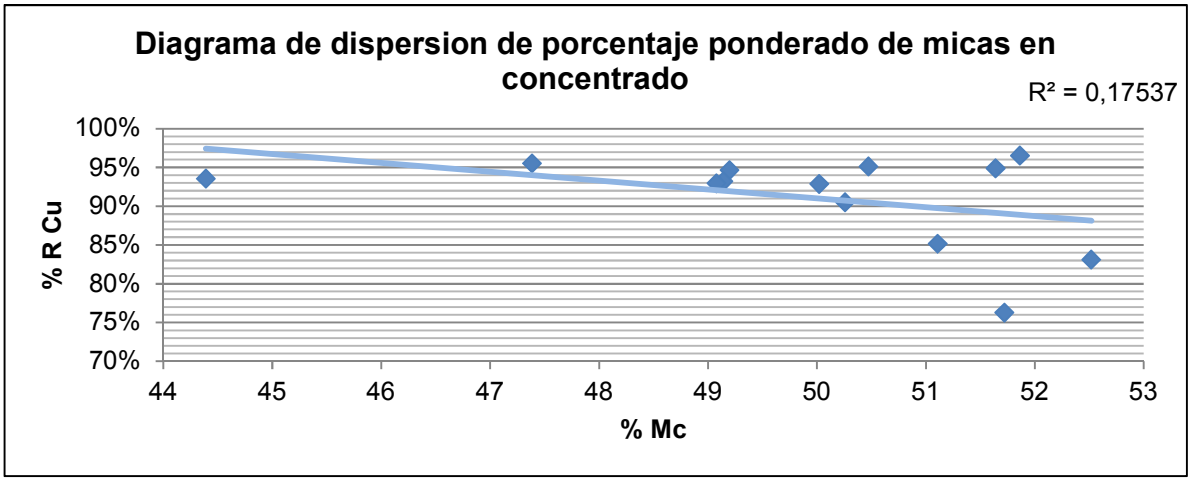



**Figura 7.17:** Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en muestras de concentrado.

El grupo de la caolinita es quien muestra el mayor coeficiente de correlación llegando al valor de 0,834 de coeficiente, de la misma forma el diagrama de correlación (Figura 7.18) posee un $R^2$ mayor que el de la clorita en muestras de concentrado con un valor de 0,69484. La recta del modelo lineal se ajusta parcialmente bien, con excepción de las muestras extremas.

Metalúrgicamente esto se traduce en un mayor contenido de caolinita a medida que aumenta la recuperación, pero el estudio no solo se basa en resultados matemáticos, si no que incorpora el conocimiento metalúrgico que explica como la caolinita se incorpora al concentrado a través de arrastre y como *"Slime coat"* de la mena, de este modo el caolín afectará la recuperación, información que se contradice con la obtenida mediante la estadística realizada a muestras de granulometría menor a 2 micrones, esto se debe, a que los contenidos resultantes, son valores obtenido a partir de una semicuantificación y normalización, que no considera el volumen total de la muestra (Ver metodología, capítulo 7.6.1) o como mencionamos anteriormente los resultados pueden ser no concluyentes para este mineral.

La última etapa del proceso son las muestras provenientes del relave o cola, que en nuestro caso suman 39 muestras, estos valores fueron promediados y solo los 13 valores promedios fueron analizados. Los resultados estadísticos se resumen en la Tabla 7.18.

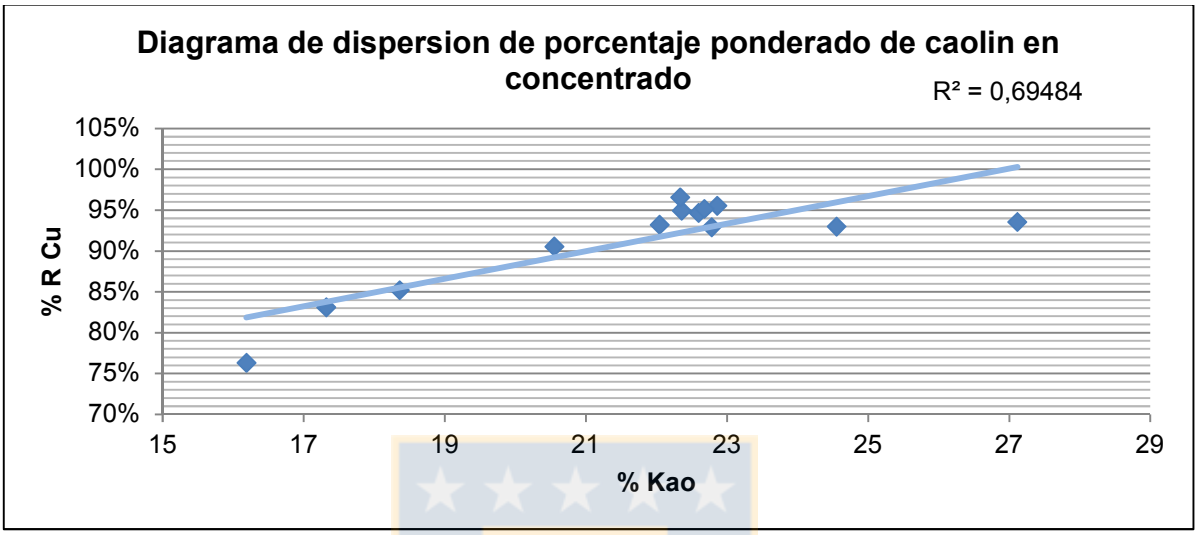



**Figura 7.18:** Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en muestras de concentrado.

**Tabla 7.18:** Estadígrafos descriptivos de muestras de cola.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Chl | 28,76 | 2,97 | 8,80 | 22,59 | 34,07 | -0,675 |
| %Mic | 55,94 | 3,49 | 12,18 | 50,44 | 63,29 | 0,599 |
| %Kao | 15,30 | 0,87 | 0,75 | 14,11 | 16,85 | -0,099 |

La clorita mantiene su comportamiento con un coeficiente de correlación negativo levemente menor al del concentrado con un valor de -0,675, la dispersión es mayor que en el concentrado disminuyendo el $R^2$ a 0,45607, no ajustándose al modelo lineal que se propone (Figura 7.19).La dispersión es mayor en los valores más altos de contenido de clorita, es resumen las muestras con mayor contenido de mineral son las que tienen menor recuperación.

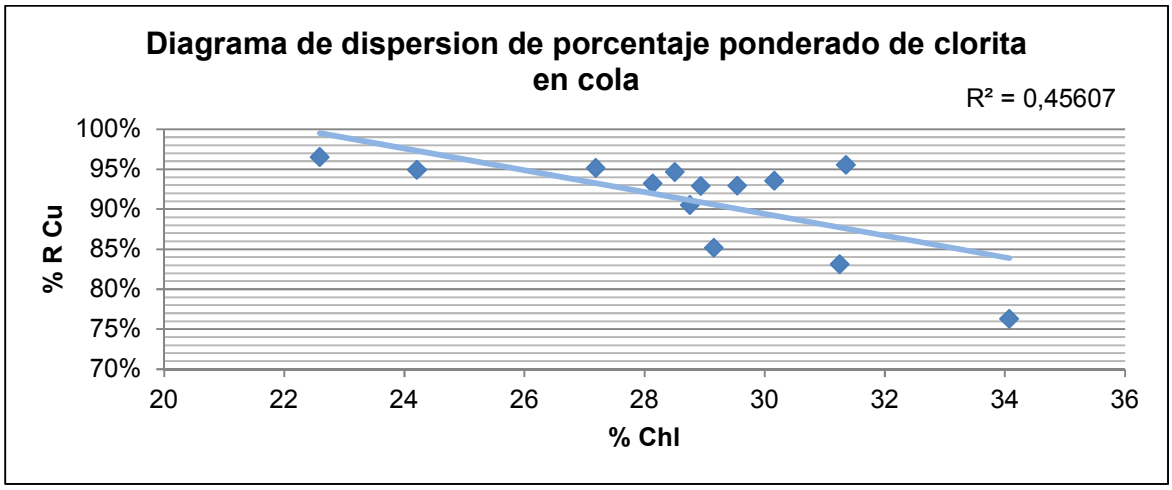



**Figura 7.19:** Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en muestras de cola.

Las micas presentan un comportamiento muy diferente al que venían mostrando, el coeficiente de correlación pasa de un valor negativo a su equivalente positivo levemente mayor el que tiene un valor de 0,599, el diagrama (Figura 7.20) nos señala como la dispersión disminuye, en comparación a las muestras de concentrado, y que las muestras de menor contenido de micas son las que mayor dispersión tienen.

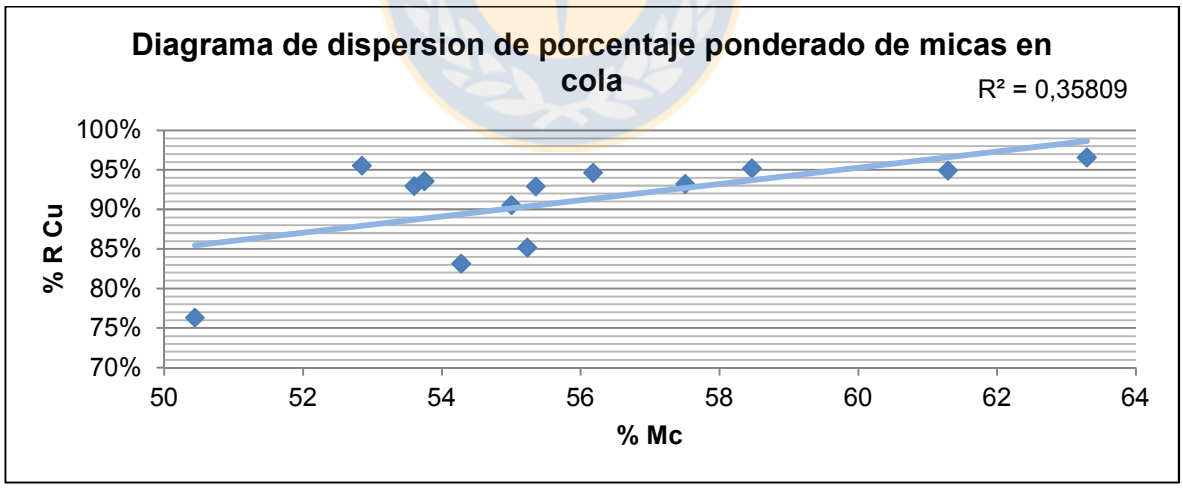



**Figura 7.20:** Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en muestras de cola.

La caolinita, presenta un coeficiente de correlación muy cercano al cero el que además es negativo y llega solo a -0,099, lo que indica que no existe mayor relación entre la recuperación de cobre y el contenido de caolinita en la cola. El diagrama de dispersión

(Figura 7.21) señala lo mismo y el modelo lineal no se logra ajustar a los contenidos de caolinita alcanzando un $R^2$ de solo 0,00966.

En resumen la caolinita pasa de tener una correlación positiva en la alimentación y a una cercana a cero en la cola, el resultado estadístico se contradice con la información metalúrgica, donde el caolín es arrastrado al concentrado y cubre los minerales de mena, disminuyendo el porcentaje de recuperación, por lo tanto los resultados obtenidos para la caolinita no pueden ser considerados por su incongruencia.

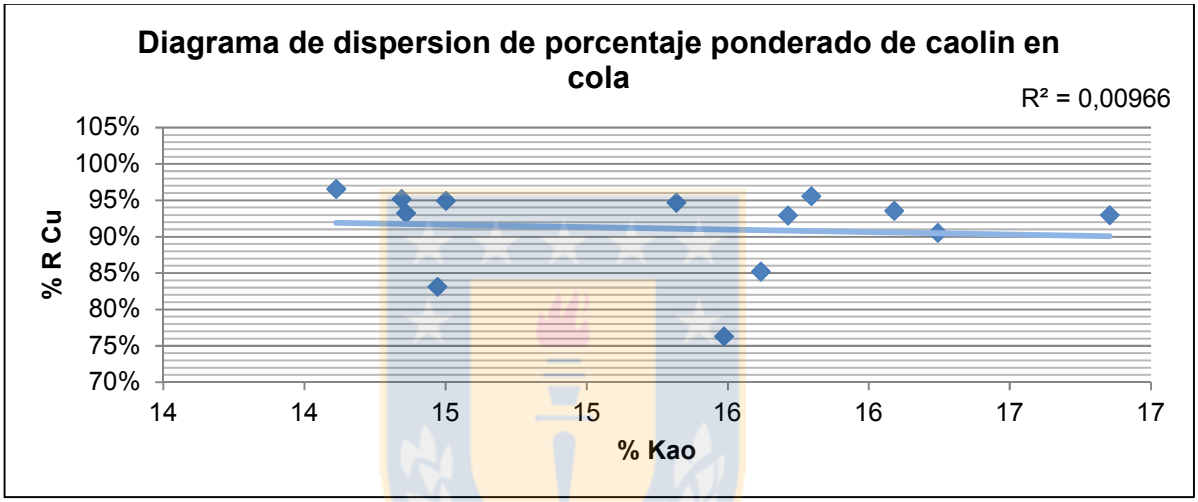



**Figura 7.21:** Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en muestras de cola.

Una vista global del proceso de flotación rougher, posee como resultados, los valores que se señalan en la Tabla 7.19, donde podemos distinguir que la máxima correlación la posee la clorita, con un valor negativo de -0,416, esto nos indica al igual que el diagrama de dispersión de la clorita (Figura 7.22) que a menor contenido de clorita en las muestras, mayor será la recuperación, y que la mayor dispersión se ubica en los valores más altos de porcentaje de clorita, el $R^2$ solo alcanza un 0,17337 mostrándonos el desajuste de modelo lineal. Para las micas y el caolín sucede que los coeficientes de correlación son positivos y bajos (0,157 y 0,206 respectivamente) además los modelos lineales en los diagramas de dispersión (Figura 7.23 y 7.24) poseen valores $R^2$ tan bajos (0,0246 y 0,0423 respectivamente) que no es posible determinar si existe alguna tendencia entre el mineral y el porcentaje de recuperación de Cu.

**Tabla 7.19:** Estadígrafos descriptivos del proceso global.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Chl | 27,51 | 3,56 | 12,68 | 20,44 | 35,50 | -0,416 |
| %Mic | 54,44 | 4,22 | 17,77 | 44,39 | 64,55 | 0,157 |
| %Kao | 18,04 | 3,99 | 15,94 | 13,75 | 29,36 | 0,206 |

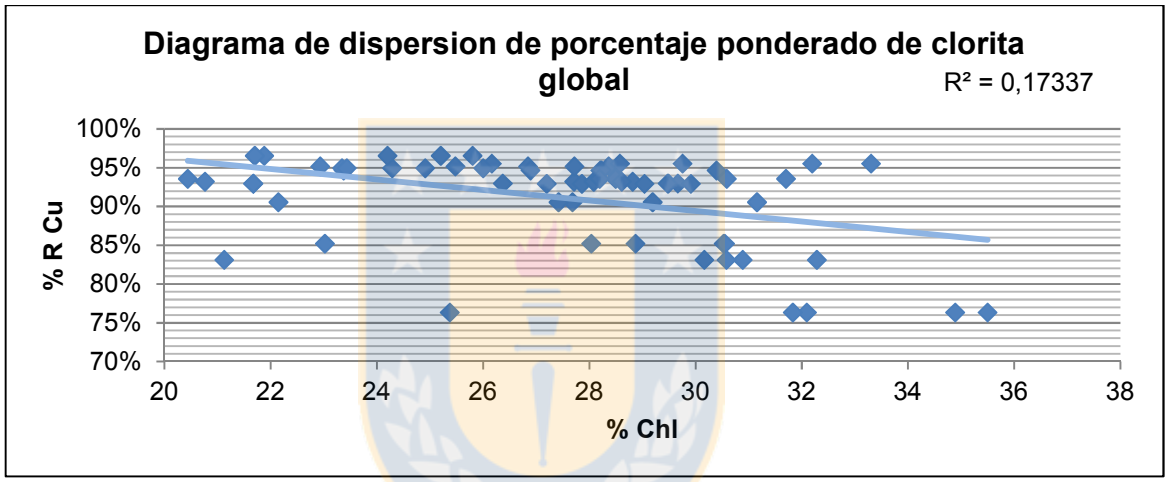



**Figura 7.22:** Diagrama de dispersión del grupo de la clorita versus recuperación de cobre en el proceso global.

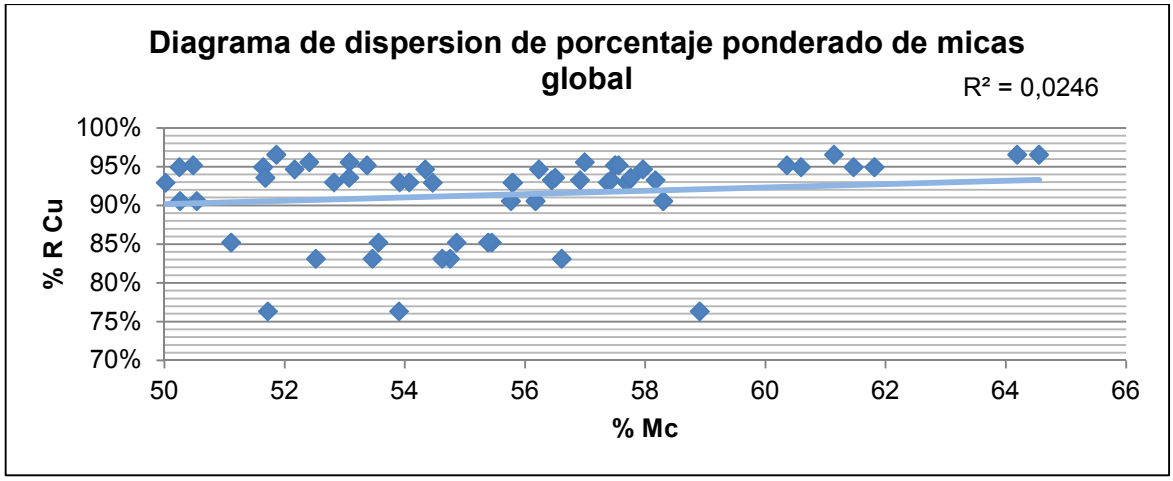



**Figura 7.23:** Diagrama de dispersión del grupo de las micas versus recuperación de cobre en el proceso global.

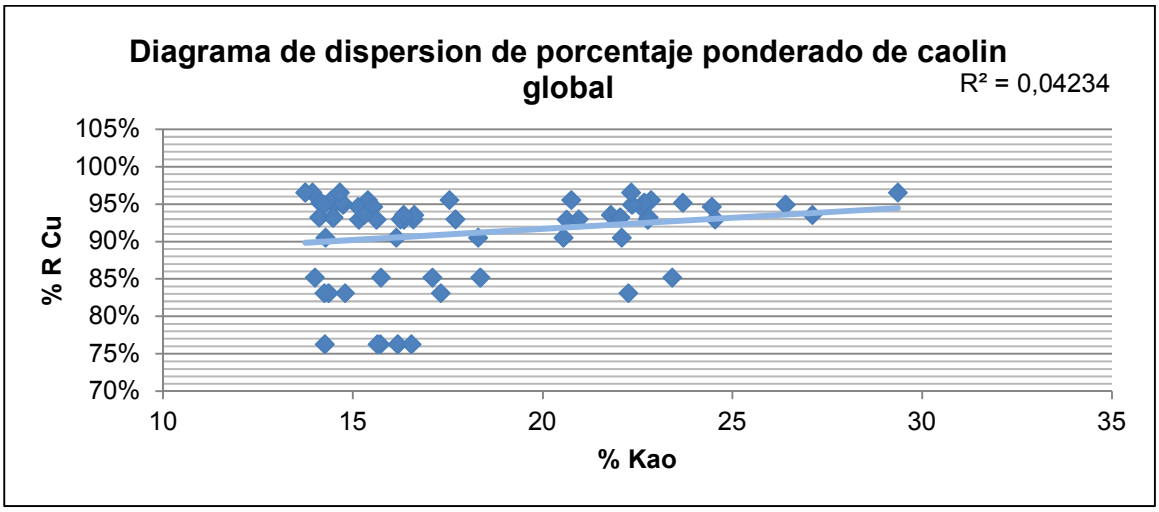



**Figura 7.24:** Diagrama de dispersión del grupo del caolín versus recuperación de cobre en el proceso global.

### 7.6.3 Estadígrafos Descriptivos Según Análisis Qemscan (PMA).

El análisis estadístico descriptivo según mineralogía adquirida en Qemscan se basa en los porcentajes de masa de los minerales de ganga que venimos estudiando.

Las fases reconocidas por Qemscan han sido divididas en 3 grupos. El primer grupo incluye todos los sulfuros de cobre, molibdeno y fierro más los óxidos de Cu, el segundo grupo comprende los minerales de ganga primarios (qz, feld-K, plg) los filosilicatos problemáticos (chl, mc) y la anhidrita. Mientras que el último grupo reúne minerales de ganga minoritarios o accesorios (carbonatos, otros silicatos, otros sulfatos, otros óxidos, arcillas y otros).

#### 7.6.3.1 Grupo de los Sulfuros y Óxidos de Cu.

El proceso global para los sulfuros, tiene valores bajos, según la Tabla 7.20, los coeficientes de correlación de Pearson son en su mayoría negativos y los que son positivos tienen muy bajo valor.

Los sulfuros en el proceso de alimentación (Tabla 7.21) nos indican una alta correlación negativa entre los sulfuros secundarios de cobre (calcosina/digenita/covelina) y la

recuperación de cobre con un valor de -0,932, seguido muy de cerca por la pirita con un valor de -0,747.

**Tabla 7.20:** Estadígrafos descriptivos del proceso de flotación global para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Cpy | 9,31 | 11,10 | 123,11 | 0,10 | 34,00 | 0,149 |
| %Bn | 1,27 | 2,23 | 4,99 | 0,00 | 9,80 | 0,153 |
| %Mo | 0,13 | 0,19 | 0,03 | 0,00 | 0,77 | -0,050 |
| %Chc/Dig | 0,52 | 0,86 | 0,75 | 0,00 | 3,80 | -0,494 |
| %Py | 7,01 | 8,47 | 71,70 | 0,01 | 29,32 | -0,391 |
| %Ot Sul | 0,08 | 0,13 | 0,02 | 0,00 | 0,52 | 0,203 |
| %Ox-Cu | 0,08 | 0,09 | 0,01 | 0,00 | 0,38 | -0,308 |

**Tabla 7.21:** Estadígrafos descriptivos de muestras de alimentación para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Cpy | 4,37 | 1,94 | 3,78 | 1,75 | 7,83 | 0,219 |
| %Bn | 0,59 | 0,54 | 0,30 | 0,00 | 1,54 | 0,312 |
| %Mo | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,227 |
| %Chc/Dig | 0,21 | 0,15 | 0,02 | 0,02 | 0,54 | -0,932 |
| %Py | 6,05 | 5,42 | 29,33 | 0,17 | 21,04 | -0,747 |
| %Ot Sul | 0,04 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,235 |
| %Ox-Cu | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | -0,320 |

Ambas correlaciones son confirmadas por los diagramas de dispersión (Figura 7.25 y 7.26) donde el $R^2$ alcanza para los sulfuros secundarios de cobre un valor de 0,86886, y para la pirita un valor de 0,55978, esto se traduce, en que muestras con menor contenido de sulfuros secundarios de cobre (calcosina/digenita/covelina) y de pirita son los que poseen mayor recuperación de cobre.

Los restantes minerales del grupo de los sulfuros y óxidos de cobre, tienen coeficientes de correlación con valores positivos, excepto los óxidos de Cu (nomenclatura de Qemscan sin distinción de fases) con un coeficiente de -0,320. Los coeficientes de correlación cuyo valor es positivo, son de baja magnitud. Es posible revisar todos los diagramas de dispersión del grupo de los sulfuros en el anexo F.

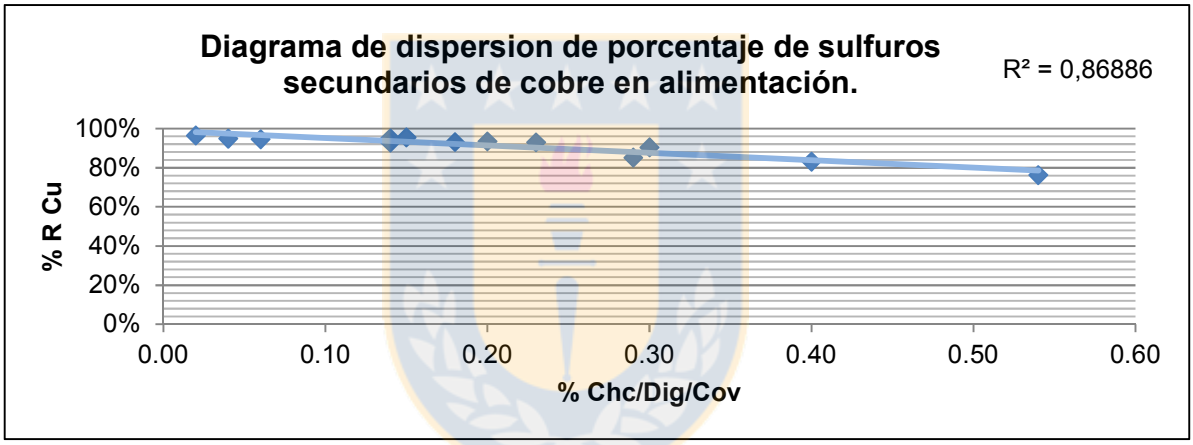



**Figura 7.25:** Diagrama de dispersión de los sulfuros secundarios de cobre versus recuperación de cobre en muestras de alimentación.

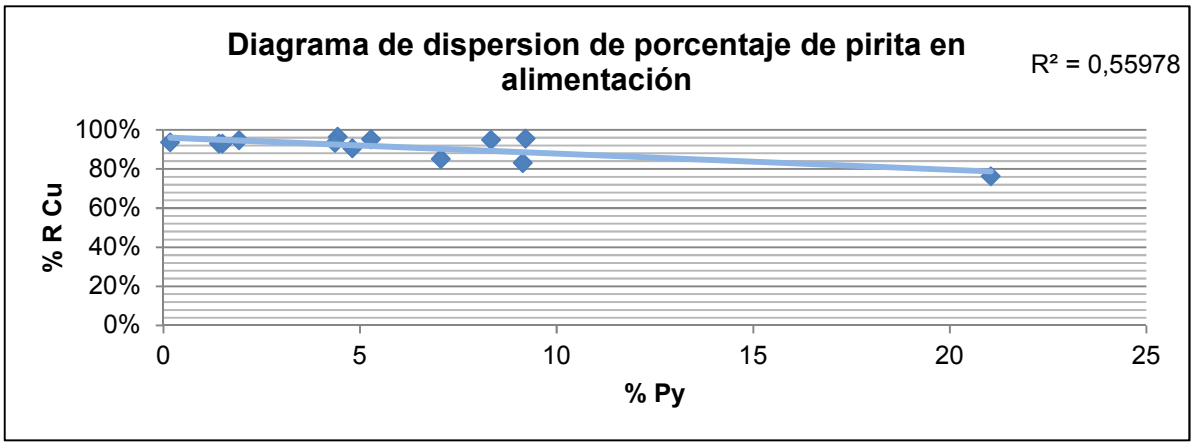



**Figura 7.26:** Diagrama de dispersión de la pirita versus recuperación de cobre en muestras de alimentación.

Continuando ahora con el proceso de concentración y con el mismo grupo de minerales, podemos ver en la Tabla 7.22, los estadígrafos básicos y los coeficientes de correlación que esta vez nos indican una correlación negativa casi perfecta (-0,987) entre sulfuros secundarios de cobre (calcosina/digenita/covelina) y recuperación de cobre, algo que ya habíamos determinado en las muestras de alimentación. Otros minerales como la pirita y óxidos de Cu (nomenclatura de Qemscan sin distinción de fases), poseen un coeficiente de correlación también negativo, pero en menor proporción. Los coeficientes positivos corresponden a bornita, otros sulfuros (tetraedrita/ enargita/otros) y el mayor a calcopirita, valor que alcanza un 0,618.

**Tabla 7.22:** Estadígrafos descriptivos de muestras de concentrado para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Cpy | 23,27 | 7,77 | 60,45 | 11,70 | 34,00 | 0,618 |
| %Bn | 3,18 | 3,07 | 9,45 | 0,15 | 9,80 | 0,286 |
| %Mo | 0,36 | 0,16 | 0,03 | 0,13 | 0,77 | -0,225 |
| %Chc/Dig | 1,31 | 1,15 | 1,32 | 0,08 | 3,80 | -0,987 |
| %Py | 14,82 | 8,92 | 79,49 | 0,49 | 29,32 | -0,664 |
| %Ot Sul | 0,21 | 0,15 | 0,02 | 0,03 | 0,52 | 0,450 |
| %Ox-Cu | 0,17 | 0,09 | 0,01 | 0,05 | 0,38 | -0,692 |

El diagrama de dispersión de los sulfuros secundarios de cobre (Figura 7.27) nos señala un $R^2$ muy alto (0,9743), confirmando que el modelo lineal se ajusta perfectamente en este caso. Para la calcopirita la que posee una correlación positiva, el diagrama de este mineral (Figura 7.28), tiene un ajuste pobre del 0,37942, y es posible determinar que las muestras con menor contenido en calcopirita son las que poseen mayor dispersión.

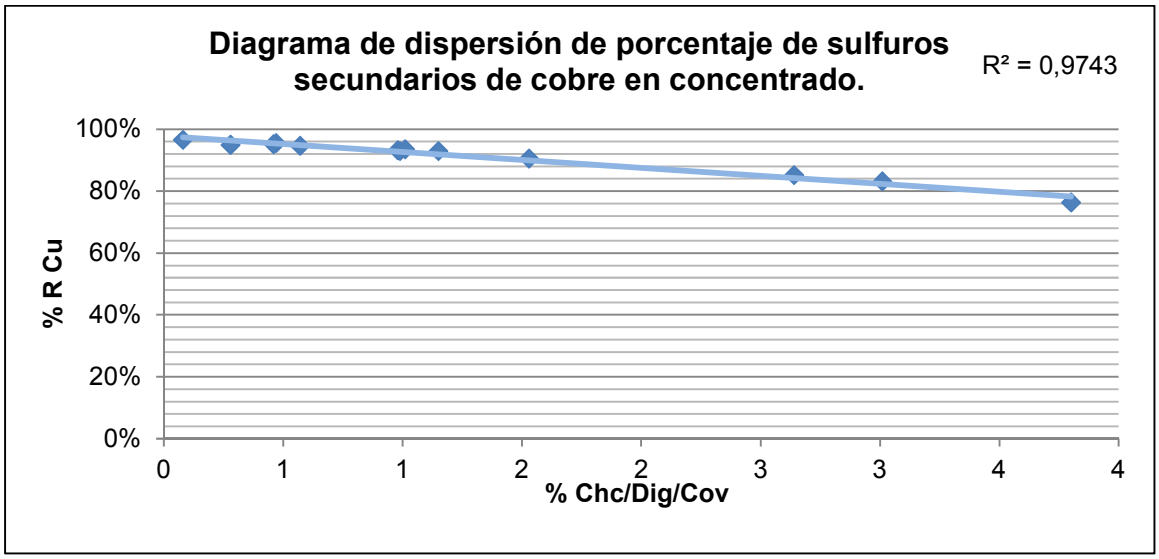



**Figura 7.27:** Diagrama de dispersión de sulfuros secundarios de cobre versus recuperación de cobre en muestras de concentrado.

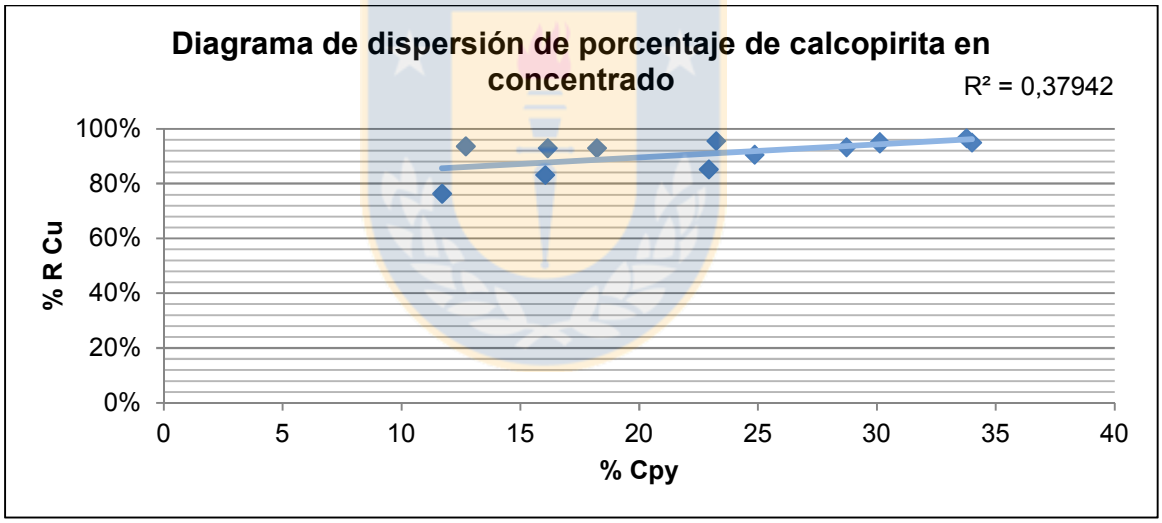



**Figura 7.28:** Diagrama de dispersión de la calcopirita versus recuperación de cobre en muestras de concentrado.

Para los minerales sulfurados que venimos estudiando, esta vez en las muestras de cola, las correlaciones que presentan (Tabla 7.23), son similares a los coeficientes obtenidos en muestras de concentrado, los sulfuros secundarios de cobre junto a la pirita mantienen altos coeficientes negativos, a esto se le suman los óxidos de cobre y con un giro significativo, la calcopirita de igual forma se correlaciona negativamente.

**Tabla 7.23:** Estadígrafos descriptivos de muestras de cola para contenidos de sulfuros por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Cpy | 0,30 | 0,16 | 0,03 | 0,10 | 0,66 | -0,858 |
| %Bn | 0,05 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,22 | 0,080 |
| %Mo | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,390 |
| %Chc/Dig | 0,04 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | -0,948 |
| %Py | 0,15 | 0,27 | 0,07 | 0,01 | 0,94 | -0,935 |
| %Ot Sul | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,222 |
| %Ox-Cu | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | -0,911 |

Todos los diagramas pueden ser revisados en el anexo F. Es claro que el cambio de la calcopirita se traduce, en que el proceso de flotación es efectivo para este mineral, y a mayor recuperación de cobre, la cola tendrá menor contenido de calcopirita. Efecto que no sucede con los sulfuros de cobre secundario, los que se encuentran más concentrados en muestras de cola con menor recuperación.

#### 7.6.3.2 Grupo de los Minerales de Ganga principales y de Alteración.

El proceso global y por etapas, ha sido correlacionado por Pearson y la información se muestra en las Tablas 7.24, 7.25, 7.26 y 7.27.

La visión global del proceso de flotación indica en primer lugar que la clorita, se correlaciona negativamente con la recuperación el coeficiente de correlación es alto y llega a -0,886, el diagrama de dispersión (Figura 7.29) logra un $R^2$ de 0,84105, donde se distingue que las menores recuperaciones poseen valores altos de clorita (10-12%) y están muy distante del núcleo mayoritario de puntos. Las correlaciones positivas se ven en la anhidrita/yeso (Figura 7.30), el feld-K, las plagioclasas, y la biotita. El coeficiente más alto lo posee la anhidrita/yeso con un valor de 0,709 y el diagrama de dispersión muestra un $R^2$ de 0,50269.

**Tabla 7.24:** Estadígrafos descriptivos del proceso global de flotación para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Qz | 20,70 | 6,63 | 43,95 | 9,29 | 33,32 | -0,160 |
| %Feld-K | 8,30 | 3,11 | 9,65 | 2,54 | 13,27 | 0,626 |
| %Plg | 17,68 | 7,89 | 62,24 | 3,84 | 30,87 | 0,412 |
| %Chl | 4,50 | 3,09 | 9,55 | 1,32 | 12,89 | -0,886 |
| %Mic Bla | 15,82 | 2,18 | 4,73 | 11,75 | 23,27 | -0,518 |
| %Bt | 6,03 | 2,57 | 6,62 | 1,71 | 10,17 | 0,283 |
| %Anh/Yes | 3,36 | 1,79 | 3,19 | 0,19 | 7,06 | 0,709 |

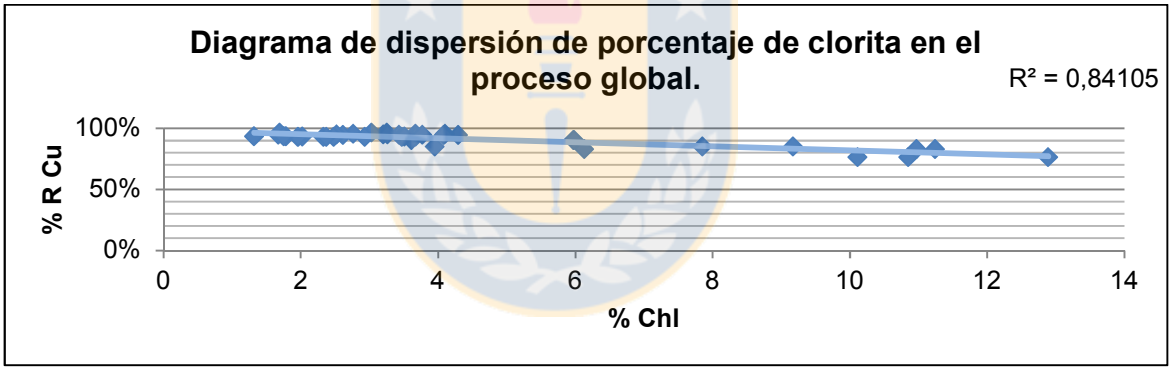



**Figura 7.29:** Diagrama de dispersión de la clorita versus recuperación de cobre en el proceso global.

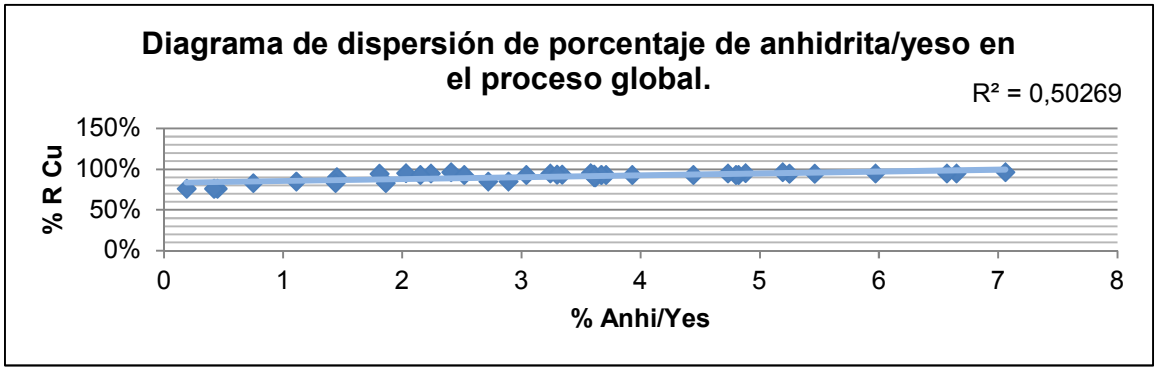



**Figura 7.30:** Diagrama de dispersión de la anhidrita/yeso versus recuperación de cobre en el proceso global.

Cuando analizamos el proceso por etapas, la alimentación tiene coeficientes muy similares a los que observamos en el proceso global, pero se acentúan en esta etapa.

**Tabla 7.25:** Estadígrafos descriptivos para muestras de alimentación para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Qz | 22,06 | 1,85 | 3,44 | 19,35 | 25,64 | -0,206 |
| %Feld-K | 8,96 | 2,64 | 6,97 | 3,47 | 12,51 | 0,855 |
| %Plg | 19,55 | 5,12 | 26,24 | 8,88 | 27,59 | 0,710 |
| %Chl | 5,10 | 3,21 | 10,33 | 1,78 | 11,24 | -0,917 |
| %Mic Bla | 15,85 | 1,97 | 3,87 | 11,75 | 18,41 | -0,649 |
| %Bt | 7,08 | 2,40 | 5,78 | 3,10 | 10,17 | 0,407 |
| %Anh/Yes | 4,35 | 1,87 | 3,49 | 0,45 | 7,06 | 0,921 |

La clorita es quien tiene el mayor coeficiente de correlación del lado negativo, y le sigue las micas blancas, estos valores son -0,917 y -0,649 respectivamente. Dentro de los coeficientes de correlación positiva, la anhidrita/yeso es la que posee el mayor coeficiente, seguido por el feldespato potásico y plagioclasas.

En cuando a los diagramas de dispersión (Figura 7.31 y 7.32) ambos gráficos, muestran como el modelo lineal se ajusta en la gran mayoría de las muestras con $R^2$ de 0,84105 para la clorita, el mismo valor que tiene en el proceso global y un $R^2$ de 0,84737 para la anhidrita/yeso.

Podemos deducir, que las muestras con mayores contenidos de cloritas y micas blancas, serán quienes tendrán menores valores de recuperación de cobre. De modo contrario, quienes tienen mejor recuperación, son muestras con mayores contenidos de anhidrita/yeso.

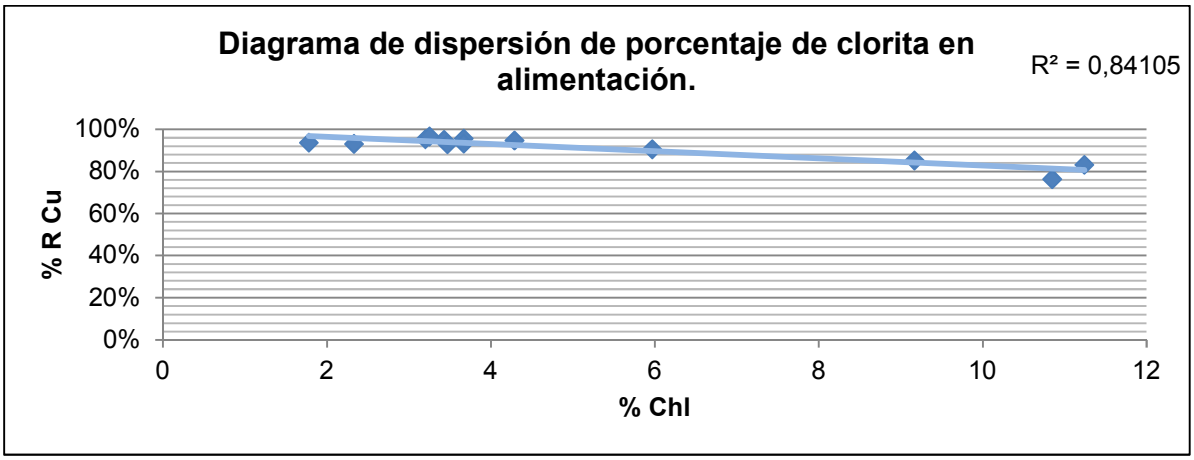



**Figura 7.31:** Diagrama de dispersión de la clorita versus recuperación de cobre en alimentación

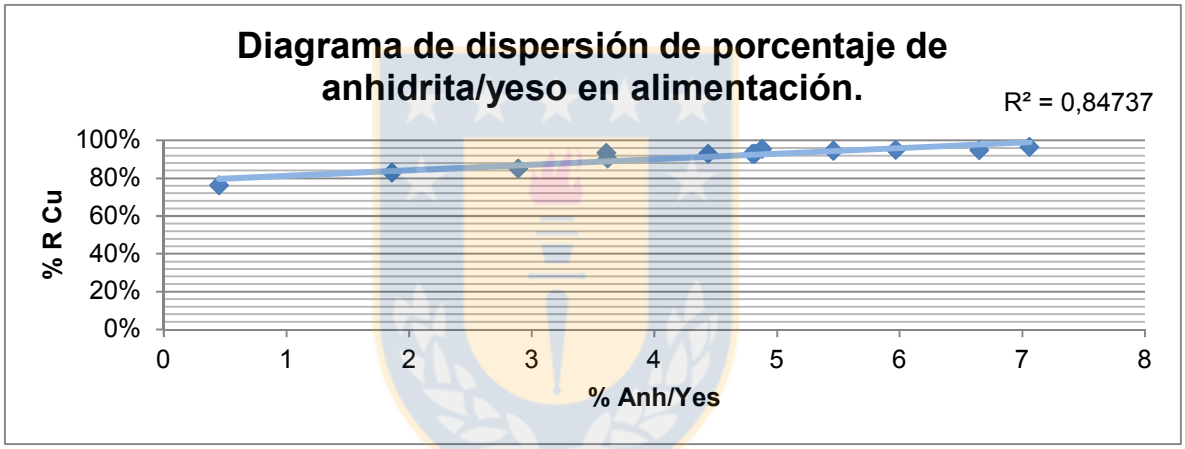



**Figura 7.32:** Diagrama de dispersión de la anhidrita/yeso versus recuperación de cobre en alimentación.

En el concentrado, volvemos a tener a la clorita con el coeficiente negativo de más alto valor, y la anhidrita el coeficiente de correlación positivo de más alto valor (Tabla 7.26).

Los minerales de ganga poseen coeficientes de correlacion positivos, pero de rango medio (aprox. 0,500), indicándonos una correlacion media, donde ciertas muestras se ajustan al modelo lineal y otras no (ver Anexo F). La diferencia más notoria es el cambio en el valor del coeficiente de correlación de las micas blancas que desde la alimentación con un coeficiente negativo alto, pasa al concentrado a un coeficiente positivo muy bajo. En relación a los diagramas de dispersión de la clorita (Figura 7.33) y de la anhidrita/yeso (Figura 7.34), el modelo lineal se ajusta mejor a la clorita con un $R^2$ de 0,88054 mientras que la anhidrita alcanza un $R^2$ de 0,68267

**Tabla 7.26:** Estadígrafos descriptivos para muestras de concentrado para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Qz | 12,72 | 2,46 | 6,05 | 9,29 | 19,12 | -0,359 |
| %Feld-K | 5,80 | 2,49 | 6,22 | 2,54 | 10,24 | 0,541 |
| %Plg | 9,32 | 4,24 | 18,01 | 3,84 | 19,11 | 0,536 |
| %Chl | 3,29 | 2,41 | 5,80 | 1,32 | 10,11 | -0,938 |
| %Mic Bla | 14,81 | 1,55 | 2,39 | 11,82 | 16,93 | 0,059 |
| %Bt | 3,76 | 1,63 | 2,67 | 1,71 | 6,95 | 0,277 |
| %Anh/Yes | 2,02 | 0,95 | 0,91 | 0,19 | 3,34 | 0,826 |

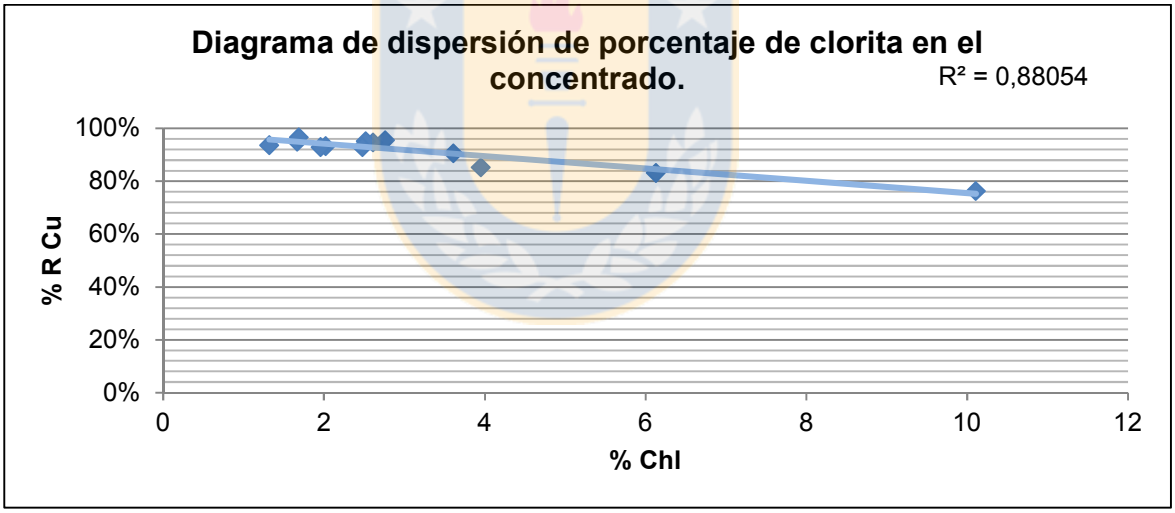



**Figura 7.33:** Diagrama de dispersión de la clorita en concentrado.

La interpretación a todos estos valores solo significa confirmar lo que venimos señalando desde los resultados globales, donde los concentrados que recuperaron poco Cu, siguen teniendo altos valores de clorita. De forma contraria estos mismos concentrados poseen un bajo contenido en Anhidrita/yeso. Las micas blancas, posee el coeficiente de correlacion más bajo con un valor de 0,059, lo que nos indica que no se observa correlacion de este mineral con la recuperación de cobre en las muestras de concentrado.

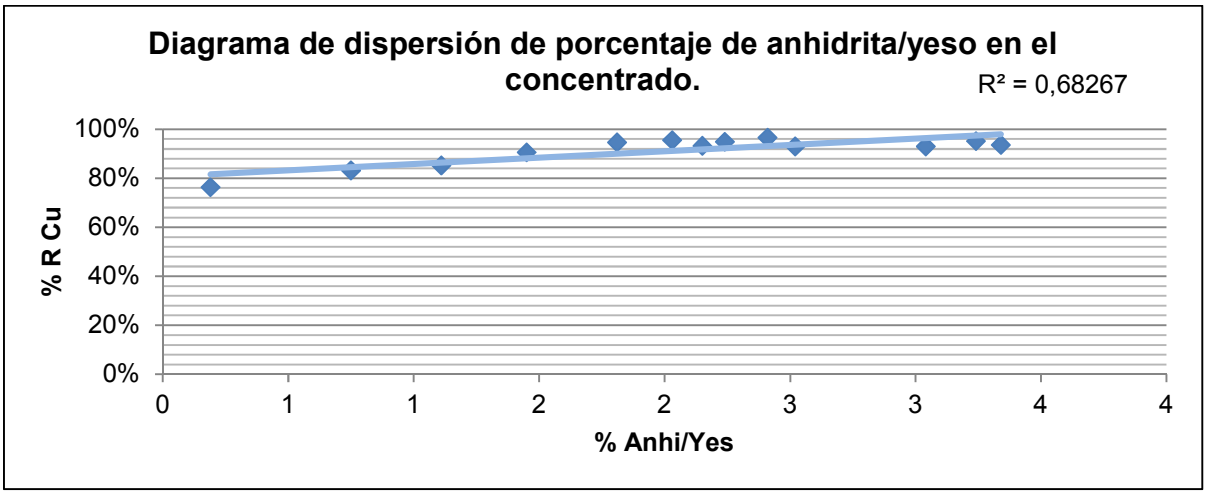



**Figura 7.34:** Diagrama de dispersión de la anhidrita/yeso en concentrado.

Para finalizar este grupo de minerales, las muestras de cola tienen coeficientes de correlación con la misma tendencia que trae todo el proceso (Tabla 7.27). Se puede concluir a partir de estos resultados, que la clorita y las micas blancas afectan negativamente al proceso de concentración de cobre, y son indicadores que, a mayor contenido de estos, menor recuperación de cobre se obtendrá.

**Tabla 7.27:** Estadígrafos descriptivos para muestras de cola para contenidos de minerales de ganga principales por análisis Qemscan.

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Qz | 27,32 | 3,35 | 11,20 | 22,31 | 33,32 | -0,598 |
| %Feld-K | 10,13 | 2,56 | 6,54 | 4,95 | 13,27 | 0,933 |
| %Plg | 24,18 | 5,26 | 27,65 | 12,50 | 30,87 | 0,781 |
| %Chl | 5,11 | 3,43 | 11,74 | 1,75 | 12,89 | -0,942 |
| %Mic Bla | 16,81 | 2,56 | 6,54 | 14,68 | 23,27 | -0,895 |
| %Bt | 7,25 | 2,03 | 4,13 | 3,71 | 9,64 | 0,402 |
| %Anh/Yes | 3,70 | 1,61 | 2,58 | 0,42 | 6,57 | 0,869 |

### *7.6.3.3 Grupo de los Minerales de Ganga Secundarios y Otros.*

Estos minerales son analizados solo en el proceso global, ya que su concentración es muy pequeña y en conjunto no alcanzan el 7% total por muestra. Los estadígrafos descriptivos se muestran en la Tabla 7.28 a continuación. A partir de ellos podemos determinar, que los carbonatos tienen un coeficiente de correlación positivo de alto valor mientras que otros sulfatos se posicionan en el extremo más negativo.

**Tabla 7.28:** Estadígrafos descriptivos del proceso global de flotación para contenidos de minerales de ganga secundarios por análisis Qemscan

**Estadísticos descriptivos**

| | Media [%] | Desv. Est. [%] | Varianza [%] | Mínimo [%] | Máximo [%] | Coef. Corr. con %R Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| %Arcillas | 0,28 | 0,24 | 0,06 | 0,05 | 1,01 | -0,598 |
| %Carb | 0,14 | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,34 | 0,933 |
| %Ot Ox | 1,33 | 0,52 | 0,27 | 0,47 | 2,59 | 0,781 |
| %Ot Sulf | 0,64 | 0,62 | 0,39 | 0,03 | 2,51 | -0,942 |
| %Ot Sil | 0,72 | 0,27 | 0,07 | 0,23 | 1,25 | -0,895 |
| %Ot | 2,09 | 0,43 | 0,19 | 1,31 | 3,02 | 0,402 |

### 7.6.3.4 Correlación entre fases minerales identificadas por Qemscan.

Como información adicional realizamos un análisis de correlación entre todas las fases mineralógicas que fueron identificadas en Qemscan.

La tabla 7.29, las ordena por colores, las secciones rojas – blanco - azul, son correlaciones entre los minerales del mismo grupo, por ejemplo, los sulfuros y óxidos de cobre correlacionados entre ellos y ordenados desde un valor máximo de 1 en rojo, hasta valores menores hacia el -1 en color azul. Las secciones en verde con blanco son correlaciones entre minerales de diferentes grupos, por ejemplo, sulfuros y óxidos de cobre con minerales de ganga primarios y de alteración. El color verde más intenso lo

presentan los coeficientes que se acercan al 1 mientras el blanco es para los valores que se acercan al -1.

Sulfuros y óxidos de cobre v/s Sulfuros y óxidos de cobre: las correlaciones más altas las vemos entre la bornita y otros sulfuros, los que incluyen la enargita y tenantita que tienen valores muy pequeños de concentración, otra correlación muy alta se observa entre los óxidos de cobre con la molibdenita, y los sulfuros secundarios de Cu, esto es muy común de ver la unidad geometalúrgica MD y sus mezclas, donde hay altos valores de óxidos de Cu por tratarse de material de sobrecarga y al mismo tiempo observamos altos contenidos de sulfuros secundarios de cobre. En este grupo no existen correlaciones negativas, es decir que, si un mineral aumenta de una mezcla a otra, el otro mineral correlacionado aumenta en función del coeficiente de correlación.

Sulfuros y óxidos de cobre v/s Minerales de ganga primarios y de alteración: estos coeficientes son en su mayoría negativos, con solo dos valores positivos muy cercanos al 0 donde encontramos a la clorita correlacionada con la pirita y los sulfuros secundarios de cobre, indicándonos que muestras con alto contenido de clorita, deberían correlacionarse en cierto grado con altos contenidos pirita y sulfuros secundarios de cobre. Dentro de los coeficientes negativos, los que poseen los valores más negativos son correlaciones de calcopirita y pirita con minerales formadores de rocas principales como cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y biotitas, que indicarían que estos sulfuros, es posible encontrarlos en rocas con litologías con alteración o sobreimposición de alteraciones

Sulfuros y óxidos de cobre v/s Minerales de ganga secundarios y otros: estos coeficientes tienen mayor variación que los anteriores, los valores más altos positivos se concentran en las correlaciones que se producen entre otros sulfatos, que considera la alunita y jarosita, con todos los minerales del grupo de los sulfuros y óxidos de cobre, exceptuando la bornita y otros sulfuros, el resto presenta coeficientes de correlación sobre 0,700, los sulfatos son comúnmente producto de la alteración de sulfuros de Fe o con contenido de Fe, por eso es que vemos esta correlación con la mayoría de los sulfuros.

**Tabla 7.29:** Tabla de coeficientes de correlación de Pearson, entre fases minerales identificadas por Qemscan.

| | Cpy | Bn | Mo | Chc/Dig/Cov | Py | Ot Sulfuros | Ox- Cu | Qz | Felds-K | Chl | Plg | Bt | Mic Blanca | Anh/Yeso | Arcillas | Carbonatos | Ot Oxidos | Ot Sulfatos | Ot Silicatos | Other | RECU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cpy | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bn | 0,43 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mo | 0,741 | 0,565 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chc/Dig/Cov | 0,402 | 0,293 | 0,682 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Py | 0,66 | 0,07 | 0,645 | 0,762 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ot Sulfuros | 0,596 | 0,883 | 0,612 | 0,286 | 0,23 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ox- Cu | 0,515 | 0,613 | 0,852 | 0,868 | 0,628 | 0,592 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Qz | -0,868 | -0,579 | -0,802 | -0,542 | -0,673 | -0,681 | -0,688 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Felds-K | -0,603 | -0,023 | -0,501 | -0,597 | -0,821 | -0,148 | -0,492 | 0,467 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Chl | -0,343 | -0,372 | -0,231 | 0,17 | 0,146 | -0,415 | -0,022 | 0,463 | -0,48 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Plg | -0,766 | -0,246 | -0,689 | -0,654 | -0,858 | -0,376 | -0,644 | 0,62 | 0,874 | -0,258 | 1 | | | | | | | | | | |
| Bt | -0,673 | -0,074 | -0,532 | -0,478 | -0,729 | -0,207 | -0,414 | 0,396 | 0,686 | -0,194 | 0,868 | 1 | | | | | | | | | |
| Mic Blanca | -0,38 | -0,283 | -0,241 | -0,207 | -0,266 | -0,328 | -0,169 | 0,572 | -0,099 | 0,702 | -0,03 | -0,074 | 1 | | | | | | | | |
| Anh/Yeso | -0,414 | -0,183 | -0,484 | -0,585 | -0,594 | -0,263 | -0,544 | 0,347 | 0,812 | -0,474 | 0,64 | 0,448 | -0,199 | 1 | | | | | | | |
| Arcillas | -0,281 | -0,252 | -0,152 | 0,238 | 0,188 | -0,308 | 0,082 | 0,373 | -0,524 | 0,978 | -0,315 | -0,208 | 0,692 | -0,549 | 1 | | | | | | |
| Carbonatos | -0,264 | 0,393 | -0,154 | -0,293 | -0,586 | 0,302 | -0,065 | 0,041 | 0,557 | -0,41 | 0,579 | 0,691 | -0,146 | 0,253 | -0,359 | 1 | | | | | |
| Ot Oxidos | -0,589 | -0,357 | -0,521 | -0,155 | -0,188 | -0,477 | -0,273 | 0,591 | -0,17 | 0,823 | 0,142 | 0,249 | 0,563 | -0,181 | 0,802 | -0,025 | 1 | | | | |
| Ot Sulfatos | 0,796 | 0,357 | 0,831 | 0,706 | 0,793 | 0,432 | 0,788 | -0,802 | -0,659 | -0,096 | -0,84 | -0,674 | -0,202 | -0,489 | -0,024 | -0,371 | -0,413 | 1 | | | |
| Ot Silicatos | -0,776 | -0,379 | -0,762 | -0,496 | -0,518 | -0,532 | -0,566 | 0,73 | 0,323 | 0,481 | 0,514 | 0,466 | 0,423 | 0,331 | 0,44 | 0,153 | 0,766 | -0,706 | 1 | | |
| Other | -0,284 | 0,242 | -0,214 | -0,275 | -0,487 | 0,093 | -0,072 | 0,004 | 0,554 | -0,387 | 0,494 | 0,724 | -0,214 | 0,478 | -0,343 | 0,585 | -0,035 | -0,203 | 0,199 | 1 | |
| RECU | 0,149 | 0,153 | -0,05 | -0,494 | -0,391 | 0,203 | -0,308 | -0,16 | 0,625 | -0,885 | 0,411 | 0,283 | -0,518 | 0,71 | -0,923 | 0,34 | -0,666 | -0,146 | -0,233 | 0,434 | 1 |

Los coeficientes más negativos se observan entre otros silicatos (epidota, turmalina, piroxenos) con calcopirita y molibdenita y tienen el mismo rango de los valores positivos, cerca de 0,700.

Minerales de ganga primarios y de alteración v/s Minerales de ganga primarios y de alteración: este grupo de coeficientes posee una variabilidad media con más coeficientes positivos que negativos, el coeficiente de correlación mayor tiene un valor de 0,874 entre la plagioclasa y el feldespato potásico, le sigue con 0,868 el coeficiente de correlación de plagioclasas con biotitas y con 0,812 el feldespato potásico con la anhidrita/yeso. El coeficiente de correlación más negativo se genera entre la clorita y la anhidrita/yeso, y clorita con feldespatos potásicos, tendencia que es congruente con lo que acabamos de identificar como uno de los mayores coeficientes de correlación.

Minerales de ganga primarios y de alteración v/s Minerales de ganga primarios y de alteración: este grupo de coeficientes posee una variabilidad media con más coeficientes positivos que negativos, el coeficiente de correlación mayor tiene un valor de 0,874 entre la plagioclasa y el feldespato potásico, le sigue con 0,868 el coeficiente de correlación de plagioclasas con biotitas y con 0,812 el feldespato potásico con la anhidrita/yeso. El coeficiente de correlación más negativo se genera entre la clorita y la anhidrita/yeso, y clorita con feldespatos potásicos, tendencia que es congruente con lo que acabamos de identificar como uno de los mayores coeficientes de correlación.

Minerales de ganga primarios y de alteración v/s Minerales de ganga secundarios y otros: aquí solo destacaremos la correlación positiva entre la clorita y la fase mineral llamada arcillas, donde lamentablemente el análisis Qemscan no es la herramienta correcta para la determinación de estos minerales, normalmente reconoce caolín pero no en su totalidad por el tamaño que poseen estas partículas, dejando de lado esto, el caolín se encontrará en las mismas muestras en que existirá clorita, y también mica blanca con quien tiene un coeficiente de correlación de 0,692. En los coeficientes correlativos encontramos otros sulfatos con plagioclasas, y que es posible explicar debido a que otros sulfatos son producto de alteración y las plagioclasas son minerales que se alteran fácilmente a micas blancas.

Minerales de ganga secundarios y otros v/s Minerales de ganga secundarios y otros: los coeficientes que importa resaltar son entre las arcillas y otros óxidos, con un coeficiente de correlación positivo de 0,802, mientras que el coeficiente de correlación de otros silicatos con otros sulfatos es el más negativo con un valor de -0,706, esto indicaría que los sulfatos de alteración (otros sulfatos), están en mayor contenido cuando los otros silicatos (epidota, piroxeno, turmalina) son menores. Traducido, rocas menos máficas tendrán por ende más minerales de alteración.

# 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A partir de la mineralogía de mena y ganga, se caracterizó cada unidad geo-metalúrgica del sector Esmeralda, como resultado de esto se distinguen 4 unidades, que poseen diferentes durezas, diferentes porcentajes de minerales de ganga y de mena, y variación en los grados de liberación que poseen los minerales.

- Muestra de alimentación de la unidad MD o muy desfavorable, que posee baja dureza, se observa inicialmente disgregada por tratarse de material de sobrecarga, posee contenidos importantes de minerales de alteración (micas blancas, cloritas, caolín), clorita en mayor porcentaje que en otras muestras, contenido mínimo de anhidrita, mineralización secundaria de cobre (calcosina/digenita/covelina) con mayor abundancia que las 3 muestras restantes, mineralogía primaria de cobre en forma principal de calcopirita y ausencia de bornita.
  El concentrado conserva el primer lugar con su alto contenido de clorita en relación a las otras muestras. Finalmente, la cola de igual forma, presenta el mayor contenido de calcopirita en relación a las otras muestras con un 0,66% de mineral.

  Las asociaciones minerales entre mena y ganga se observan con los menores porcentajes en las tres etapas. En la alimentación, concentrado y cola, vemos la asociación de la mica blanca a los las tres principales menas, calcopirita, bornita y sulfuros secundarios de cobre, además de la molibdenita asociada a anhidrita.

- Muestra de alimentación de la unidad F o favorable, con dureza media, condicionada por vetillas de anhidrita presente en la muestra. Presenta minerales de alteración con contenido variado, bajo % de clorita y altos contenidos de plagioclasas. Es la muestra que contiene mayor contenido de bornita, y más bajos contenidos de pirita. El concentrado de la muestra F posee el mayor valor de anhidrita de las 4 muestras. La cola por otra parte tiene el mayor contenido de bornita, esto producto que la muestra F es la principal portadora de este mineral. Dentro de las asociaciones minerales mena-ganga, se determinan las mismas

asociaciones existentes en la unidad MD, sulfuros de cobre con micas blancas y molibdenita con anhidrita.

- Muestra de alimentación de la unidad D o desfavorable, con dureza de media a alta, se destaca por su contenido importante de pirita que influye en la dureza de la roca dándole el carácter de dureza “alta” y la presencia de vetillas de este mismo mineral la condiciona a la dureza “media” debido a los planos que debilitan la estructura de la roca. En relación a los minerales de alteración tiene valores similares en cuanto a mica blanca con la unidad MD, que describen en su mayoría rocas con evidente alteración fílica y resalta su contenido de anhidrita en la alimentación, los minerales metálicos, indican en su totalidad zonas de mineralización primaria, la mena principal es la calcopirita con escasos contenidos de bornita.

  El concentrado de la muestra D es considerado uno de los dos más pobres en molibdenita, pese a ser la muestra de alimentación que contiene el valor más alto de molibdenita asociada a anhidrita. Por otra parte, los sulfuros de cobre se comportan similar a otras muestras en las asociaciones observadas, donde están principalmente relacionadas con micas blancas.

- Muestra de alimentación de la unidad E o Estándar, dureza media, presenta el mismo vetilleo que las muestras anteriores, la mineralogía de mena importante esta descrita como calcopirita y bornita, esta muestra presenta las asociaciones comunes de sulfuros de cobre con micas blancas y molibdenita con anhidrita, los valores de estas asociaciones se mueven en medio de los valores de las unidades D y F, de ahí el nombre de muestra estándar.
  La muestra E de alimentación destaca por ser la muestra que posee el mayor % de calcopirita asociada a micas blancas, llegando cerca del 0,3% de la muestra total. El concentrado se comporta de manera similar a la unidad D, pero con menor valor, y la cola similar a la unidad F.

Dentro de las asociaciones minerales que influyen principalmente en la flotación rougher y en la recuperación posterior a esta etapa, se encuentran comúnmente las establecidas entre minerales de ganga y minerales de mena. Las asociaciones minerales obtenidas mediante los análisis de Qemscan, concluyen que las siguientes son las asociaciones que disminuyen el porcentaje de recuperación de Cu:

- La calcopirita asociada a micas blancas.
- La bornita asociada a micas blancas.
- Los sulfuros secundarios de cobre asociados a micas blancas.
- La molibdenita asociada a anhidrita.

En cuanto a la recuperación de cobre de muestras puras, la unidad D es quien tiene un mayor porcentaje de recuperación de cobre (96,5%), pero en conjunto con la ley de cobre no es suficiente para superar a la unidad F, la que posee una recuperación de cobre menor (93,5%) pero una ley de cobre 0,3% mayor que la unidad D.

La unidad geometalúrgica D posee una recuperación de hierro del 50,4% frente a 26,2% de recuperación de hierro de la unidad F, lo que hace a esta última, una unidad con menores impurezas, lo que suele ser una ventaja.

Para las muestras de mezclas, la única mezcla que efectivamente señala un efecto "*Blending*, donde es posible obtener un rendimiento mejor al que obtendríamos si se trataran por separados, es la mezcla 75MD/25E, aunque desde 60% de contenido MD ya tenemos un comportamiento sinérgico favorable.

La estadística demuestra que, en función a los análisis de partículas menores a 2 micrones:

- Las cloritas aumentan negativamente su correlación al avanzar en el proceso. Es decir, a mayor contenido de cloritas menor recuperación.
- Las micas blancas presentan una correlación negativa en alimentación y concentrado, y positiva en muestras de cola. Traducido esto, tendremos altos contenidos de micas en muestras de bajo porcentaje de recuperación hasta el

concentrado, y bajo contenido de micas en colas con baja recuperación, ya que las micas son arrastradas al concentrado durante la flotación.

- El caolín tiene una correlación positiva en todo el proceso, lo que se contradice con el comportamiento metalúrgico normal, indicándonos que posiblemente este mineral, es arrastrado al concentrado, unido a los minerales de mena, y que los resultados no son concluyentes ni explican el comportamiento en función de la recuperación de Cu.

En base a la estadística obtenida según fases identificadas por Qemscan, los resultados son:

- Las cloritas aumentan negativamente su correlación con respecto de la recuperación de cobre al avanzar en el proceso. Es decir, a mayor contenido de cloritas menor recuperación.
- Las micas blancas se correlacionan negativamente a la recuperación de cobre en todo el proceso de flotación,
- El caolín no es identificado eficientemente mediante esta técnica, puede o no estar incluido en una fase llamada arcillas la que se correlaciona negativamente a la recuperación de cobre.
- Los sulfuros secundarios de cobre presentan el coeficiente de correlación más negativo entre los sulfuros en función a la recuperación de Cu y se correlacionan positivamente a la pirita, óxidos de cobre y cloritas. Por lo tanto, se tendrá baja recuperación de cobre cuando existen altos contenidos de estos minerales.

Con relación a la textura la cual no está considerada en este estudio, podemos discernir que va de la mano al grado de liberación. Se recomienda revisar las texturas de los minerales de mena y ganga en el sector Esmeralda para así lograr determinar una mayor correlación entre estas y la recuperación de cobre y molibdeno. Además, determinar cómo es la relación textural entre los minerales de mena y sus asociaciones de ganga, dupla que es arrastrada o se pierde en las colas, para lograr determinar si se puede eliminar o disminuir esta asociación y obtener un mejor beneficio en el proceso de concentración.

Se establece que en particular el proceso de flotación rougher no está diseñado para la presencia de sulfuros secundarios de cobre, y que la recuperación de cobre se ve comprometida cuando entran al sistema.

Los resultados para el caolín no son concluyentes dado que las dos técnicas utilizadas no logran medir ni establecer relaciones entre el mineral y la recuperación de cobre. Se recomienda estudiar específicamente el mineral utilizando una técnica que lo cuantifique y reconozca en su totalidad, para determinar cómo afecta a la flotación.

Como conclusión general, se establece que los minerales del grupo de la clorita y las micas blancas, son un precedente para considerar en relación a la recuperación deficiente de cobre. Teniendo esto en cuenta, es beneficioso buscar un método de controlarlos antes de iniciada la flotación, lo que podría significar una mejora en el beneficio económico.

# 9 REFERENCIAS.

**ÁLVAREZ, C. 1990.** Perfil de alteración y mineralización supérgena en el yacimiento El Teniente, Rancagua, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad Católica del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas (Inédito): 178 pp. Antofagasta.

**ARÉVALO, A. & FLOODY, R. 1995.** Modelo global de alteración-mineralización. Estudio geometalúrgico del mineral a explotar a mediano y largo plazo (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia Geología, CODELCO-CHILE: 39 pp. Rancagua.

**ARÉVALO, A; FLOODY, R. & OLIVARES, A. 1998.** Estudio geometalúrgico del mineral a explotar a mediano y largo plazo: Modelo Geometalúrgico (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia Geología, CODELCO-CHILE: 54 pp. Rancagua.

**ARREDONDO, C. 1994.** Distribución, caracterización y génesis de los cuerpos de brecha ubicados en el sector central este del yacimiento El Teniente. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 245 pp. Santiago.

**BULATOVIC, S; WYSLOUZIL, D. & KANT, C. 1999.** Effect of clay slimes on copper, molybdenum flotation from porphyry ores, in Proceedings of the Copper 99 - Cober 99 International Conference: 95-111. Phoenix.

**BURGOS, L. 2002.** Caracterización de las andesitas de la mina el teniente. Memoria para opta al título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra (Inédito): 108 pp. Concepción.

**CAMUS, F. 1975.** Geology of the El Teniente orebody with emphasis on wallrock alteration. *Economic Geology*. Vol. **70**: 1.341-1.372.

**CÁNEPA, C. & MANZANEDA, J. 2004.** La microscopía óptica y los procesos metalúrgicos-aplicaciones en casos peruanos. XXVII Convención Minera: 1-45. Arequipa.

**CHARRIER, R. 1973.** Geología de las provincias de O´Higgins y Colchagua. Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN). Publ. **7**, 69 pp. Santiago.

**CHARRIER, R. 1981.** Geologie de chilenischen haupt-kordillere zwischen 34º und ihre tektonische, magmaische und paläo-geographische entwicklung. Berliner geowiss. Abh. (A) 123 : 456-471. Berlín.

**CHARRIER, R. & MUNIZAGA, F. 1979.** Edades K-Ar de volcanitas cenozoicas del sector cordillerano del Río Cachapoal, Chile (35º15' Lat. Sur). *Revista Geológica de Chile*. Vol. **7**, 41-51. Santiago.

**CHARRIER, R; FLYNN, J; WYSS, A; ZAPATTA, F. & SWISHER, C. 1997.** Antecedentes Bío y Cronoestratigráficos de la Formación Coya-Machalí-Abanico, (entre los 35º10' Lat. Sur), Cordillera Principal, Chile Central. VIII Congreso Geológico Chileno, Vol. **1** : 465-469 pp. Antofagasta.

**CHARRIER, R; WISS, A; FLYNN, J; SWISHER, C; SPIGHIGER, S. & ZAPATTA, F. 1994.** Nuevos antecedentes estratigráficos y estructurales para las formaciones Coya-Machalí y Abanico, entre 33º50' y 35º, Cordillera Principal Chilena. VII Congreso Geológico Chileno. Vol. **2**: 1316-1319. Santiago.

**CHARRIER, R; WISS, A; FLYNN, J; SWISHER, C; SPIGHIGER, S; ZAPATTA, F; MCKENNA, M. & NOVACEK, N. 1996.** New evidence for late mesozoic-early cenozoic evolution of the chilean Andes in the upper Tingiririca valey 35ºS, Central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol **9** : 1-30. Santiago.

**CHARRIER, R; BAEZA, O; ELGUETA, S; FLYNN, J; GANS, R; KAY, S; MUÑOZ, N; WYSS, A. & ZURITA, E. 2002.** Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36°S.L.). *Journal of South-American Earth Sciences*. Vol **15**: 117-139. Santiago.

**CORVALÁN, J. 1959.** Estratigrafía del Neocomiano marino de la región al sur de Copiapó, Provincia de Atacama. *Revista Geológica de Chile*. Vol. 1: 13-36. Santiago.

**CORVALAN, J; AGUIRRE, L. & RUIZ, C. 1965.** Geografía Económica de Chile, CORFO. Vol. **2**: 263 pp. Santiago.

**CUADRA, P. 1986.** Geocronología K-Ar del yacimiento el teniente y áreas adyacentes. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **27**: 3-26. Santiago.

**DAVIDSON, J. 1971.** Contribución al estudio geológico de los Andes Meridionales Centrales: Geología del área de las Nacientes del Teno, Provincia de Curicó. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 145 pp. Santiago.

**ENRIONE, A. 1972.** Estabilidad de los terrenos del área de alto colón (Informe Interno). División El Teniente, CODELCO-CHILE: 10 pp. Rancagua.

**FALCÓN, M. & RIVERA, O. 1998.** Estudio geológico distrital de la división El Teniente de CODELCO-CHILE, Escala 1:25.000 (Informe Interno). División El Teniente, Vicepresidencia de exploraciones y asociaciones mineras: 108 pp. Rancagua.

**FALCÓN, F. & RIVERA, O. 2000.** Secuencias de relleno de cuencas volcano-tectónicas transversales Oligoceno-Miocenas en los alrededores del yacimiento El Teniente (33º 45'-34º 30' S). IX Congreso Geológico Chileno. Vol.**1**: 819-823. Puerto Varas

**FLOODY, R. 2000.** Estudio de vulnerabilidad geológica-geotécnica de la chimenea de Brechas Braden. Fase 1, geología de Brechas Braden (gl-044/00) (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE: 152 pp. Rancagua.

**GARRIDO, I. 1995.** Proyecto geodinámico mina El Teniente. Geología estructural del distrito y mina El Teniente y situación geodinámica regional (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia Geología CODELCO-CHILE: 34 pp. Rancagua

**GODOY, E. 1993.** Geología del área entre los ríos Claro del Maipo y Cachapoal. Informe final proyecto CODELCO (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE: 67 pp. Rancagua.

**GODOY, E. & LARA, L. 1994.** Segmentación estructural andina a los 33º-34º S. Nuevos datos en la cordillera principal. VII Congreso Geológico Chileno, Vol. **2**: 1.344-1.346. Santiago.

**GOMEZ, R. 2001.** Geología de las unidades volcanogénicas Cenozoicas de área industrial de la mina El Teniente, entre Colón y Coya, Cordillera Principal de Rancagua, VI Región. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 234 pp. Santiago

**GUTIERREZ, L. & PAWLIK, M. 2015.** Observations of the yielding behaviour of oil sand slurries under vane and slump test. Canadian Journal of Chemical Engineering. Vol. **93**: 1327-1508.

**GUZMÁN C. 1991.** Alteración y mineralización de los pórfidos dioríticos del sector central del yacimiento El Teniente. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 132 pp. Santiago

**HOWELL, F. & MOLLOY, J. 1960.** Geology of the Braden orebody, Chile, South America. *Economic Geology*. Vol. **55**: 863-905.

**KLÖHN, C. 1960.** Geología de la cordillera de los Andes de Chile central, provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín Nº8 : 32 pp. Santiago.

**LINDGREN, W. 1917.** Geology of the Braden mine, Rancagua, Chile. *Economic Geology*. Vol. **17**: 75-79.

**MAKSAEV, V; MUNIZAGA, F; McWILLIAMS, M; FANNING, M; MATHUR, R; RUIZ, J.**

**& ZENTILLI, M. 2004.** New chronology for El Teniente, Chilean Andes, from U-Pb, 40Ar/39Ar, Re-Os, and fission-track dating: Implications for the evolution of a supergiant porphyry Cu Mo deposit. Society of economic geologists. Special publication 11: 40 pp.

**MAKSAEV, V; MUNIZAGA, F; McWILLIAMS, M; THIELE, K; AREVALO, A; ZUÑIGA, P. & FLOODY, R. 2001.** 40Ar/39Ar geochronology of the El Teniente porphyry copper deposit. III Simposio Sudamericano de Geología Isotópica : 469-499.

**MEJÍAS, M.O; SALAZAR, M. & DIEZ, E. 2014.** Geological characterization of drawpoints in the El Teniente mine: An improvement tool for short-term mine-plant planning. 2nd International Seminar on Geometallurgy (GEOMET). 14-16. Santiago.

**MORALES, A; SEGUEL, J. & VILLEGAS, E. 1997.** Geología, caracterización estructural y geotecnia del sector norte del nivel de producción (LHD) Mina Esmeralda (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE: 15 pp. Rancagua.

**MORALES, A. & SEGUEL, J. 1998.** Actualización de geología, dominios estructurales y geotecnia al norte de Coordenada 300N, nivel de socavación, Mina Esmeralda. (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE: 29 pp. Rancagua.

**MOREL, R. & SPRÖHNLE, C. 1992.** Mapa de la geología distrital 1:50.000, Hoja Sewell. Mapa GL88-7548. División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE. Rancagua.

**MUNIZAGA, F; MAKSAEV, V; MATHUR, R; RUIZ, J; MCWILLIAMS, M. & THIELE, K. 2002.** Understanding molybdenite RE-OS ages from the El Teniente porphyry copper deposit, Chile. Denver Annual Meeting. Paper 152-5. Colorado.

**OJEDA, J; HERNANDEZ, E; OSSANDON, G; ENRIONE, A. & MESTRE, A. 1980.** El pórfido cuprífero El Teniente (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE: 36 pp. Rancagua.

**PETROVSKAYA, N. 2014.** Reducción de la ley de anhidrita en el concentrado de molibdeno en las plantas de Chile. AMCAN Chile Ltda. (Informe Interno). PIONERA. 25 pp. Santiago.

**PETROVSKAYA, N. 2015.** Rebaja de presencia de los silicatos para aumentar la ley de cobre en el concentrado en las Plantas de Chile. AMCAN Chile Ltda. (Informe Interno). PIONERA. 22 pp. Santiago.

**PORTIGLIATI, C. & CAMUS, F. 1974.** Alteración hidrotermal del yacimiento El Teniente (Informe preliminar Inédito). División El Teniente, Superintendencia de Geología CODELCO-CHILE: 28 pp. Rancagua.

**REYES, F. 1979.** Estudio geológico-estructural del yacimiento El Teniente. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 121 pp. Santiago.

**RIVERA, O. & CEMBRANO, J. 2000.** Modelo de formación de cuencas volcano-tectónicas en zonas de transferencia oblicuas a la cadena andina: el caso de las cuencas oligo-miocénicas de Chile central y su relación con estructuras WNW-NW (33°00'-34°30'S). IX Congreso Geológico Chileno. Vol. **2**: 631-636. Puerto Varas.

**RIVEROS, M. 1991.** Geología del pórfido Latítico del sector sur del yacimiento El Teniente. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 164 pp. Santiago.

**ROJAS, A. 2003.** Petrografía y geoquímica del pórfido Teniente, ubicado en el sector norte del yacimiento El Teniente Provincia de Cachapoal, VI región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 133 pp. Concepción

**SALAZAR, M. 2003.** Aspectos geológicos en los modelos de dilución Mina Esmeralda, yacimiento el Teniente. VI región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo y al grado de Magíster en Ciencias, mención geología. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 293 pp. Santiago.

**SKEWES, M. 2000.** Rocas ígneas del depósito de cobre El Teniente, Chile (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología, CODELCO-CHILE: 32 pp. Rancagua.

**SKEWES, M. & ARÉVALO, A. 2000.** El complejo de gabros - diabasas que hospeda a las brechas mineralizadas del depósito de cobre El Teniente, Chile central. IX Congreso Geológico Chileno. Vol. **1**: 380-384. Puerto Varas.

**SKEWES, M; AREVALO, A; FLOODY, R; ZUÑIGA, P. & STERN, CH. 2002.** The giant El Teniente breccia deposit: Hipogene copper distribution and emplacement. *Society of Economic Geologist*. Special Publication 9. Chapter 14: 299-332.

**SKEWES, M. & STERN, CH., 1995.** Miocene to present magmatic evolution at the northern end of the andean southern volcanic zone, Central Chile. *Revista Geológica de Chile*, Vol. **22**, N°2 : 261-272. Santiago.

**STEWART, J. & ARAYA, R. 1972.** Programa de exploración minera somex-iig en la alta cordillera de los Andes entre los paralelos 34º10' y 35º10' latitud sur. Instituto de investigaciones Geológicas: 65 pp. Santiago.

**THIELE, R.; BECCAR, L. ; LEVI, B.; NYSTROM, J.O. VERGARA, M. 1990.** Tertiary Andean volcanism on caldera-graben setting. Symposium International de Géodynamique Andine, Resumés des Communications*:* 309 pp. Grenoble.

**TOMBÁCZ, E. & SZEKERES, M. 2006.** Surface charge heterogeneity of kaolinite in aqueous suspension in comparison with montmorillonite. *Applied Clay Science*. Vol. **34**: 105-124.

**URIBE, F. & FLOODY, R. 2003.** Geología y vulnerabilidad del Complejo Brechas Braden: Nuevos antecedentes (Informe Interno). División El Teniente, Superintendencia de Geología, CODELCO-CHILE: 11 pp. Rancagua.

**VAIL, P.R; MITCHUM, J.R. & THOMPSON, S. 1977.** Seismic stratigraphy and global change of sea level, Part 4. Global cycles of relative changes of sea level. AAPG, Memorandum N°26: 12 pp.

**VALENZUELA, R. 2003.** Mineralización sulfurada hipógena de cobre en el sector central del yacimiento el Teniente VI región. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 118 pp. Concepción.

**VILLALOBOS, J. 1975.** Alteración hidrotermal en las andesitas del yacimiento El Teniente. Memoria para optar al Grado de Doctor. Universidad de Chile. Departamento de Geología (Inédito): 97 pp. Santiago.

**ZUÑIGA, P. 1982.** Alteración y mineralización hipógena en el sector oeste del yacimiento El Teniente. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 142 pp. Santiago.

# ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA..... 167
ANEXO B: DIFRACTOGRAMAS..... 203
ANEXO C: RESULTADOS QUÍMICOS..... 243
ANEXO D: GRÁFICOS MINERALÓGICOS..... 252
ANEXO E: TABLAS MINERALÓGICAS..... 267
ANEXO F: ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... 293

# ANEXO A

# DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICAS

# A) FICHAS MISCROCÓPICAS

| **Muestra** | **E.E2c** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada , litología indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(95,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 6 | Diseminado | Mineral formado por depositación directa, cristales de tamaño variado de forma anhedral principalmente. | |
| Cuarzo Secundario | 10 | Diseminado y vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita | 2 | Diseminada y cúmulos | Mineral formado por depositación directa, agregado cristalino de grano medio, alterado principalmente a clorita, se observan bordes de alteración de clorita en algunos cristales manteniendo el centro con el mineral original. | |
| Biotita Secundaria | 10 | Diseminada y cúmulos | Mineral de alteración presente de manera diseminada y en cúmulos. En el halo biotítico de la vetilla los tamaños de cristales son más reservados y de formas anhedral continuando hasta los cúmulos donde presenta formas más subhedrales y mayores tamaños. | |
| Clorita | 5 | Diseminado | Mineral de alteración , producto de la alteración de biotitas primarias mayoritariamente y secundarias posteriormente | |
| Mica Blanca | 15 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. Como halo de la vetilla principal | |
| Plagioclasas | 35 | Diseminado | Mineral magmático, se observan las formas relictas de los cristales y algunas maclas, el resto de los cristales se encuentra alterado a mica blanca y Feld- k por los bordes. | |
| Feld-K | 6 | Diseminado | Mineral de alteración, se presenta en bordes de plagioclasas por recristalización. | |
| Anhidrita | 5 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente de manera diseminada y en vetillas, en relación con cuarzos y calcitas | |
| Yeso | 1 | Diseminado y vetilla | Mineral de alteración , producto de la hidratación de anhidrita | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Diseminado en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(4,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Pirita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva y relleno de espacios abiertos | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 - 0,2 mm en relación con calcopirita |
| Calcopirita | 4 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva y relleno de espacios | Diseminada principalmente y en sucesión pasiva con pirita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración potásica intensa en vetillas, sobre la roca original | | | |
| **Otras Características** | Se observan microvetillas de cuarzo con anihidrita y calcopirita, además se observan vetillas con alteración potásica intensa. | | | |

| **Muestra** | **E.E3b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada , litología indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(92%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 8 | Cúmulos | Mineral de alteración presente de manera diseminada y en cúmulos. En el halo biotítico de la vetilla los tamaños de cristales son más reservados y de formas anhedral continuando hasta los cúmulos donde presenta formas más subhedrales y mayores tamaños. | |
| Feld-K | 30 | Diseminado | Cristales primarios y alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Plagioclasas | 10 | Diseminado | Mineral magmático, se observan cristales subhedrales de tamaños variables. | |
| Mica Blanca | 15 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. Como halo de la vetilla principal | |
| Anhidrita | 5 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente de manera diseminada y en vetillas, en relación con cuarzos y calcitas | |
| Clorita | 1 | Diseminada | Mineral de alteración a partir de biotitas secundarias. | |
| Arcillas | 5 | Diseminado | Mineral formado por alteración, se dispone en forma que describe una plagioclasa relicta por eso se estima que provienen de la alteración de estas. | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(4%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Bornita | 3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva y relleno de espacios abiertos | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm en relación con calcopirita y molibdenita |
| Molibdenita | 0,3 | Vetilla y diseminado | Relleno de espacios abiertos | Cristales en agregados finos y aciculares , en vetillas principalmente con cuarzo y anhidrita , en sucesión pasiva con calcopirita y bornita |
| Calcopirita | 0,5 | Diseminado y microvetillas | Sucesión pasiva y relleno de espacios | Diseminada principalmente y en sucesión pasiva con molibdenita y bornita , microvetillas con bornita. |
| Calcosina/ Digenita | 0,2 | | | |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica sobreimpuesta a alteración potásica pervasiva. | | | |
| **Otras Características** | Se observan microvetillas de cuarzo con anihidrita y sulfuros y vetilla de cuarzo anhidrita, calcita con halo sericíticos y biotítico posteriormente. | | | |

| **Muestra** | **E.E4a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada , litología indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(91%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 30 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 3 | Diseminada | Mineral de alteración presente de manera diseminada y en cúmulos, algunos cristales se encuentran alterados a clorita moderadamente. | |
| Clorita | 1 | Diseminado | Mineral de alteración, se genera a partir de biotitas que se cloritizan. En agregados finos de tamaño reducido. | |
| Oxihorblenda | 5 | Diseminado | El mineral se dispone diseminado y con evidente clivaje producto de calcitizacion del cristal. | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | Mineral primario y de alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Plagioclasas | 5 | Diseminados | Cristales subhedrales con bordes alterados, de origen magmatico. | |
| Mica Blanca | 30 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. En cúmulos | |
| Anhidrita | 10 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente principalmente diseminado y en menor importancia en vetillas, en relación con cuarzos y calcitas en las vetillas. | |
| Yeso | 2 | Diseminando | Presente en toda la roca, como mineral secundario hidrotermal, proveniente de la hidratación de anhidrita. | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(8,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Molibdenita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Cristales en agregados finos y aciculares, diseminado y en sucesión pasiva con calcopirita |
| Pirita | 2 | Vetilla y diseminado | Relleno de espacios abiertos | Principalmente en vetilla (95%) asociados con cuarzo y calcopirita. Cristales aislados diseminados en baja proporción. |
| Calcopirita | 6 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva y relleno de espacios | Diseminada y en sucesión pasiva con molibdenita. Con pirita en vetillas. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa con alteración argílica insipiente a moderada en algunos sectores. | | | |
| **Otras Características** | Se observa una vetilla principal de pirita con calcopirita asociada a cuarzo secundario. | | | |

| **Muestra** | **E.E5a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura hipidiomórfica granular | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(97%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 15 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 8 | Cúmulos | Mineral de alteración en agregados minerales muy finos | |
| Feld-K | 35 | Diseminado | Mineral formado por alteración directa, se presenta diseminado y asociado a bordes de plagioclasas. | |
| Plagioclasas | 20 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de menos de 0,1 mm y de forma subhedral a anhedral | |
| Mica Blanca | 4 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhídrita | 12 | Diseminado | Mineral hidrotermal , en un cumulo localmente, y con habito radial, rodeado de sericita y cuarzo secundario. | |
| Clorita | 2 | Diseminado | Mineral de alteración a partir de biotitas. | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Mineral asociado a calcopirita. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(3%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcoprita | 2 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm. |
| Pirita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Critales muy escasos, de diámetros pequeños que no superan los 0,1 mm. |
| Magnetita | 0,5 | Diseminado | Sucesión Pasiva | Asociado a Calcopiritas. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa. | | | |
| **Otras Características** | No se observan vetillas. | | | |

| **Muestra** | **E.E5b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Pórfido Diorítico, textura porfídica | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(95%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 10 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Cuarzo primario | 10 | Diseminado | Mineral formador de roca original, formas anhedrales y tamaños aproximados de 0,5 mm | |
| Biotita Secundaria | 5 | Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales. | |
| Plagioclasas | 20 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Mica Blanca | 12 | Diseminado y Vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y en asociación con anhidrita formando un leve halo. | |
| Anhídrita | 15 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con Qzo secundario | |
| Feld-K | 20 | Diseminado | Asociado fuertemente a alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Clorita | 3 | Diseminado | Mineral hidrotermal, reemplazando la biotita, formas subhedrales y tamaños aproximados de 0,1 mm | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Magnetita | 0,2 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| Pirita | 0,3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados 0,1 mm |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | Se observan vetillas con cuarzo mayoritario y anhidrita en menor proporción. | | | |

| **Muestra** | **E.E6b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Indeterminada, textura obliterada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(98%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 20 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 25 | Cúmulos y diseminado | Mineral de alteración , se presenta en cúmulos y diseminados por la roca, tamaño variado hasta los 0,1 mm y con formas anhedrales a subhedrales. | |
| Clorita | 3 | Diseminada y cúmulos | Mineral de alteración, se forma a partir de las biotitas secundarias que se han alterado. | |
| Plagioclasas | 35 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de menos de 0,1 mm y de forma subhedral a anhedral, con la particularidad que se encuentran alterados y solo se reconoce su forma como relicto. | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | Mineral formado por alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Mica Blanca | 3 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhidrita | 5 | Diseminado | Mineral diseminado pero principalmente como relleno de vetillas | |
| Yeso | 1 | Vetillas y diseminado | Mineral de alteración producto de la hidratación de anhidritas | |
| Calcita | 1 | Vetillas | Mineral de alteración, se presenta rellenado vetillas | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Cristales diseminados. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(2%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,3 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Bornita | 1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral primario a partir de un fundido, cristales diseminados en la rica de tamaño variado. |
| Calcosina/Digenita | 0,2 | Diseminado | Remplazo | Remplazo a partir de bornita. |
| Molibdenita | 0,3 | Diseminado y vetillas | Relleno de espacios | Presente en vetilla y halo de vetilla principal |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración potásica intensa con sobre imposición de alteración fílica moderada | | | |
| **Otras Características** | Vetilla con halo fílico y potásico , rellena de cuarzo, anhidrita y calcita, tipo D | | | |

| **Muestra** | **E.E7a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Obliterada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(97,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 10 | Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales. | |
| Feld-K | 15 | Diseminado | Mineral de origen magmático y alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Plagioclasas | 25 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Mica Blanca | 15 | Diseminado y Vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y en asociación con anhidrita formando un leve halo. | |
| Anhídrita | 5 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con cuarzo secundario | |
| Clorita | 2 | Reemplazo | Mineral hidrotermal, reemplazando la biotita, formas subhedrales y tamaños aproximados de 0,1 mm | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(2,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Molibdenita | 1 | Vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, en vetillas, con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,2 mm |
| Calcopirita | 1 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, en vetillas, con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,4 mm |
| Pirita | 0,4 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| Magnetita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración biotítica leve graduando a moderada alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | Se observan vetillas con halos sericítico | | | |

| **Muestra** | **E.F1b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Porfido Dioritico, textura porfídica | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(99,3%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 40 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 20 | Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales. | |
| Plagioclasas | 20 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | Mineral magmático, se observa en bordes de plagioclasas. | |
| Mica Blanca | 3 | Diseminado y Vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y en asociación con anhidrita formando un leve halo. | |
| Anhídrita | 5 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con Qzo secundario | |
| Calcita | 0,5 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con anhidrita | |
| Clorita | 5 | Reemplazo | Mineral hidrotermal, reemplazando la biotita, formas subhedrales y tamaños aproximados de 0,1 mm | |
| Rutilo | 0,8 | Diseminado | Mineral formado por alteración, sobre la roca (asociado a plagioclasas) y en vetillas. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(0,7%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,1 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Bornita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| Calcosina | 0,1 | Diseminado y vetillas | Reemplazo | Mineral formado por reemplazo de CPY y Bo |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración biotítica fuerte, y leve alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | Se observan vetillas con Qzo mayoritario y Anh en menor proporcion. | | | |

| **Muestra** | **E.F2b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada, litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(97%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 40 | Diseminado y vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma subhedral. | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | | |
| Plagioclasas | 25 | Diseminado | Cristales subhedrales, de tamaños variados, presentan una alteración muy insipiente en algunos de ellos. | |
| Mica Blanca | 2 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Turmalina | 0,5 | Diseminado | Mineral de alteración dispuesto de manera diseminada en la roca. | |
| Biotita secundaria | 8 | Diseminado | Mineral de alteración, como agregados muy finos y diseminados en la roca. | |
| Clorita | 4 | Diseminado | Mineral de alteración a partir de alteración de biotitas u otros máficos existentes originalmente. | |
| Anhídrita | 8 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente en vetillas en asociación con cuarzo y diseminado en la roca | |
| Yeso | 2 | Vetillas | Mineral de alteración, a partir de la hidratación de anhidrita. | |
| Calcita | 1 | Vetillas | Mineral de relleno en vetillas. | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Diseminado en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(3%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva , relleno de espacios | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Molibdenita | 0,2 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva relleno de espacios | Cristales diseminados y asociada a calcopiritas y anhidrita + cuarzo en vetillas. |
| Bornita | 2 | Diseminado vetillas | Sucesión pasiva, relleno de espacios | Sucesión pasiva con calcopirita y alterada a minerales secundarios como Calcosina/Digenita y Covelina |
| Calcosina/Digenita | 0,3 | Diseminado | Remplazo | Alteración de Bornita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración potásica intensa con sobreimposición de alteración fílica moderada. | | | |
| **Otras Características** | Vetillas de tipo D con gran contenido de cuarzo y anhidrita y minerales de mena como calcopirita y bornita. | | | |

| **Muestra** | **E.F2c** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura hipidiomorfica granular de grano medio, litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(90%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 20 | Diseminado y vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita secundaria | 20 | Diseminado y Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales. | |
| Plagioclasas | 35 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedral y de tamaño superior a los 0,5 mm. | |
| Feld-K | 6 | Diseminado | Asociado a alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Mica Blanca | 5 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Clorita | 1 | Diseminado | Mineral de alteración | |
| Calcita | 0,5 | Diseminado | Mineral en vetillas en asociación con anhidrita y cuarzo secundario. | |
| Anhidrita | 7 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente en vetillas en asociación con cuarzo y diseminado en la roca | |
| Yeso | 3 | Vetillas | Mineral de alteración, a partir de la hidratación de anhidrita. | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Diseminado en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(10%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva , relleno de espacios | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Bornita | 1 | Diseminado vetillas | Sucesión pasiva, relleno de espacios | Sucesión pasiva con calcopirita y alterada a minerales de mena secundarios como Calcosina/Digenita y Covelina |
| Calcosina/Digenita | 0,2 | Diseminado | Remplazo | Alteración de Bornita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración potásica intensa con sobreimposición de alteración fílica moderada. | | | |
| **Otras Características** | Vetillas de tipo D con gran contenido de cuarzo y anhidrita y minerales de mena como calcopirita y bornita. | | | |

| **Muestra** | **E.F3a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada, litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(95%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 40 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Feld-K | 15 | Diseminado | Mineral magmático, se observa con una alteración sobreimpuesta sobre los cristales. | |
| Mica Blanca | 30 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Calcita | 1 | Vetillas | Mineral en vetillas en asociación con anhidrita y cuarzo secundario. | |
| Anhídrita | 5 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente en vetillas en asociación con cuarzo y diseminado en la roca | |
| Yeso | 2 | Vetillas | Mineral de alteración, a partir de la hidratación de anhidrita. | |
| Arcillas | 1 | Diseminado | Mineral formado por alteración de feldespatos en su totalidad. | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 3,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva , relleno de espacios | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Molibdenita | 0,3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva relleno de espacios | Cristales diseminados y asociada a calcopiritas y anihidrita + cuarzo en vetillas. |
| Bornita | 1 | Diseminado vetillas | Sucesión pasiva, relleno de espacios | Sucesión pasiva con calcopirita y alterada a minerales de mena secundarios como Calcosina/Digenita y Covelina |
| Calcosina/Digenita | 0,1 | Diseminado | Remplazo | Alteración de Bornita |
| Covelina | 0,1 | Diseminado | Remplazo | Alteración de Bornita y Calcosina/Digenita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa, con alteración argílica moderada | | | |
| **Otras Características** | Vetillas de tipo D con gran contenido de cuarzo y anhidrita y minerales de mena como calcopirita y bornita. | | | |

| **Muestra** | **E.F5a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Obliterada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(95%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 20 | Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales. | |
| Plagioclasas | 27 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Mica Blanca | 10 | Diseminado y Vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y en asociación con anhidrita formando un leve halo. | |
| Anhídrita | 5 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con Qzo secundario | |
| Yeso | 3 | Diseminado | Mineral de alteración, producto de hidratación de Anhidrita | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | Mineral asociado a bordes de plagioclasas. | |
| Rutilo | 1,5 | Diseminado | Mineral a partir de fundido, diseminado en la roca. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,4 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Bornita | 2,5 | Vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| Calcosina | 0,3 | Diseminado | Reemplazo | Mineral formado por reemplazo de Calcopirita y Bornita |
| Covelina | 0,2 | Diseminado | Reemplazo | Mineral formado por reemplazo de Calcopirita y Bornita. |
| Molibdenita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Cristales diseminados y asociados a calcopiritas. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración biotítica intensa, y leve alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | Se observan vetillas con Anh mayoritaria y Qzo en menor proporción. | | | |

| **Muestra** | **F5b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Pórfido Dioritico | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(94%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 10 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 10 | Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales. | |
| Plagioclasas | 50 | Diseminado | Minerales subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. Algunos de ellos se observan solo sus bordes | |
| Piroxeno / Anfíbol | 15 | Diseminado | Mineral formado a partir de cristalización magmática, se dispone en toda la roca y esta levemente alterado. | |
| Feldespato K | 2 | Diseminado | Mineral que se asocia al reemplazo directamente de bordes en las plagioclasas | |
| Mica Blanca | 1 | Diseminado | Mineral de alteración, se observa en asociación de plagioclasas . | |
| Anhídrita | 1 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con Qzo secundario | |
| Clorita | 4 | Diseminado | Mineral que se asocia al reemplazo directamente de biotitas producto de alteración. | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Mineral diseminado en la roca. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(6%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Magnetita | 5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños de 0,1 mm |
| Bornita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| Calcosina | 0,5 | Diseminado y vetillas | Reemplazo | Mineral formado por reemplazo de Bo |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración biotítica moderada. | | | |
| **Otras Características** | Gran cantidad de plagioclasas. | | | |

| **Muestra** | **E.F6b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Indeterminada y textura obliterada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(95,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 5 | Cúmulos | Mineral formado por alteración hidrotermal, diseminado con agregados muy finos y menores a 0,1mm. | |
| Cloritas | 3 | Diseminados | Mineral de alteración a partir de biotitas secundarias. | |
| Plagioclasas | 30 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de menos de 0,1 mm y de forma subhedral a anhedral | |
| Mica Blanca | 5 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhídrita | 2 | Diseminado | Mineral hidrotermal, en un cumulo localmente, y con habito radial, rodeado de sericita y cuarzo secundario. | |
| Yeso | 1 | Diseminado | Mineral de alteración por hidratación de anhidrita. | |
| Calcita | 1 | Vetillas | Mineral hidrotermal que se presenta rellenando vetillas. | |
| Feld-K | 25 | Diseminado | Mineral asociado a bordes de plagioclasas. | |
| Rutilo | 1,5 | Diseminado | Cristales de tamaño pequeño. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(4,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Bornita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva, relleno de espacios | En vetillas rellenando espacios con cuarzo. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa. | | | |
| **Otras Características** | Se observan vetillas de grosor variado rellenas de cuarzo con anhidrita y calcopirita con bornita Tipo D y Tipo 4 | | | |

| **Muestra** | **E.F8a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura porfídica, litología original obliterada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(96,3%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 40 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Mica blanca | 40 | Cúmulos y diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, se presenta diseminado con agregados muy finos menor a 0,1 mm y formas subhedrales, asociado a relictos de plagioclasas. | |
| Plagioclasas | 5 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Anhídrita | 6 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con cuarzo secundario | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | Mineral asociado a plagioclasas, se ubica en los bordes de estas. | |
| Rutilo | 0,3 | Diseminado | Asociado por lo general a Calcopirita y Bornita | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(3,7%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 1,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Bornita | 2 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. |
| Calcosina | 0,1 | Diseminado y vetillas | Reemplazo | Mineral formado por reemplazo de CPY y Bo |
| Digenita | 0,1 | Diseminado y vetillas | Reemplazo | Mineral se encuentra asociado junto con calcosina reemplazando a la bornita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Fuerte alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | Se observan vetillas con Anhidrita mayoritaria y en igual proporción vetilla con Cuarzo, las plagioclasas se encuentran fuertemente alteradas a mica blanca (Sericita) | | | |

| **Muestra** | | **E.D1a** | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | | Esmeralda | | |
| **Litología y textura original** | | Textura hipidiomorfica granular, litología original indeterminada. | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(88,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 10 | Diseminado | Mineral formado por depositación directa, se encuentran como cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral, frecuentemente con embahiamiento. | |
| Cuarzo Secundario | 20 | Diseminado y vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Clorita | 2 | Diseminadas y cúmulos | Mineral de alteración, a partir de biotitas secundarias, las cuales se encuentran totalmente alteradas | |
| Plagioclasas | 5 | Diseminado | Mineral formado por depositación directa, se presenta diseminado, en cristales de menos de 0,1 mm y de forma subhedral a anhedral, los cristales se muestran alterados a mica blanca en su mayoría pero mantienen las maclas y su forma pero semi digerida, demás se observan alteración a feldespato potásico | |
| Feldespato-K | 5 | Diseminado | Mineral formado por alteración , se encuentra en bordes de plagioclasas. | |
| Mica Blanca | 30 | Diseminado y vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. Se observa además en vetillas | |
| Anhidrita | 10 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, diseminado principalmente y en los bordes de la vetilla principal. | |
| Yeso | 5 | Diseminado y vetillas | Mineral de alteración , producto de la hidratación de anhidrita | |
| Arcillas | 1 | Diseminado | Mineral formado por alteración, sobre la roca (asociado a plagioclasas) y en vetillas. | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Diseminado en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(11,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Pirita | 4 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm. La Vetilla presenta piritas asociadas a calcopiritas |
| Calcopirita | 7 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva | Cristales diseminados de tamaño reducido, y vetilla con cristales de gran tamaño (5 mm) envolviendo parcial y totalmente a cristales de pirita. |
| Hematita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | En sucesión pasiva con pirita |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | | Alteración Fílica intensa. | | |
| **Otras Características** | | Presencia de vetilla de tipo D, rellana de cuarzo anhidrita, calcopirita y pirita, con un halo de sericita. | | |

| **Muestra** | | **E.D1b** | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | | Esmeralda | | |
| **Litología y textura original** | | Textura hipidiomorfica granular alterada, litología original indeterminada. | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(93%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado y vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 5 | Cúmulos y diseminada | Cúmulos locales, alterados parcialmente a clorita, y en estrecha relación con cuarzos secundarios. | |
| Clorita | 5 | Diseminadas y cúmulos | Mineral de alteración, a partir de biotitas secundarias las cuales se encuentran parcialmente alteradas. | |
| Plagioclasas | 15 | Diseminado | Mineral formado por depositación directa, se presenta diseminado en cristales de menos de 0,1 mm y de forma subhedral a anhedral, los cristales se muestran semi digerido y recristalizados en los bordes | |
| Feld-K | 7 | Diseminado | Mineral de alteración en bordes de plagioclasas. | |
| Mica Blanca | 25 | Diseminado y vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. Se observa además en vetillas y como halo de la veta principal. | |
| Anhidrita | 10 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, diseminado principalmente y en los bordes de la vetilla principal. | |
| Arcillas | 0,5 | Diseminado | Mineral formado por alteración, sobre la roca (asociado a plagioclasas) y en vetillas. | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(7%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Pirita | 2 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm. La Vetilla presenta piritas asociadas a calcopiritas |
| Calcopirita | 4 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva | Cristales diseminados de tamaño reducido, y vetilla con cristales de gran tamaño (5 mm) envolviendo parcial y totalmente a cristales de pirita. |
| Magnetita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral Asociado a calcopirita |
| Hematita | 0,5 | Diseminado | Remplazo | Remplazo a partir de magnetita. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | | Alteración Fílica intensa. | | |
| **Otras Características** | | Presencia de vetilla de tipo D , rellana de cuarzo anhidrita , calcopirita y pirita , con un halo de sericita. | | |

| **Muestra** | **E.D2a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada, litología original indeterminada. | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(91,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 5 | Diseminado | Mineral formado por depositación directa, se encuentran como cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral, frecuentemente con embahiamiento. | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado y vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 5 | Diseminada | Cristales diseminados y dispuestos aisladamente, no se observan cúmulos ni relación directa con algún mineral. | |
| Oxihorblenda | 2 | Diseminada | Cristales con alteración sobreimpuesta de calcita, evidenciada por el clivaje que se distingue en dichos cristales. | |
| Clorita | 3 | Diseminada | Mineral de alteración , cristales diseminados , a partir de plagioclasas, las cuales están totalmente alteradas. | |
| Feldespato-K | 5 | Diseminadas | Mineral de alteración, a partir plagioclasas las cuales se encuentran totalmente alteradas. | |
| Mica Blanca | 30 | Diseminado y vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. Se observa además en vetillas | |
| Anhidrita | 10 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, diseminado principalmente y en los bordes de la vetilla principal. | |
| Yeso | 5 | Diseminado y vetillas | Mineral de alteración , producto de la hidratación de anhidrita | |
| Arcillas | 1 | Diseminado | Mineral formado por alteración, sobre la roca (asociado a plagioclasas) y en vetillas. | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Diseminado en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(8,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Pirita | 5 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva relleno de espacios | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm. La Vetilla presenta piritas asociadas a calcopiritas |
| Calcopirita | 3 | Diseminado y Vetillas | Sucesión pasiva y relleno de espacios | Cristales diseminados de tamaño reducido, y vetilla con cristales de gran tamaño (5 mm) envolviendo parcial y totalmente a cristales de pirita. |
| Molibdenita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Cristales aislados de tamaño bajo 2 mm sin relación con otros minerales de mena |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa. | | | |
| **Otras Características** | Presencia de vetilla de tipo D, rellana de cuarzo anhidrita, calcopirita y pirita sin halo. | | | |

| **Muestra** | **E.D3a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Obliterada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(81,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 15 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 3 | Cúmulos | | |
| Plagioclasas | 10 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de menos de 0,1 mm y de forma subhedral a anhedral | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | | |
| Mica Blanca | 25 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Clorita | 15 | Diseminado | | |
| Anhídrita | 7 | Diseminado | Mineral hidrotermal, en un cumulo localmente, y con habito radial, rodeado de sericita y cuarzo secundario. | |
| Turmalina | 0,5 | Diseminado | | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Mineral formado por alteración, sobre la roca (asociado a plagioclasas) y en vetillas. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(18,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Pirita | 14 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Calcopirita | 4,5 | Diseminada | Sucesión Pasiva | Cristales diseminados en la roca , asociados a piritas. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa. | | | |
| **Otras Características** | Vetillas con halos cloríticos, sulfuros mayoritarios y Qzo en menor proporción que Anh, la Py se encuentra en mayor proporción que los otros sulfuros. | | | |

| **Muestra** | **E.D4a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura porfídica ,litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(92%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 10 | Diseminado | Mineral magmático formado por depositación directa, en cristales de tamaño variado < 0,5 mm de forma anhedral y con leve digestión de cristales (embahiamiento) | |
| Cuarzo Secundario | 25 | Diseminado y en vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizado en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 5 | Diseminado | Cúmulos locales, alterados parcialmente a clorita, y en estrecha relación con cuarzos secundarios. | |
| Plagioclasas | 3 | Diseminada | Mineral primario producto de la cristalización fraccionada. | |
| Clorita | 2 | Diseminado y cúmulos | Mineral de alteración a partir de biotitas secundarias y de oxihorblendas. | |
| Mica Blanca | 30 | Diseminado y cúmulos | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhidrita | 10 | Diseminado | Mineral hidrotermal, con cristales aislados. | |
| Yeso | 1 | Vetillas y diseminado | Mineral de alteración producto de hidratación de anhidrita. | |
| Feld-K | 5 | Diseminado | Mineral asociado a los bordes de plagioclasas. | |
| Accesorios | 0,5 | Diseminado | Diseminados en la roca. | |
| Rutilo | 0.5 | Diseminado | Diseminados en la roca. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(8%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, principalmente (90%) diseminado con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm en asociación con piritas. |
| Pirita | 5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Asociada a Calcopirita y principalmente en vetillas con cristales de gran tamaño. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica intensa. | | | |
| **Otras Características** | Se observan micro vetillas rellenas de cuarzo y yeso | | | |

| **Muestra** | E.D5a | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Pórfido diorítico | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(96,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo primario | 30 | Diseminado | Mineral formador de roca original, formas anhedrales y tamaños aproximados de 0,5 mm | |
| Biotita primaria | 5 | Diseminado | Mineral formador de roca original, formas subhedrales y tamaños aproximados de 0,5 mm | |
| Feld-K | 15 | Diseminado | Mineral asociado a los bordes de plagioclasas. | |
| Plagioclasas | 35 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Mica Blanca | 8 | Diseminado y Vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y en asociación con anhidrita formando un leve halo. | |
| Anhídrita | 2 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas | |
| Yeso | 1 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal , producto de la hidratación de la anhidrita, | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. | |
| | | | | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(3,5%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 3 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Calcosina | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,3 mm |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | No se observan contenidos de vetillas. | | | |

| **Muestra** | **E.D6a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Granodiorita | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(97%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 5 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado mayor a 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Cuarzo primario | 10 | Diseminado | Mineral formador de roca original, formas anhedrales y tamaños aproximados de 0,5 mm | |
| Biotita primaria | 5 | diseminada | Mineral formador de roca original, formas subhedrales y tamaños aproximados de 0,5 mm | |
| Plagioclasas | 50 | Diseminado | Relictos de mineral, subhedrales y tamaños superiores a los 0,5 mm. | |
| Mica Blanca | 5 | Diseminado y Vetillas | Por alteración, diseminado en toda la roca y en asociación con anhidrita formando un leve halo. | |
| Anhídrita | 0,5 | Vetilla y diseminado | Mineral hidrotermal, se forma en vetillas junto con Qzo secundario | |
| Feldespato K | 20 | Diseminado | Asociado fuertemente a alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Clorita | 3 | Reemplazo | Mineral hidrotermal, reemplazando la biotita, formas subhedrales y tamaños aproximados de 0,1 mm | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(3%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración fílica. | | | |
| **Otras Características** | No se observan contenidos de vetillas. | | | |

| **Muestra** | **E.D6b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura hipidiomórfica granular de grano medio a fino , pórfido Dacítico | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(97%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 5 | Diseminado | Mineral magmático formado por depositación directa, en cristales de tamaño variado < 0,7 mm de forma anhedral | |
| Cuarzo Secundario | 15 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizado en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 2 | Diseminado y cúmulos | Cúmulos locales, alterados parcialmente a clorita, y en estrecha relación con cuarzos secundarios. | |
| Plagioclasas | 45 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de tamaño variado y de forma subhedral a anhedral. Se observa la alteración a micas blanca de forma intensa, aun así mantiene la forma y conserva sus maclas características. | |
| Feld-K | 15 | Diseminado | Por alteración de bordes de plagioclasas. Y cristales aislados | |
| Clorita | 3 | Diseminado y cúmulos | Mineral de alteración a partir de biotitas secundarias . | |
| Mica Blanca | 10 | Diseminado y cúmulos | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhidrita | 2 | Diseminado | Mineral hidrotermal, con cristales aislados. | |
| Yeso | 2 | Vetillas | Mineral de alteración producto de la hidratación de anhidrita | |
| Rutilo | 0,4 | Diseminado | Diseminados en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(0,6%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,5 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, principalmente (90%) diseminado con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Molibdenita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Cristales de tamaño pequeño menores a 0,1 mm |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración potásica leve, con cloritización local | | | |
| **Otras Características** | No se observan vetillas | | | |

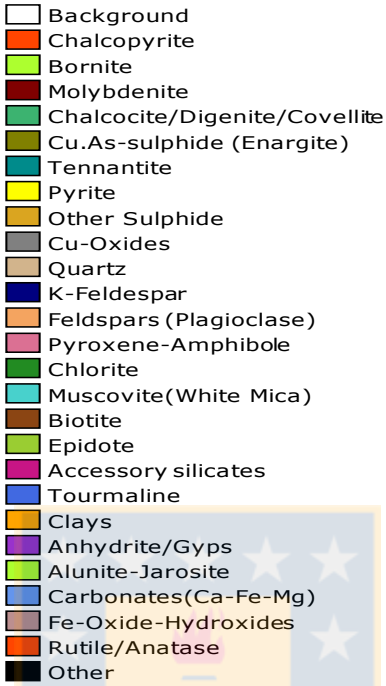
| **Muestra** | **E.D7a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura hipidiomorfica granular de grano medio a fino ,litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(95,5%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 5 | Diseminado | Mineral magmático formado por depositación directa, en cristales de tamaño variado < 0,7 mm de forma anhedral | |
| Cuarzo Secundario | 10 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizado en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita Secundaria | 5 | Diseminado y cúmulos | Cúmulos locales, alterados parcialmente a clorita, y en estrecha relación con cuarzos secundarios. | |
| Oxihorblenda | 2 | Diseminada | Mineral con alteración a clorita y calcitizacion, se observan cristales de Oxihorblenda en medio de cúmulos de biotitas secundarias, alterándose a clorita. | |
| Plagioclasas | 30 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de tamaño variado y de forma subhedral a anhedral. Se observa la alteración a micas blanca de forma intensa, aun así mantiene la forma y conserva sus maclas características. | |
| Feld-K | 30 | Diseminado | Por alteración de bordes de plagioclasas. Y cristales aislados | |
| Clorita | 3 | Diseminado y cúmulos | Mineral de alteración a partir de biotitas secundarias y de Oxihorblenda. | |
| Mica Blanca | 3 | Diseminado y cúmulos | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhidrita | 5 | Diseminado | Mineral hidrotermal, con cristales aislados. | |
| Yeso | 1 | Vetillas | Mineral a partir de hidratación de anhidrita | |
| Arcillas | 3 | Diseminado | Mineral formado por alteración, sobre la roca (asociado a plagioclasas) y en vetillas. | |
| Rutilo | 1 | Diseminado | Diseminados en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(2%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 1 | Diseminado y vetillas | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, principalmente (90%) diseminado con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm en asociación con piritas. |
| Bornita | 0,4 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, |
| Magnetita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Asociada a Calcopirita y principalmente en vetillas con cristales de gran tamaño. |
| Hematita | 0,1 | Diseminado | Remplazo | Mineral de remplazo a partir de magnetita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración potásica moderada, con una cloritización insipiente | | | |
| **Otras Características** | Se observan micro vetillas rellenas de cuarzo | | | |

| **Muestra** | **E.D8a** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura obliterada, litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(96%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo Secundario | 20 | Diseminado | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizando en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Mica Blanca | 10 | Diseminado | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Plagioclasas | 40 | Diseminado | Mineral formado por depositación, se observan plagioclasas un alto grado de alteración a mica blanca, y en casos particulares se observan plagioclasas con sus maclas y formas con leve alteración. | |
| Feld-K | 20 | Diseminado | Mineral formado por depositación directa y recristalización, se observa asociado a bordes de plagioclasas. | |
| Clorita | 3 | Diseminado | Mineral de alteración , a partir de biotitas secundarias. | |
| Turmalina | 0,5 | Diseminada y vetillas | Mineral hidrotermal, diseminado en la roca y con hábito radial. | |
| Anhídrita | 3 | Diseminado y vetillas | Mineral hidrotermal, presente en vetillas en asociación con cuarzo y diseminado en la roca | |
| Yeso | 2 | Diseminado y Vetillas | Mineral de alteración, a partir de la hidratación de anhidrita. | |
| Rutilo | 0,5 | Diseminado | Diseminado en la roca | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(1%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm |
| Molibdenita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Cristales en agregados muy finos. No superan los 0,05 mm |
| Bornita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Sucesión pasiva con calcopirita. Remplazo de calcosina/Digenita. |
| Calcosina | 0,1 | Diseminado | Remplazo | Cristales muy pequeños, remplazo de bornita y calcopirita |
| Digenita | 0,1 | Diseminado | Remplazo | Cristales muy pequeños, remplazo de bornita y calcopirita. |
| Enargita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral metálico aislado asociado a calcopirita. |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | Alteración Fílica moderada, con alteración argílica insipiente | | | |
| **Otras Características** | Vetillas de tipo D con gran contenido de cuarzo y anhidrita y minerales de mena como calcopirita y bornita. | | | |

| **Muestra** | **E.D8b** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Sector** | Esmeralda | | | |
| **Litología y textura original** | Textura hipidiomórfica granular ,litología original indeterminada | | | |
| **Mineralogía No Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(96,4%)** | **Ocurrencia** | **Observaciones** | |
| Cuarzo | 1 | Diseminado | Mineral magmático formado por depositación directa, en cristales de tamaño variado < 0,5 mm de forma anhedral y con leve digestión de cristales (embahiamiento) | |
| Cuarzo Secundario | 20 | Diseminado y en vetillas | Mineral formado por alteración hidrotermal, recristalizado en cristales de tamaño variado < 0,3 mm de forma anhedral. | |
| Biotita | 1 | Diseminado | Se observa un cristal de gran tamaño se aspecto rasgado, no se observa alteración a minerales secundarios. Conserva su forma subhedral, entre espacios abiertos del cristal se observa calcita. | |
| Calcita | 1 | Relleno de espacios | Este mineral se encuentra en medio del cristal de biotita (espacios), por depositación directa. | |
| Plagioclasas | 35 | Diseminado | Mineral formado por depositario directa, se presenta diseminado en cristales de tamaño variado y de forma subhedral a anhedral. Se observa la alteración a micas blanca de forma moderada, ya que mantiene la forma y aun conserva sus maclas características. | |
| Feld-K | 15 | Diseminado | Por alteración de bordes de plagioclasas. | |
| Mica Blanca | 20 | Diseminado y cúmulos | Por alteración, diseminado en toda la roca y principalmente en asociación con cuarzo secundario. | |
| Anhidrita | 3 | Diseminado | Mineral hidrotermal, con cristales aislados. | |
| Rutilo | 0,4 | Diseminado | Minerales de formación primaria. | |
| **Mineralogía Metálica** | | | | |
| **Mineral** | **(3,6%)** | **Ocurrencia** | **Textura** | **Observaciones** |
| Calcopirita | 3 | Diseminado | Sucesión pasiva | Mineral formado a partir de un fundido, diseminado en la roca con cristales de tamaños variados desde 0,1 -0,5 mm en asociación con rutilos. |
| Pirita | 0,1 | Diseminado | Sucesión pasiva | Asociada a Calcopirita |
| Molibdenita | 0,5 | Diseminado | Sucesión pasiva | Asociada a Calcopirita |
| | | | | |
| **Alteración Hidrotermal e intensidad:** | | Alteración Fílica intensa. | | |
| **Otras Características** | | Se observan micro vetillas rellenas de cuarzo , biotita con evidente calcitización. | | |

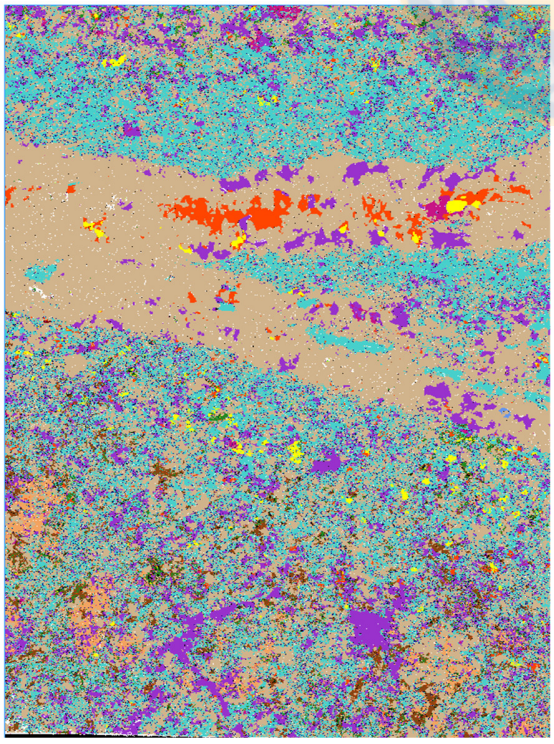
## B) FIELD IMAGE.

- **Leyenda**

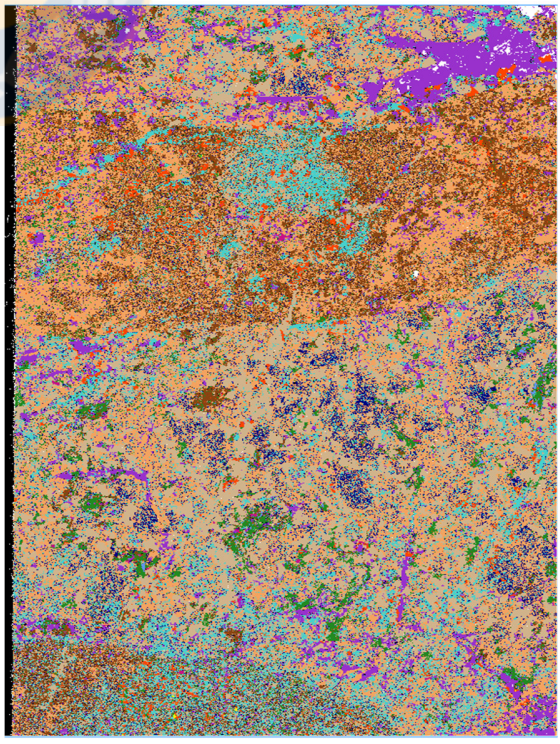



- **Imagenes**

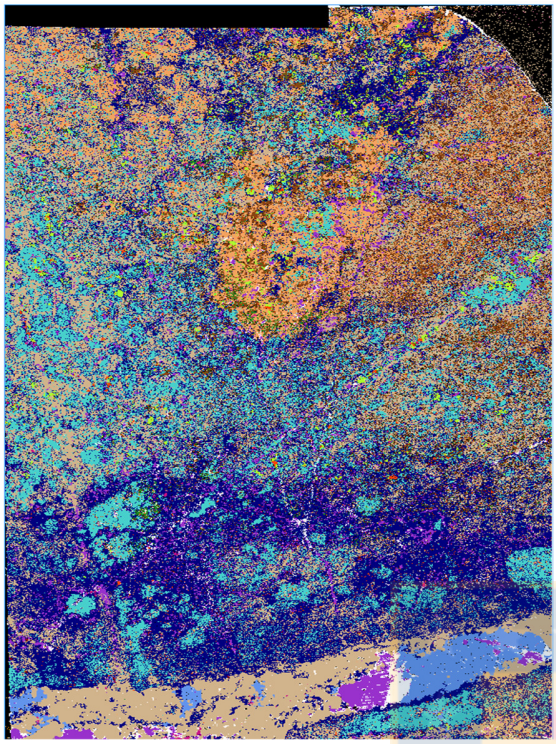
**E.E2a**



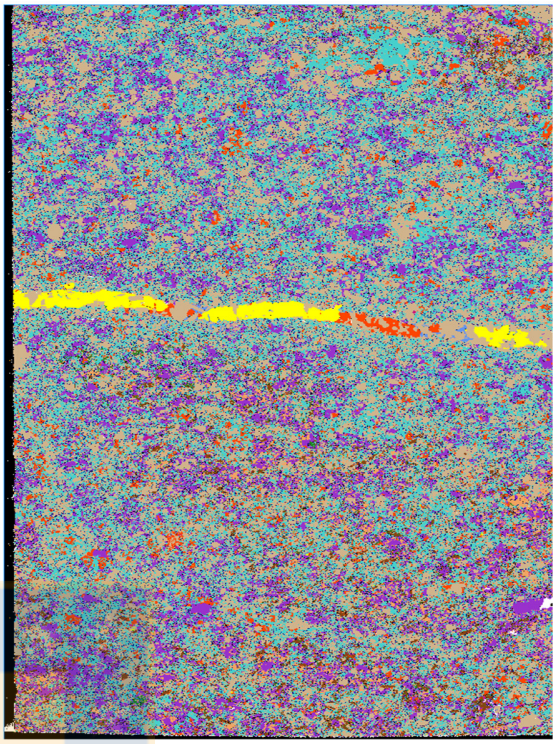
**E.E2c**



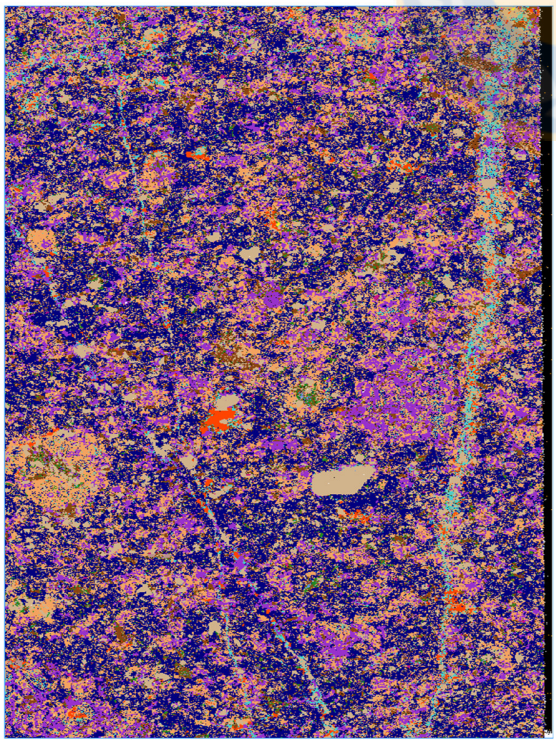
**E.E3b**



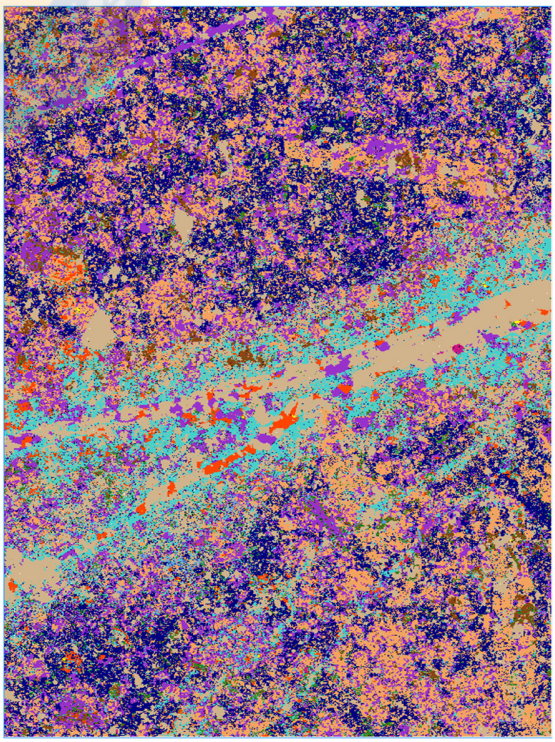
**E.E4a**



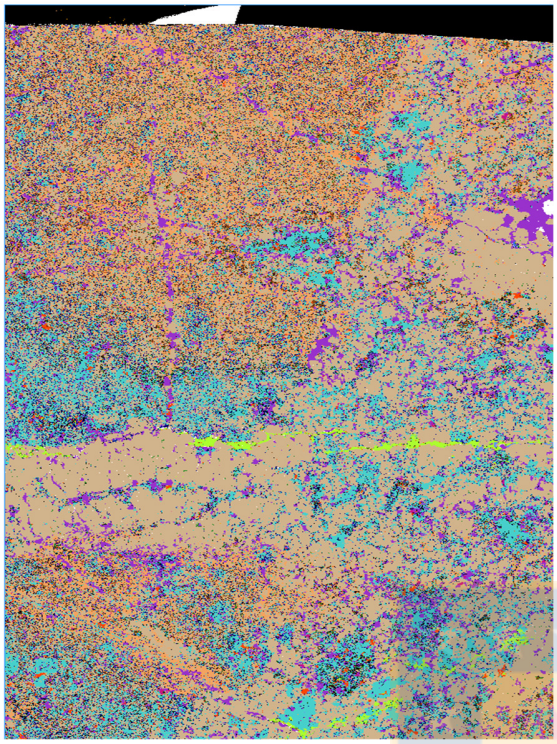
**E.E5a**



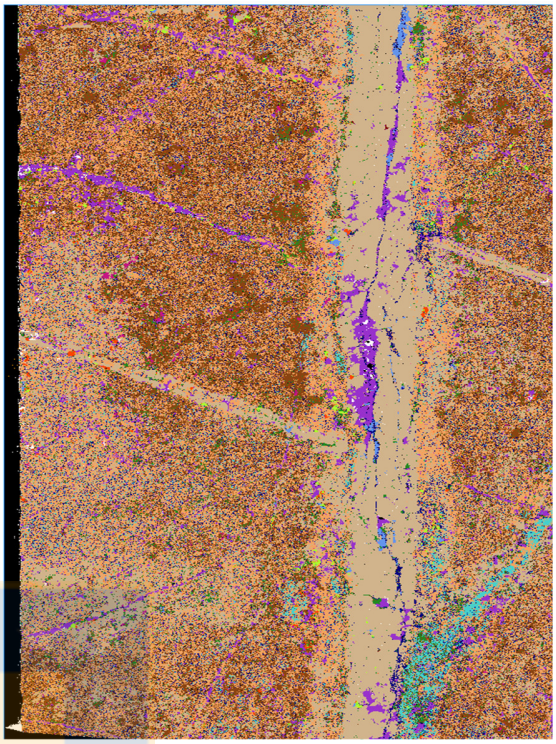
**E.E5b**



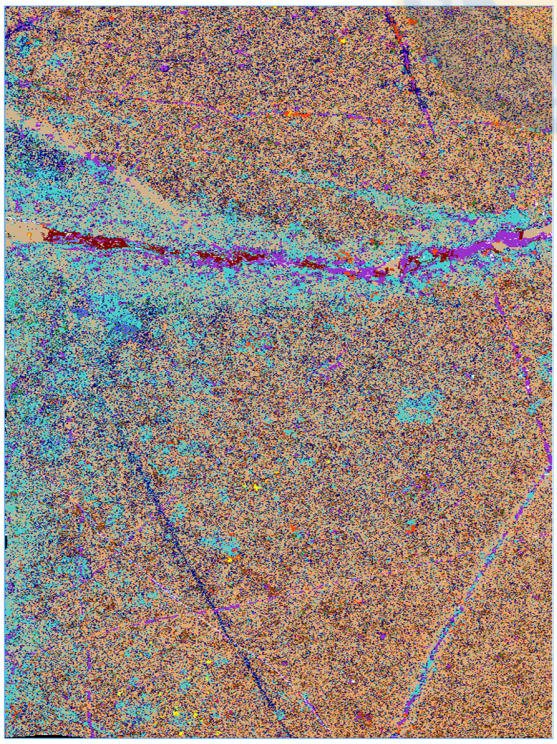
**E.E6a**



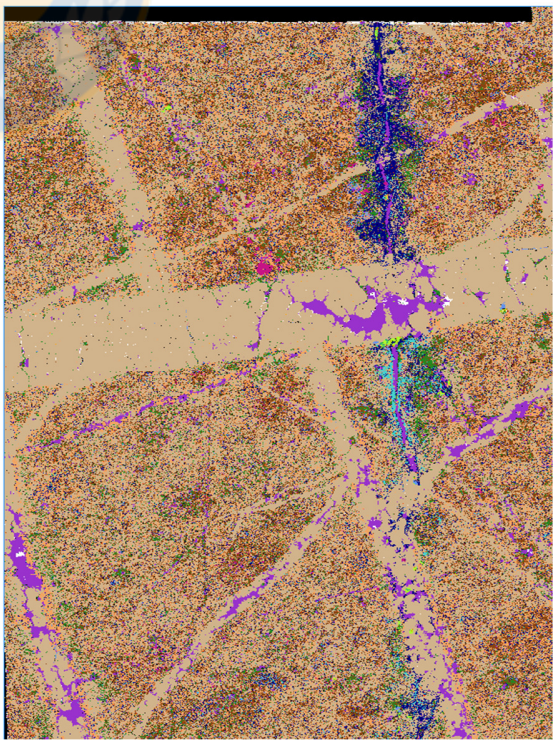
**E.E6b**



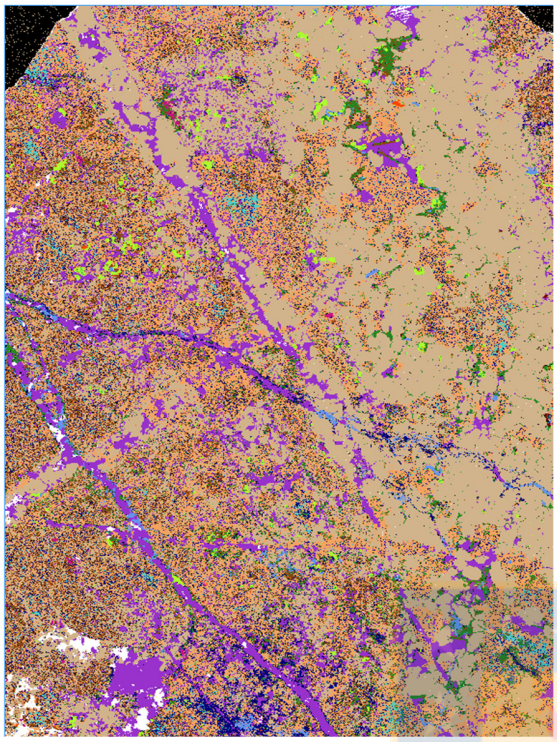
**E.E7a**



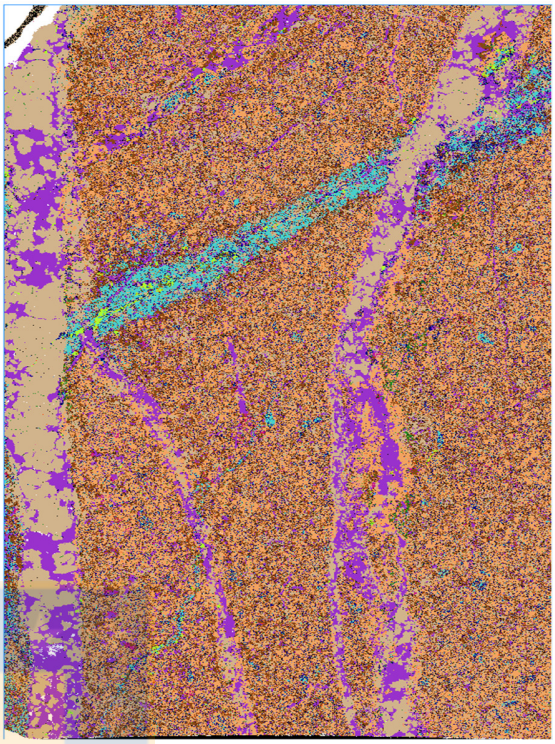
**E.F1b**



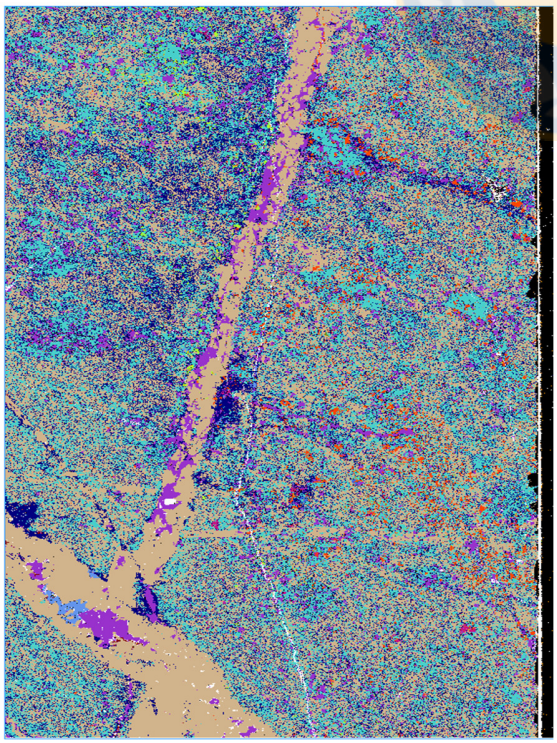
**E.F2b**



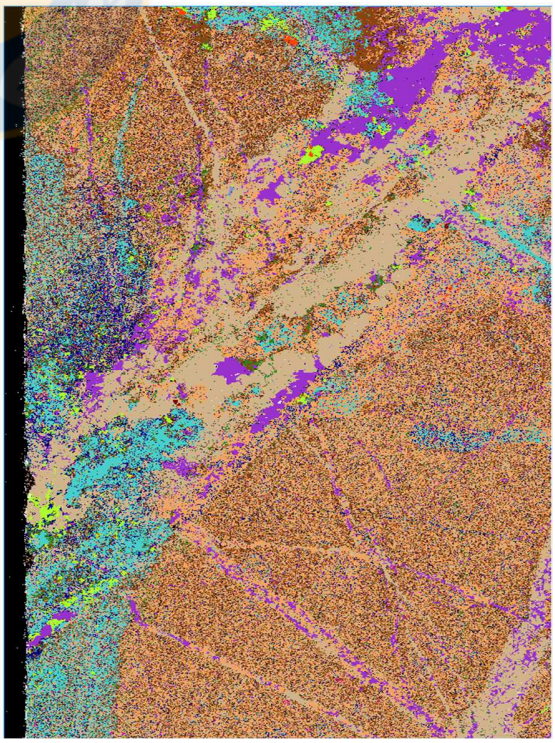
**E.F2c**



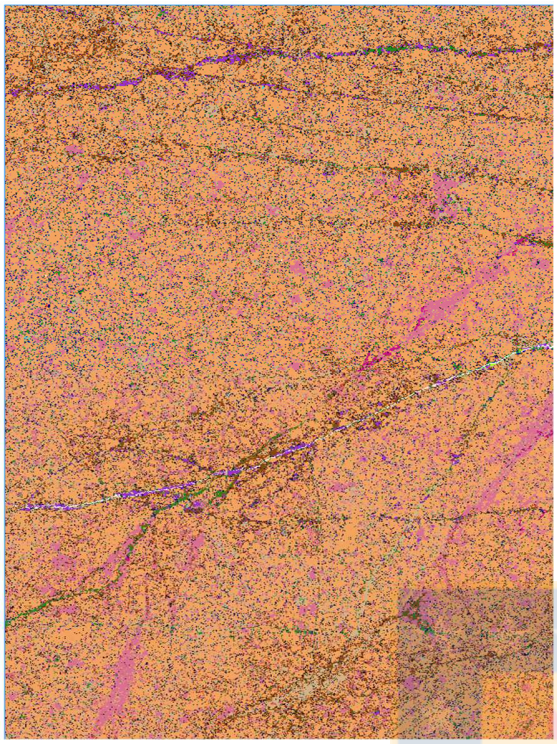
**E.F3a**



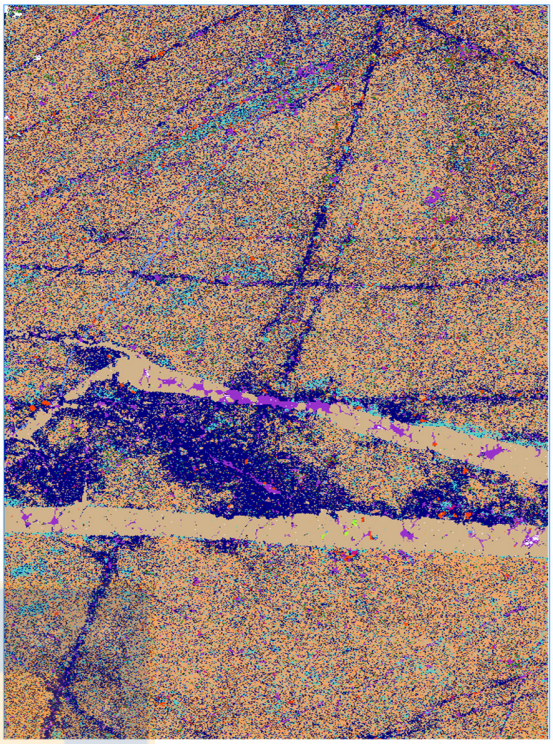
**E.F5a**



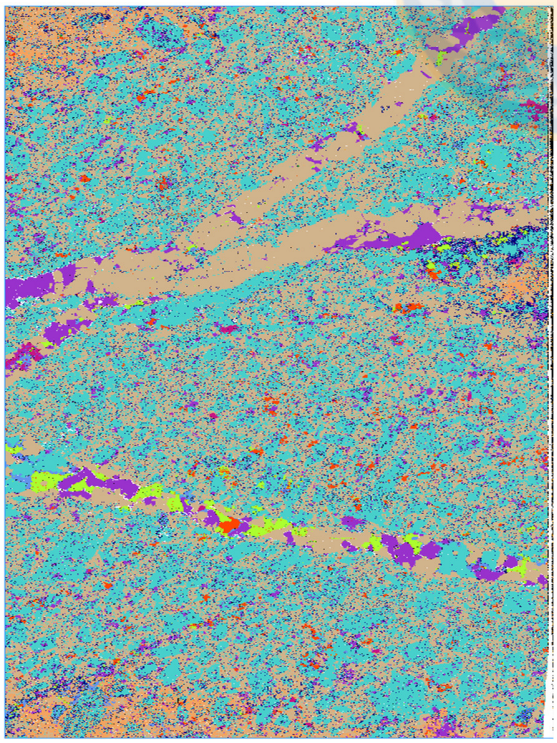
**E.F5b**



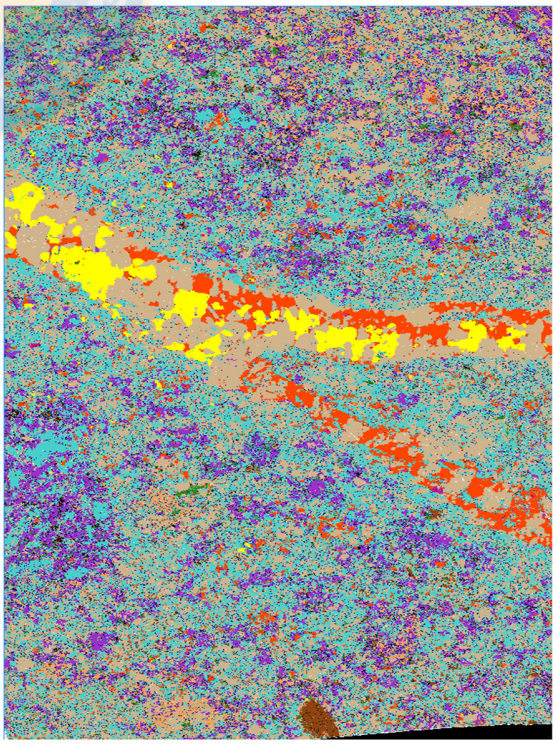
**E.F6b**



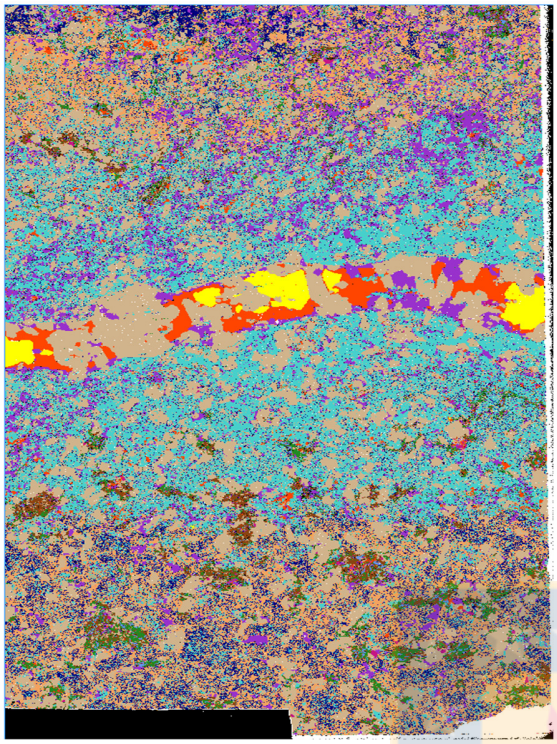
**E.F8a**



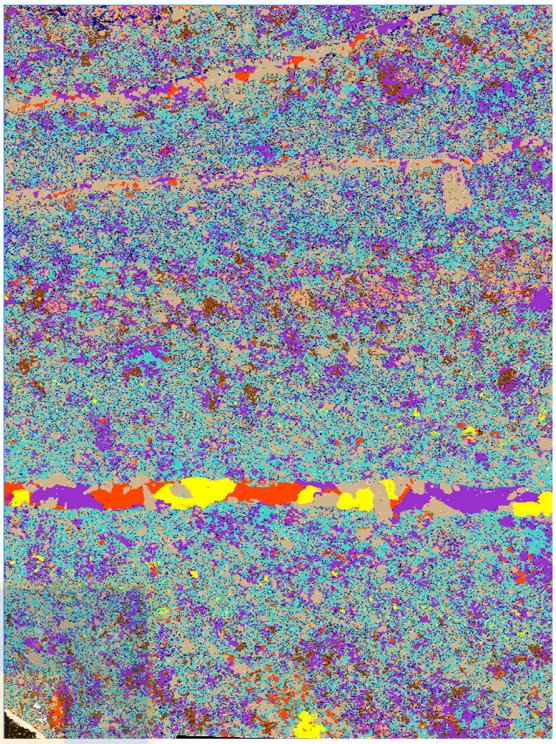
**E.D1a**



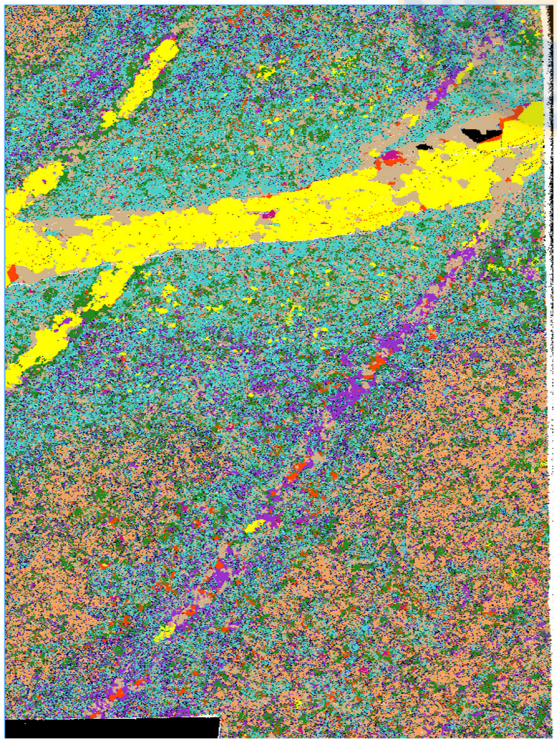
**E.D1b**



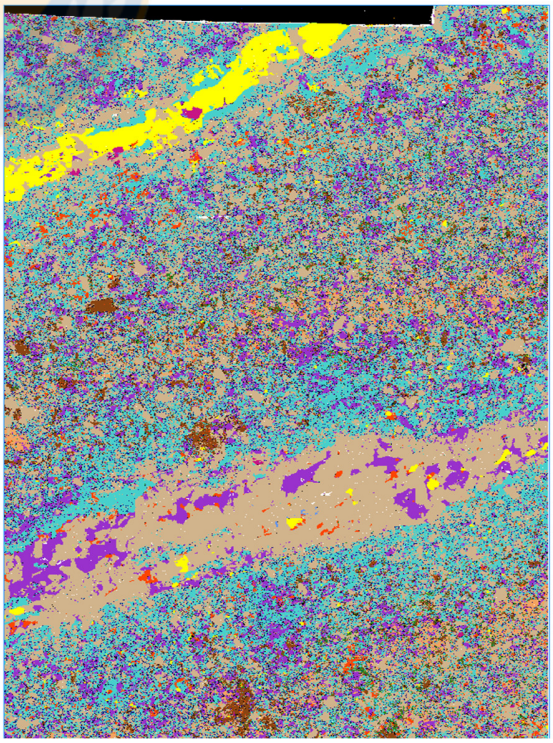
**E.D2a**



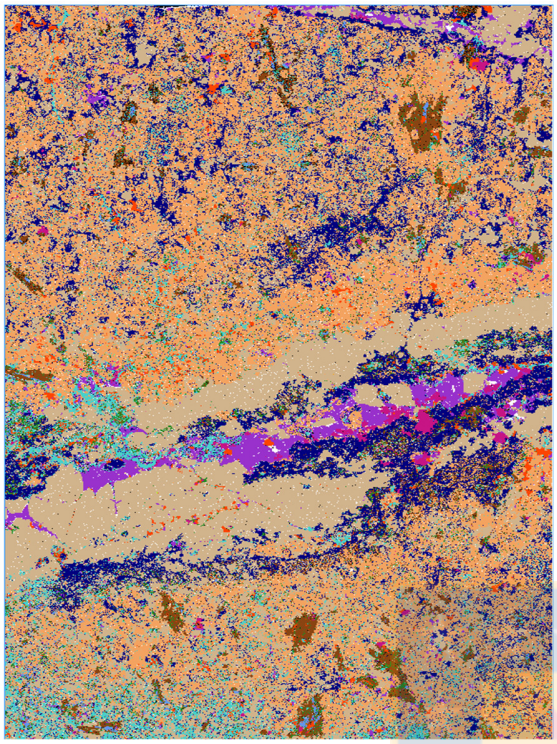
**E.D3a**



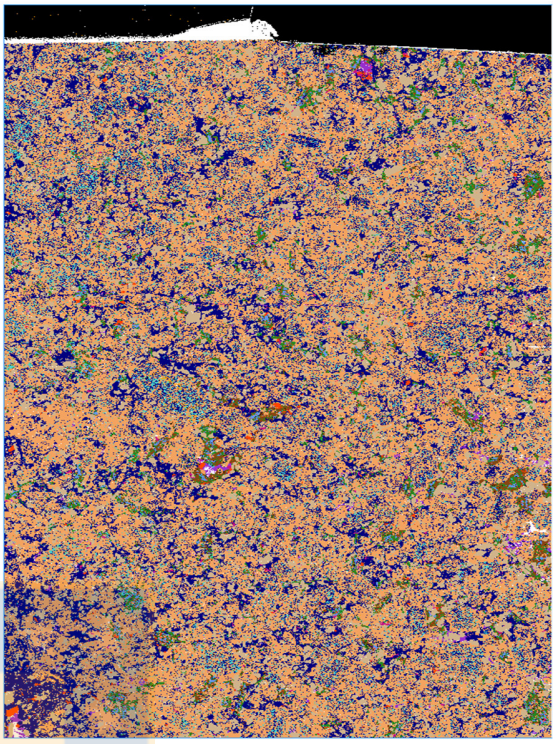
**E.D4a**



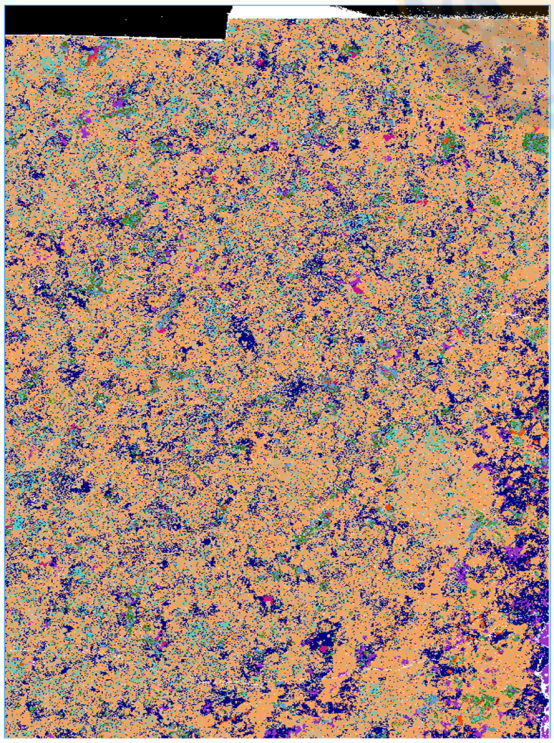
**E.D5a**



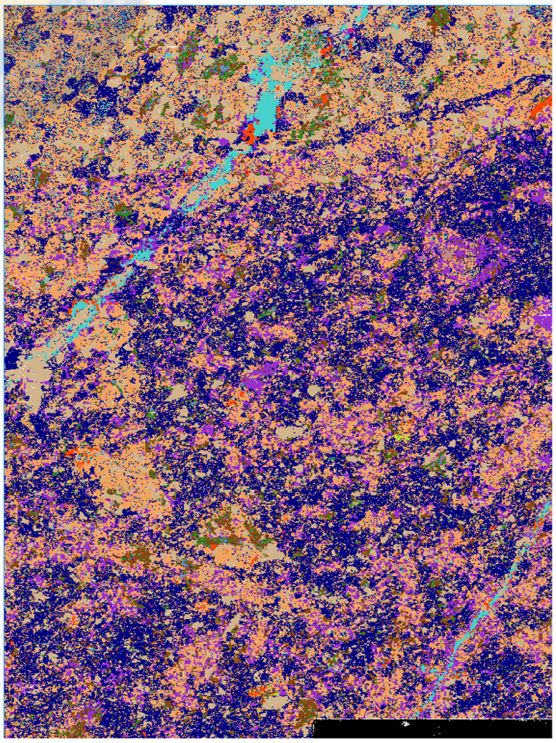
**E.D6a**



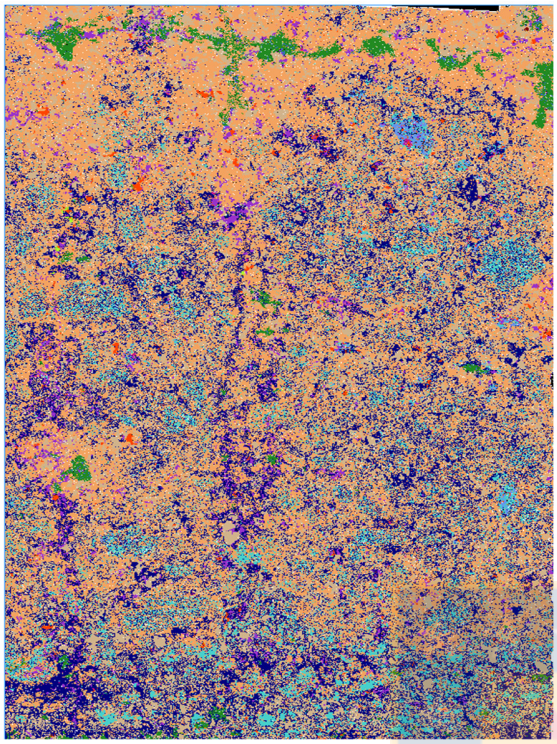
**E.D6b**



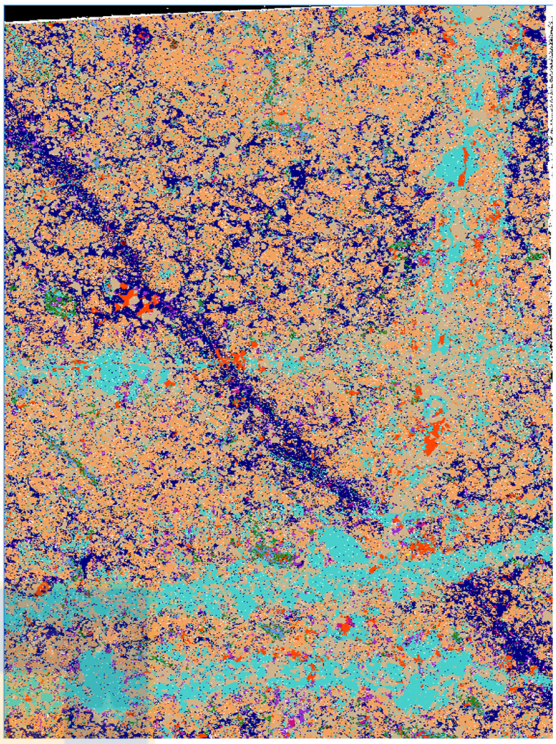
**E.D7a**



**E.D8a**



**E.D8b**



## C) Tablas de contenidos de fases reconocidas por Qemscan mediante FI.

| Muestra | E.D1a | E.D1b | E.D2a | E.D3a | E.D4a | E.D5a | E.D6a | E.D6b | E.D7a | E.D8a | E.D8b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 8,51 | 3,66 | 4,69 | 4,26 | 2,93 | 2,64 | 0,33 | 0,29 | 0,89 | 0,66 | 2,92 |
| Bornita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,07 | 0,00 |
| Molibdenita | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 |
| Calc/Dig/Cov | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 |
| Tenantita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 4,61 | 2,11 | 2,45 | 13,45 | 5,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Otros Sulfuros | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cuarzo | 32,98 | 26,45 | 31,76 | 15,39 | 35,48 | 28,19 | 14,66 | 18,79 | 13,59 | 19,17 | 21,92 |
| Feldespato Potásico | 5,00 | 8,17 | 6,42 | 4,12 | 5,31 | 14,82 | 22,05 | 17,45 | 32,47 | 21,24 | 16,11 |
| Plagioclasas | 3,65 | 15,34 | 1,28 | 10,08 | 3,14 | 35,12 | 48,59 | 47,41 | 29,40 | 43,16 | 33,98 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,16 | 0,14 | 0,03 | 0,17 | 0,06 | 0,13 | 0,28 | 0,22 | 0,13 | 0,17 | 0,16 |
| Clorita | 1,72 | 2,81 | 0,26 | 13,77 | 1,44 | 2,11 | 3,29 | 2,64 | 2,65 | 1,99 | 1,72 |
| Mica Blanca | 28,78 | 25,40 | 30,44 | 21,99 | 27,43 | 7,01 | 5,44 | 8,04 | 2,59 | 8,64 | 17,02 |
| Biotita | 1,43 | 2,60 | 4,20 | 2,68 | 4,49 | 4,37 | 2,37 | 1,30 | 6,65 | 0,02 | 0,57 |
| Epidota | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Otros Silicatos | 0,40 | 0,41 | 0,41 | 0,57 | 0,45 | 1,03 | 0,40 | 0,43 | 0,36 | 0,24 | 0,42 |
| Turmalina | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 |
| Arcillas | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,07 | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,09 | 0,07 |
| Anhidrita/Yeso | 9,10 | 8,34 | 14,80 | 6,68 | 10,81 | 2,71 | 0,51 | 1,41 | 8,80 | 2,80 | 2,47 |
| Alunita-Jarosita | 0,27 | 0,14 | 0,29 | 0,36 | 0,26 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 0,07 |
| Carbonatos | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,13 | 0,00 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,07 |
| Oxidos e Hidroxidos F | 0,06 | 0,06 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,60 | 0,00 | 0,00 |
| Rutilo/Anatasa | 0,55 | 0,63 | 0,39 | 1,28 | 0,47 | 0,46 | 0,76 | 0,53 | 0,55 | 0,51 | 0,57 |
| Otros | 2,65 | 3,66 | 2,40 | 4,82 | 2,59 | 1,19 | 1,16 | 1,41 | 1,13 | 0,79 | 1,89 |

| Muestra | E.E2a | E.E2c | E.E3b | E.E4a | E.E5a | E.E5b | E.E6a | E.E6b | E.E7a |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 2,93 | 3,39 | 0,50 | 5,43 | 1,72 | 3,26 | 1,16 | 0,33 | 1,14 |
| Bornita | 0,00 | 0,00 | 2,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,18 | 0,72 | 0,00 |
| Molibdenita | 0,02 | 0,00 | 0,21 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,86 |
| Calc/Dig/Cov | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,00 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tenantita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 1,49 | 0,03 | 0,01 | 2,04 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,15 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cuarzo | 44,57 | 17,36 | 22,98 | 32,46 | 12,28 | 20,49 | 40,47 | 20,14 | 23,71 |
| Feldespato Potásico | 3,32 | 6,13 | 29,67 | 5,15 | 34,19 | 19,60 | 5,55 | 6,29 | 15,27 |
| Plagioclasas | 1,94 | 33,80 | 8,61 | 2,35 | 21,72 | 19,49 | 17,25 | 34,82 | 23,87 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,03 | 0,19 | 0,03 | 0,03 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,22 | 0,14 |
| Clorita | 1,35 | 4,51 | 0,94 | 0,61 | 2,00 | 2,64 | 1,15 | 3,19 | 1,65 |
| Mica Blanca | 28,04 | 13,42 | 16,92 | 29,01 | 2,90 | 11,73 | 17,62 | 3,02 | 16,30 |
| Biotita | 2,85 | 11,75 | 7,77 | 2,89 | 7,96 | 4,50 | 3,60 | 23,08 | 9,94 |
| Epidota | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Otros Silicatos | 0,53 | 0,38 | 0,30 | 0,30 | 0,41 | 0,40 | 0,44 | 0,44 | 0,61 |
| Turmalina | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,08 |
| Arcillas | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,02 | 0,07 | 0,06 | 0,03 | 0,17 |
| Anhidrita/Yeso | 10,33 | 6,84 | 3,92 | 13,46 | 11,58 | 15,25 | 7,26 | 4,35 | 3,29 |
| Alunita-Jarosita | 0,16 | 0,08 | 0,02 | 0,17 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,08 |
| Carbonatos | 0,00 | 0,01 | 0,64 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,43 | 0,11 |
| Oxidos e Hidroxidos F | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,34 | 0,05 | 0,01 | 0,19 | 0,04 |
| Rutilo/Anatasa | 0,36 | 0,66 | 1,03 | 0,46 | 0,48 | 0,41 | 0,51 | 0,99 | 0,57 |
| Otros | 1,99 | 1,38 | 3,78 | 5,49 | 4,15 | 1,83 | 3,29 | 1,64 | 1,99 |

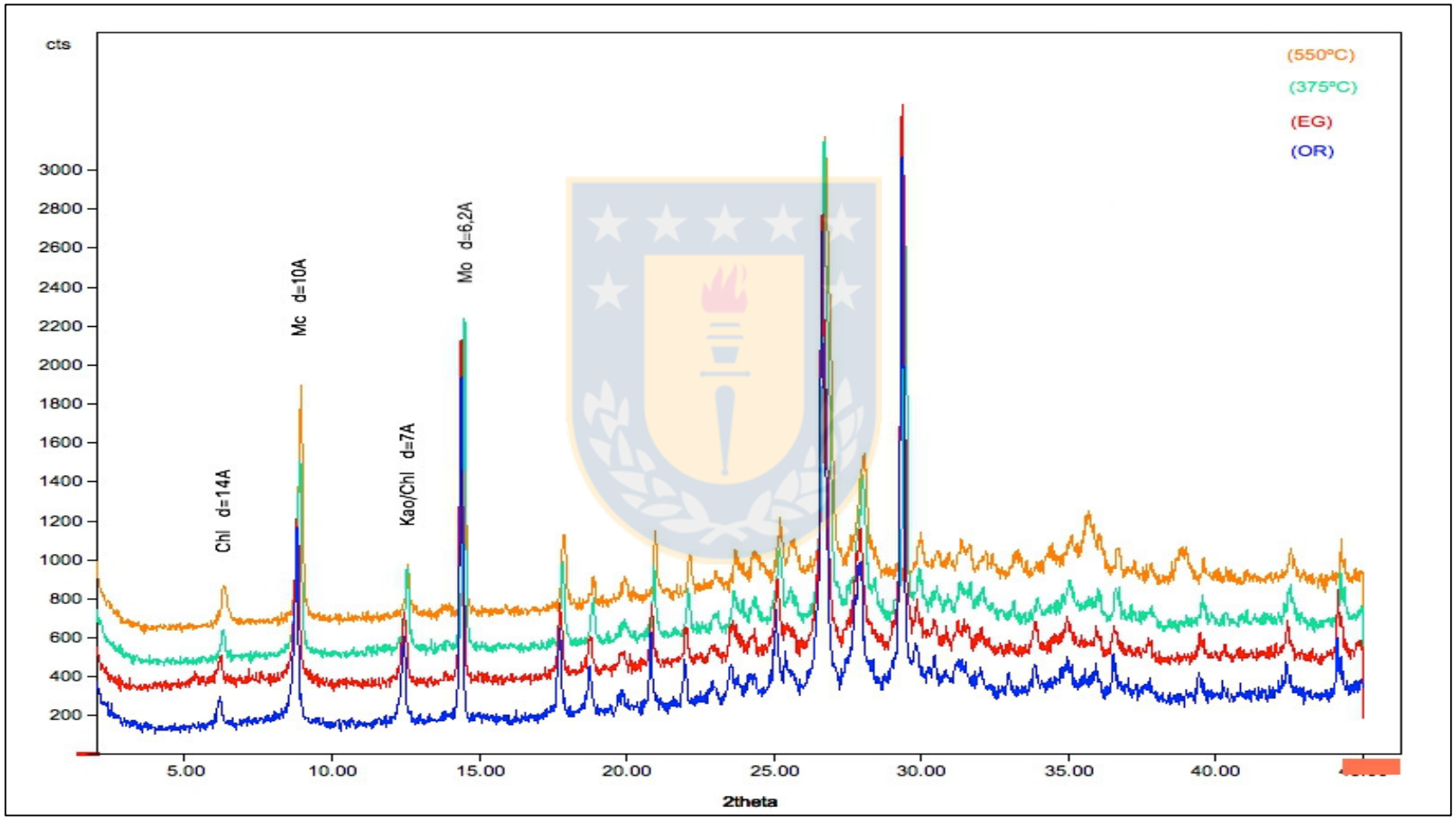
| Muestra | E.F1b | E.F2b | E.F2c | E.F3a | E.F5a | E.F5b | E.F6b | E.F8a | E.F2b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 0,02 | 0,16 | 0,08 | 3,35 | 0,39 | 0,00 | 1,03 | 1,74 | 10,30 |
| Bornita | 0,21 | 2,03 | 0,73 | 0,69 | 2,40 | 0,02 | 0,04 | 2,11 | 0,00 |
| Molibdenita | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,06 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calc/Dig/Cov | 0,04 | 0,20 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,00 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tenantita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,72 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cuarzo | 43,83 | 40,41 | 21,24 | 38,22 | 25,17 | 10,66 | 22,78 | 39,10 | 17,76 |
| Feldespato Potásico | 5,82 | 5,58 | 6,23 | 16,60 | 6,27 | 2,17 | 22,39 | 5,04 | 4,92 |
| Plagioclasas | 19,24 | 24,01 | 31,60 | 0,37 | 26,85 | 50,56 | 30,62 | 3,27 | 0,14 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,43 | 0,28 | 0,17 | 0,03 | 0,16 | 13,11 | 0,59 | 0,04 | 0,01 |
| Clorita | 4,54 | 4,02 | 0,79 | 0,04 | 2,63 | 3,52 | 2,98 | 0,02 | 0,76 |
| Mica Blanca | 1,32 | 1,50 | 3,59 | 29,79 | 7,31 | 0,11 | 7,48 | 41,10 | 34,13 |
| Biotita | 17,42 | 7,49 | 19,57 | 0,02 | 17,45 | 9,02 | 6,02 | 0,01 | 0,86 |
| Epidota | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Otros Silicatos | 0,68 | 0,23 | 0,34 | 0,41 | 0,40 | 0,67 | 0,58 | 0,49 | 0,38 |
| Turmalina | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,09 |
| Arcillas | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,11 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,08 |
| Anhidrita/Yeso | 3,47 | 10,23 | 10,72 | 6,76 | 6,82 | 0,90 | 2,49 | 5,27 | 23,25 |
| Alunita-Jarosita | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,28 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,32 |
| Carbonatos | 0,29 | 0,73 | 0,06 | 0,16 | 0,14 | 0,01 | 0,52 | 0,29 | 0,01 |
| Oxidos e Hidroxidos F | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 4,37 | 0,40 | 0,00 | 0,01 |
| Rutilo/Anatasa | 0,49 | 0,65 | 0,95 | 0,56 | 1,15 | 1,17 | 0,73 | 0,39 | 1,65 |
| Otros | 2,09 | 2,26 | 3,78 | 2,26 | 2,50 | 3,66 | 1,26 | 0,88 | 2,56 |

# ANEXO B

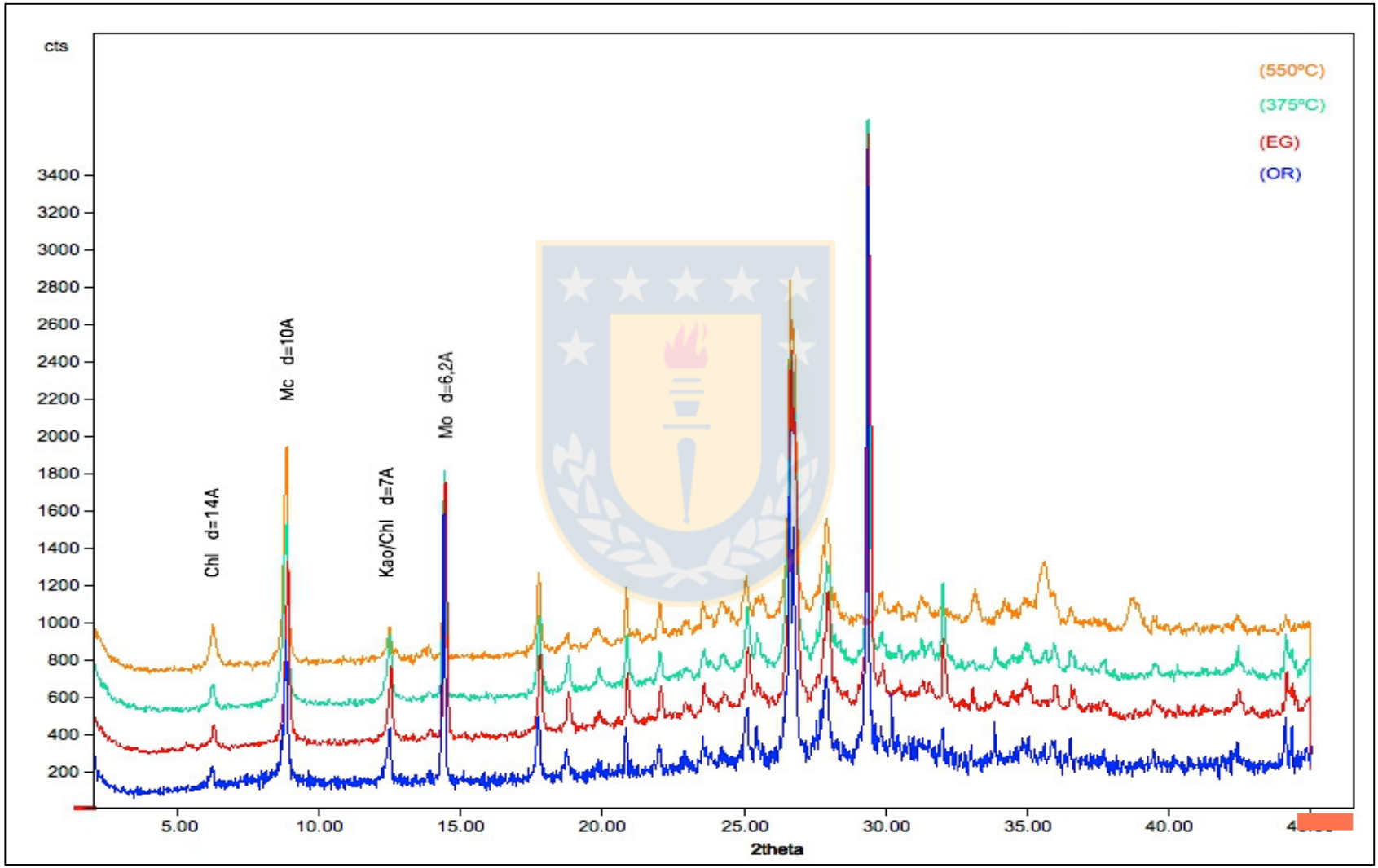
# DIFRACTOGRAMAS

**A) Difractograma de muestras de alimentacion (F).**

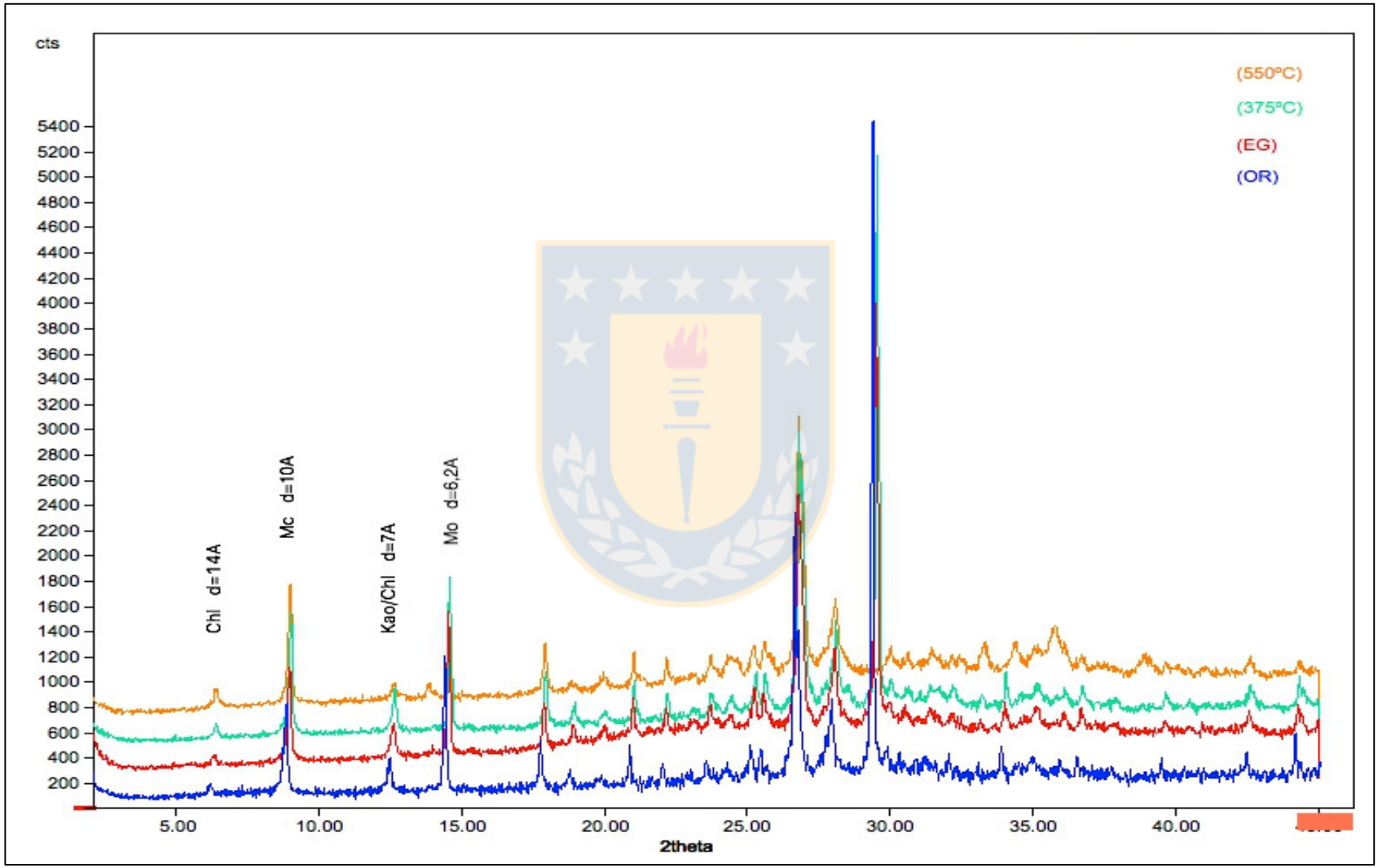
## F-100E



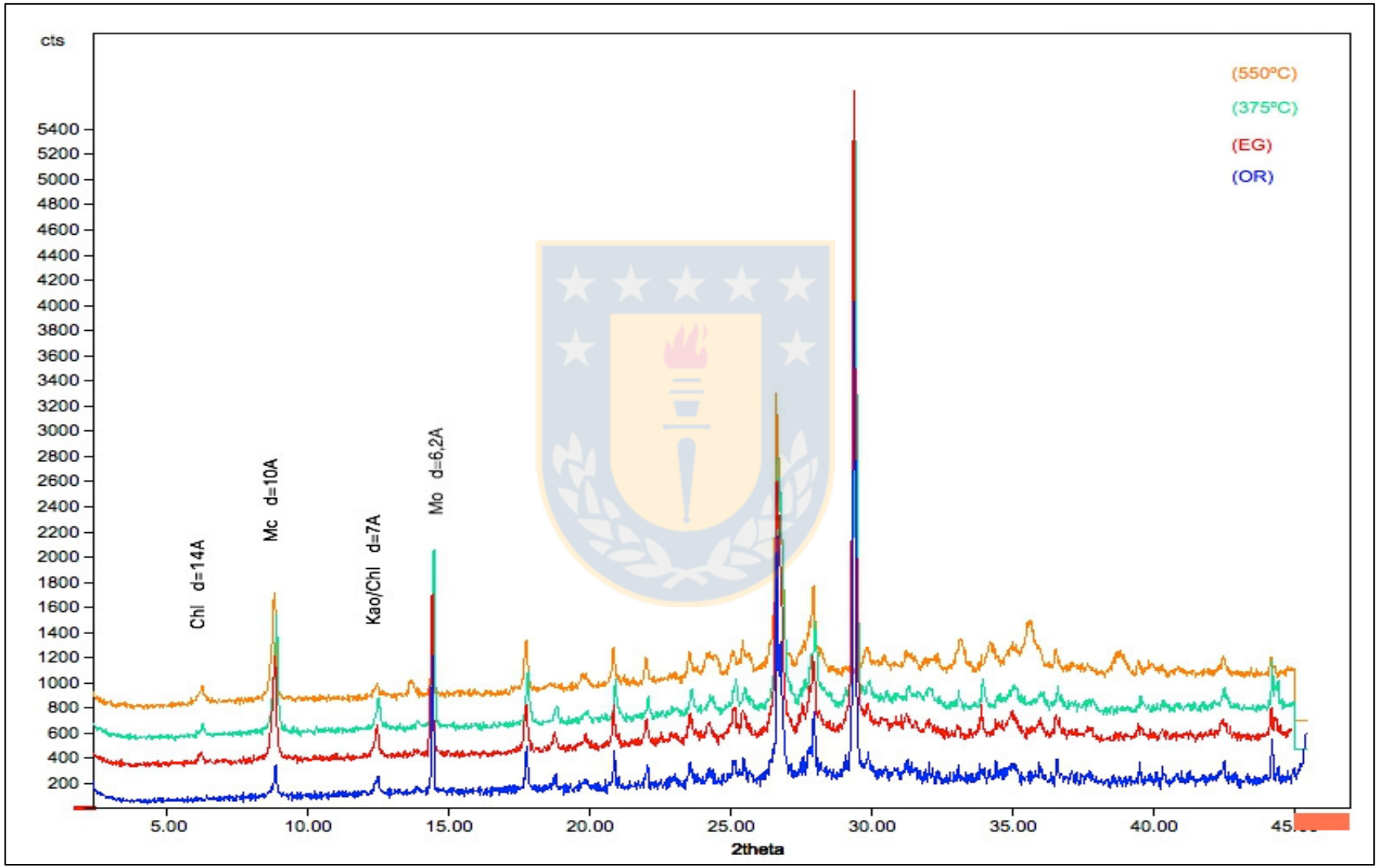
# F-75E/25D


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

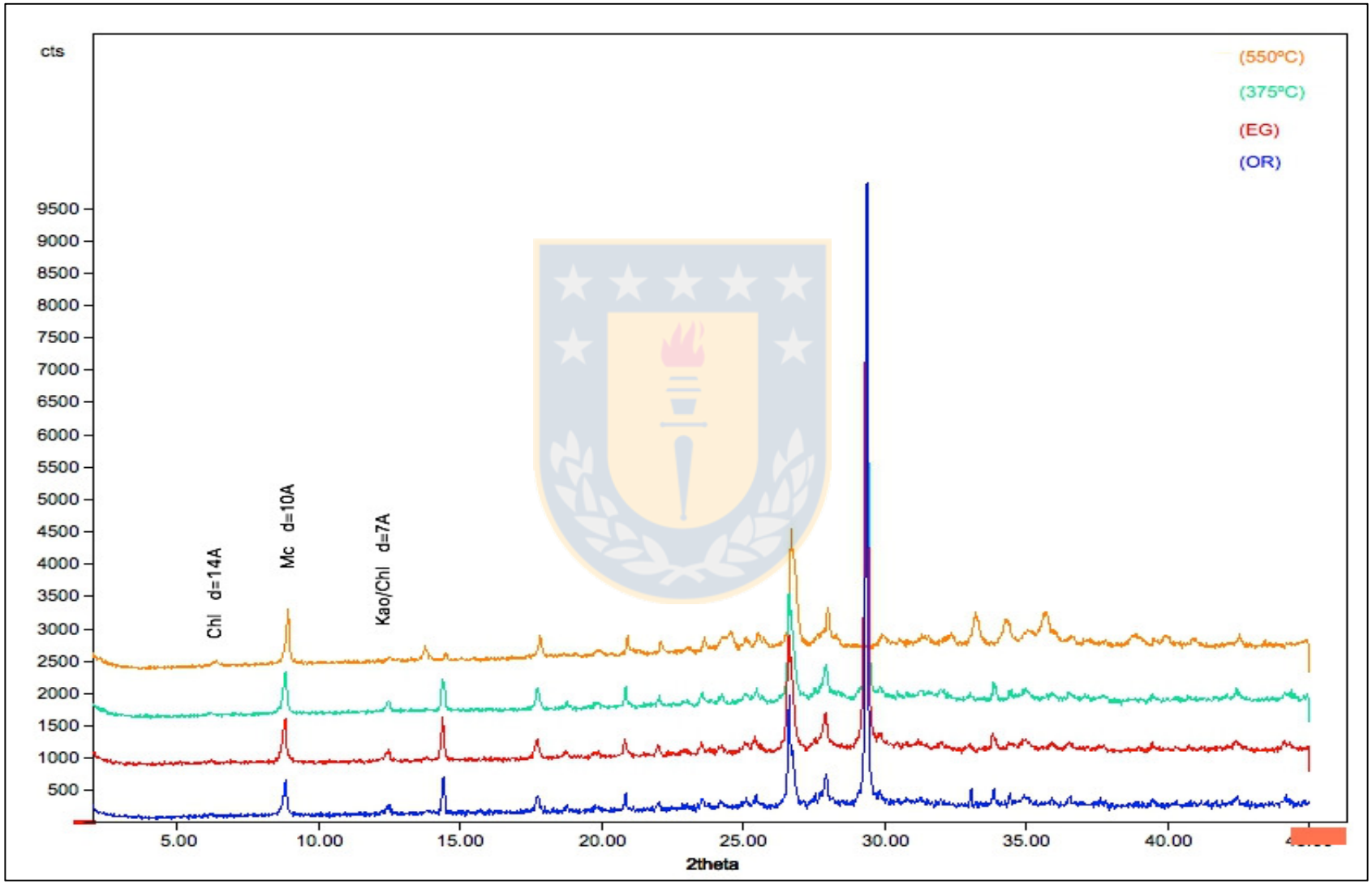
# F-50E/50D


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
5400
5200
5000
4800
4600
4400
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

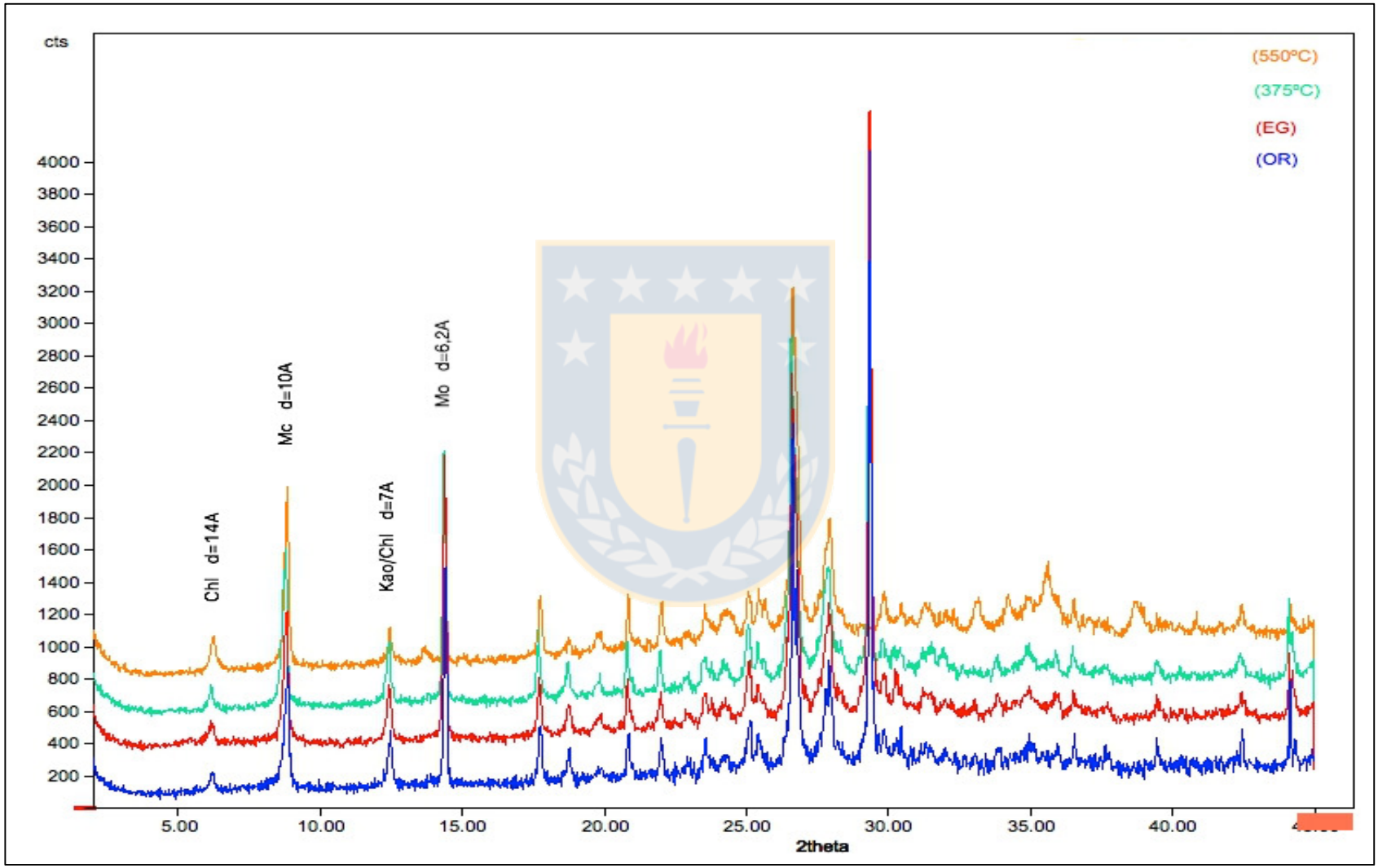
# F-25E/75D


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
2theta

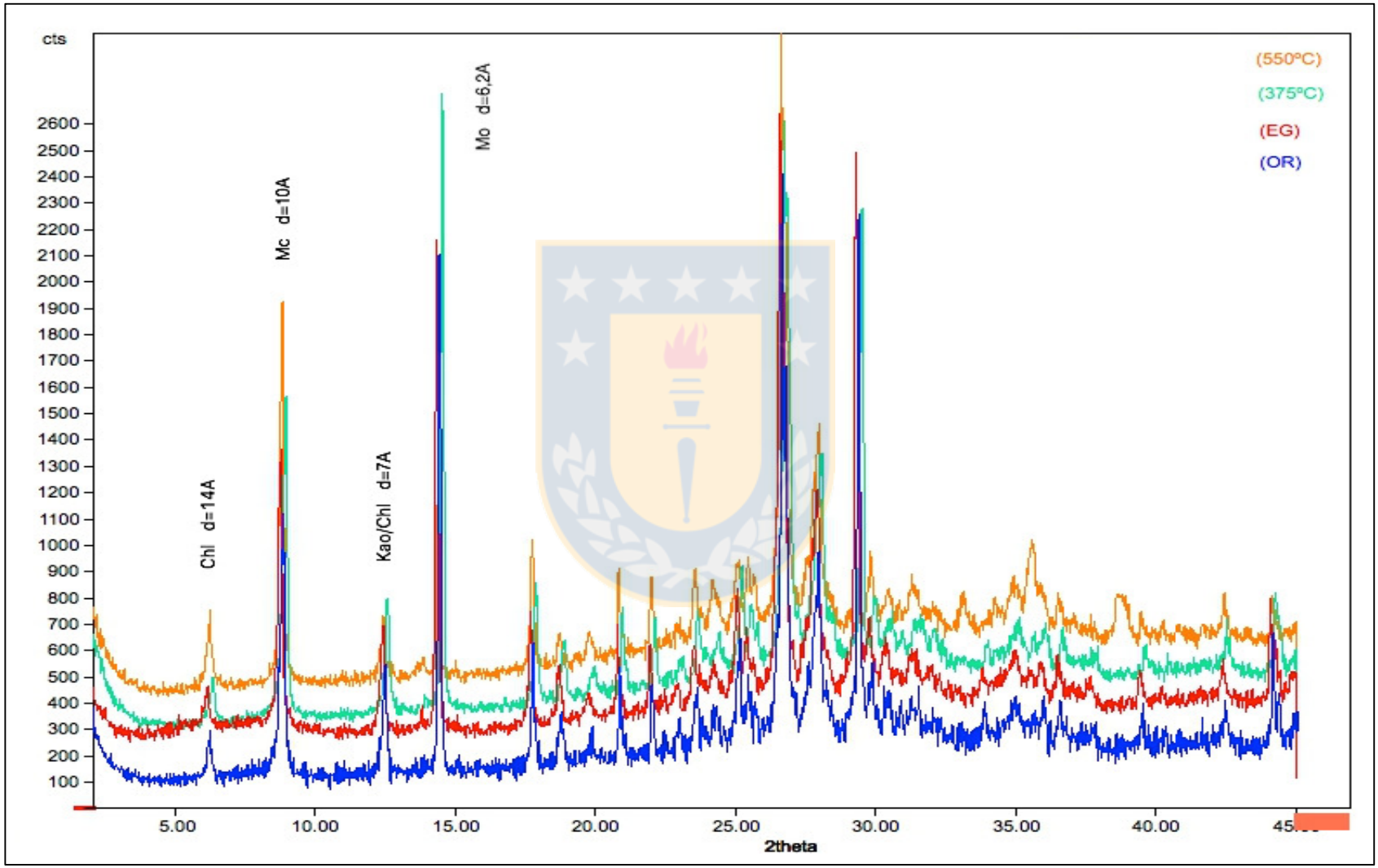
# F-100D


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
9500
9000
8500
8000
7500
7000
6500
6000
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

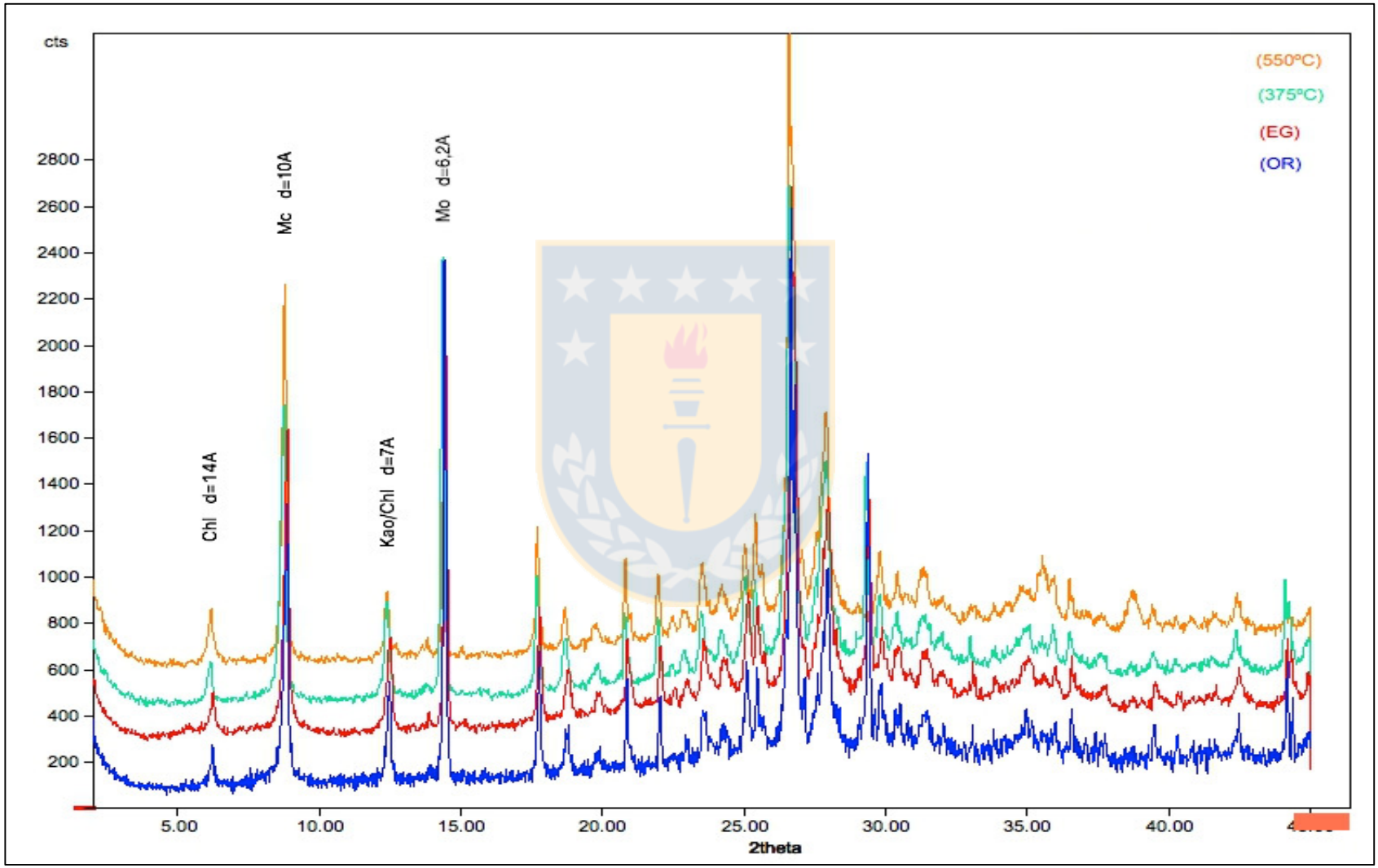
# F-75E/25F



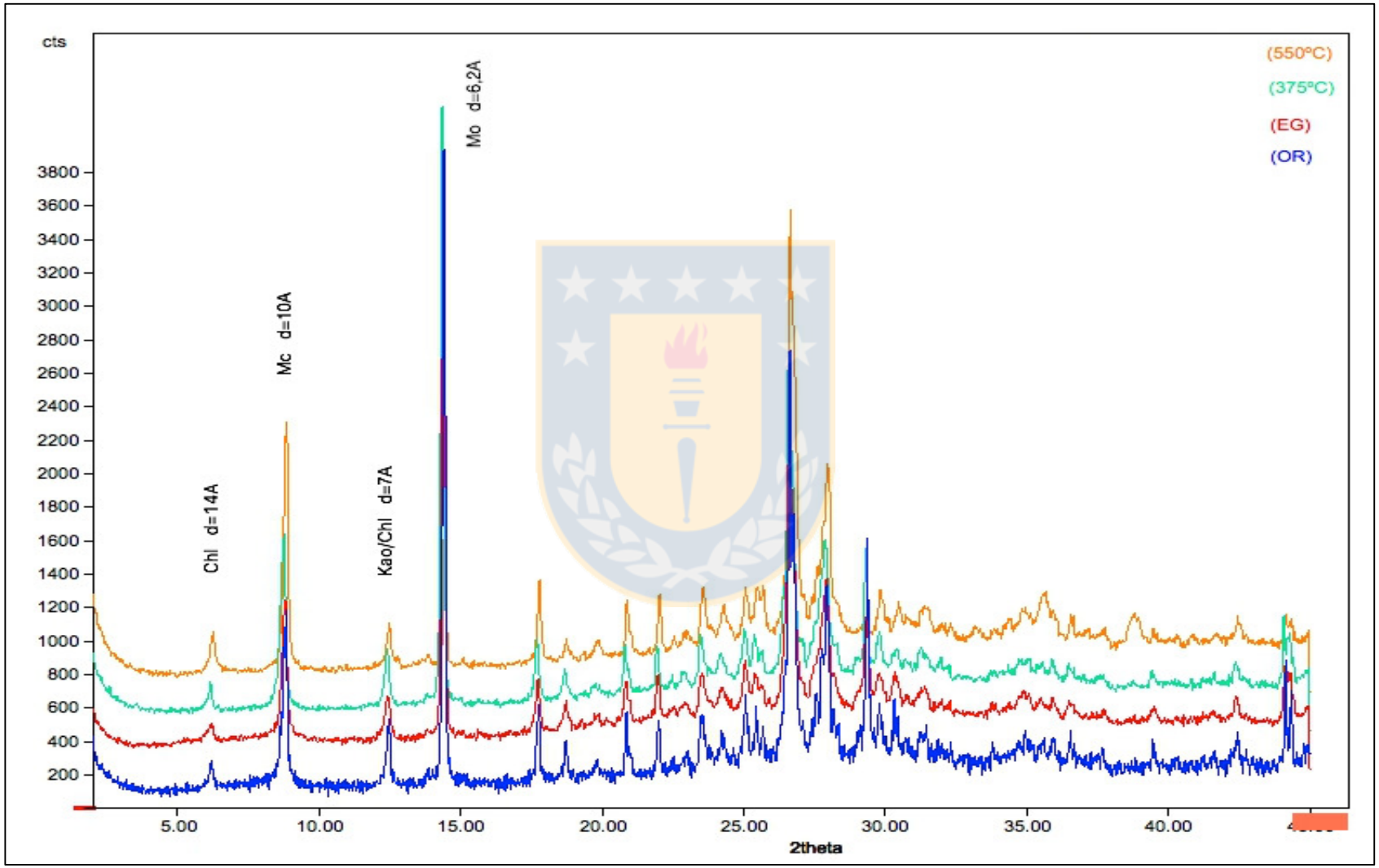
# F-50E/50F


cts
2600
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

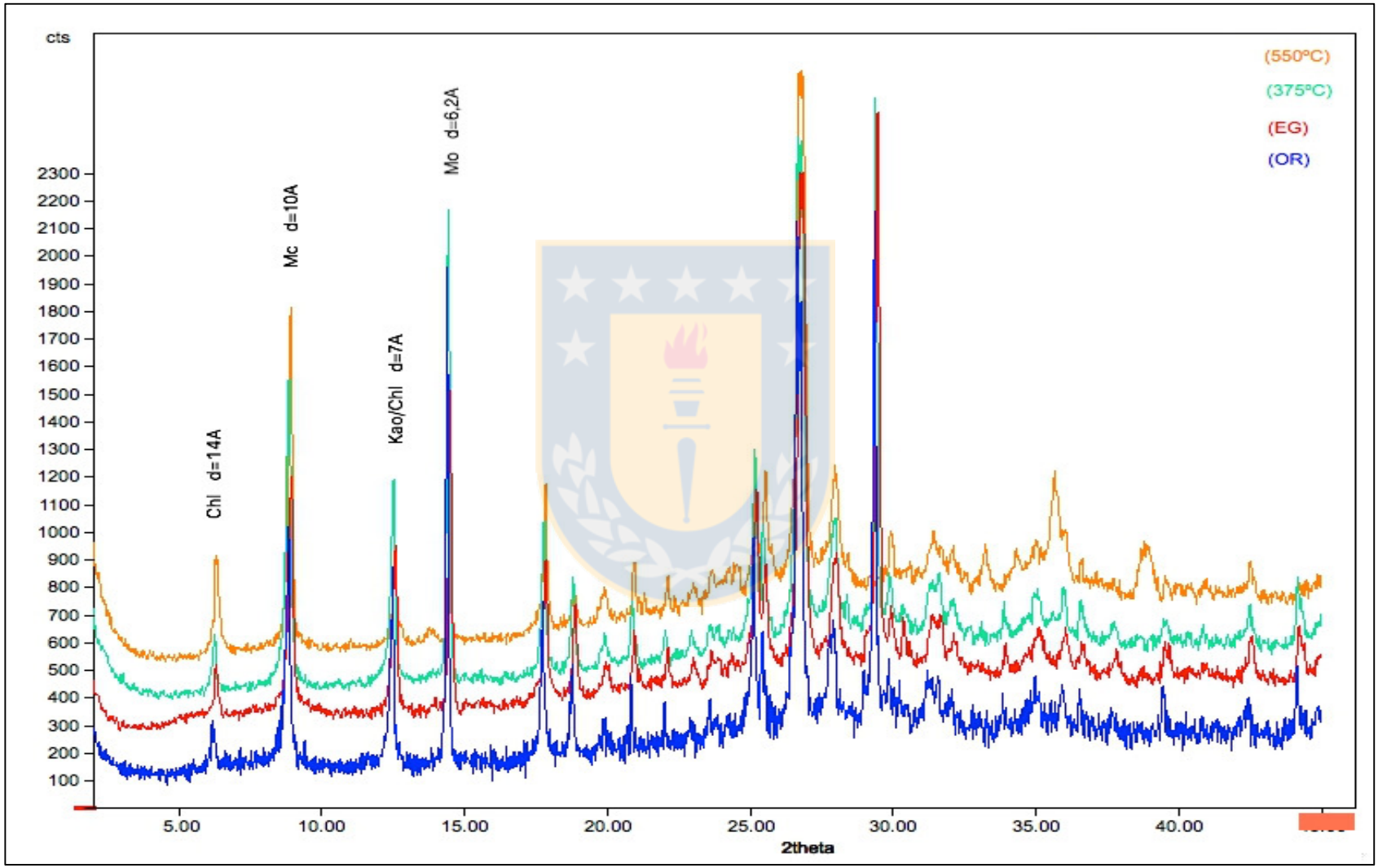
# F-25E/75F


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

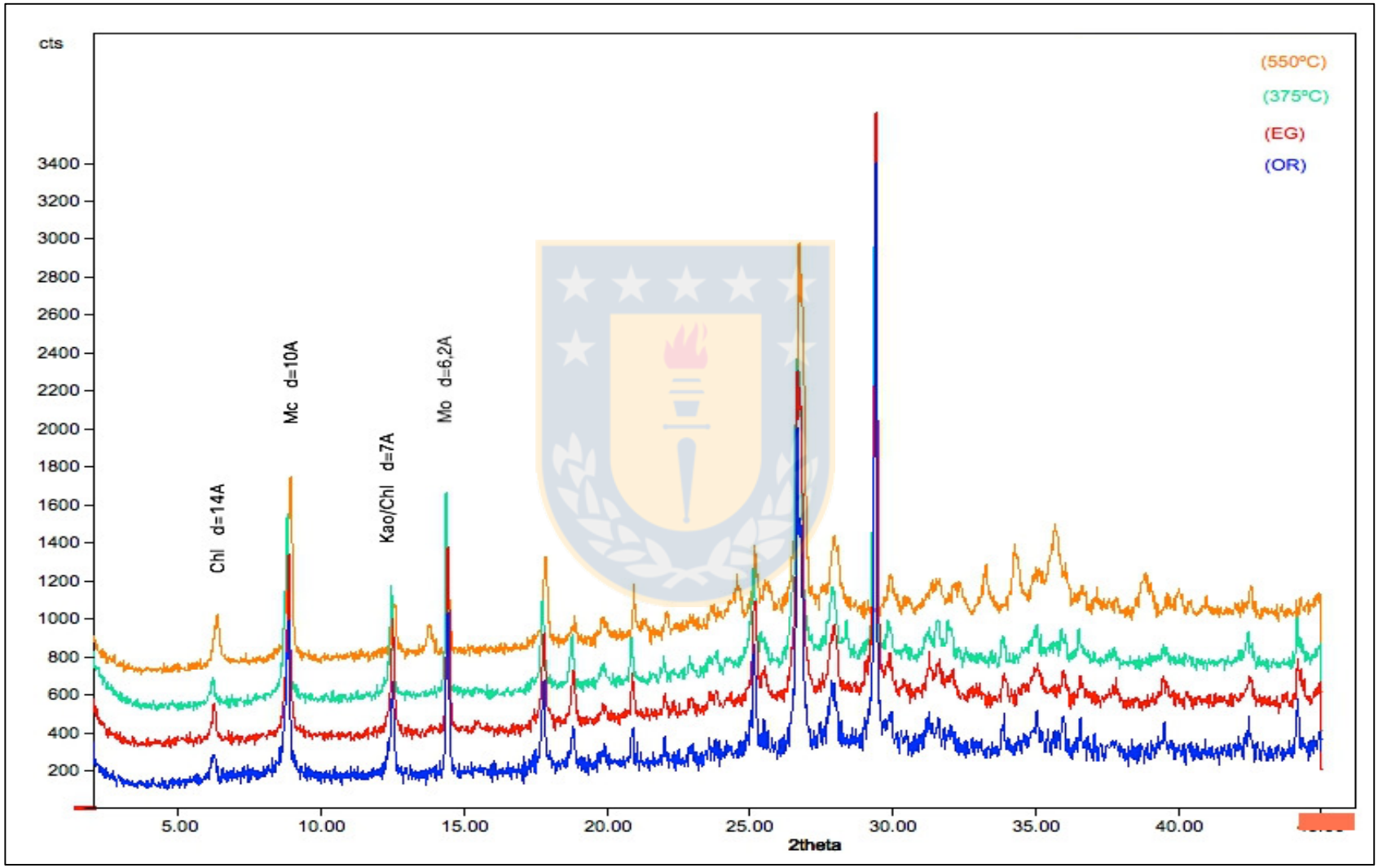
# F-100F


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

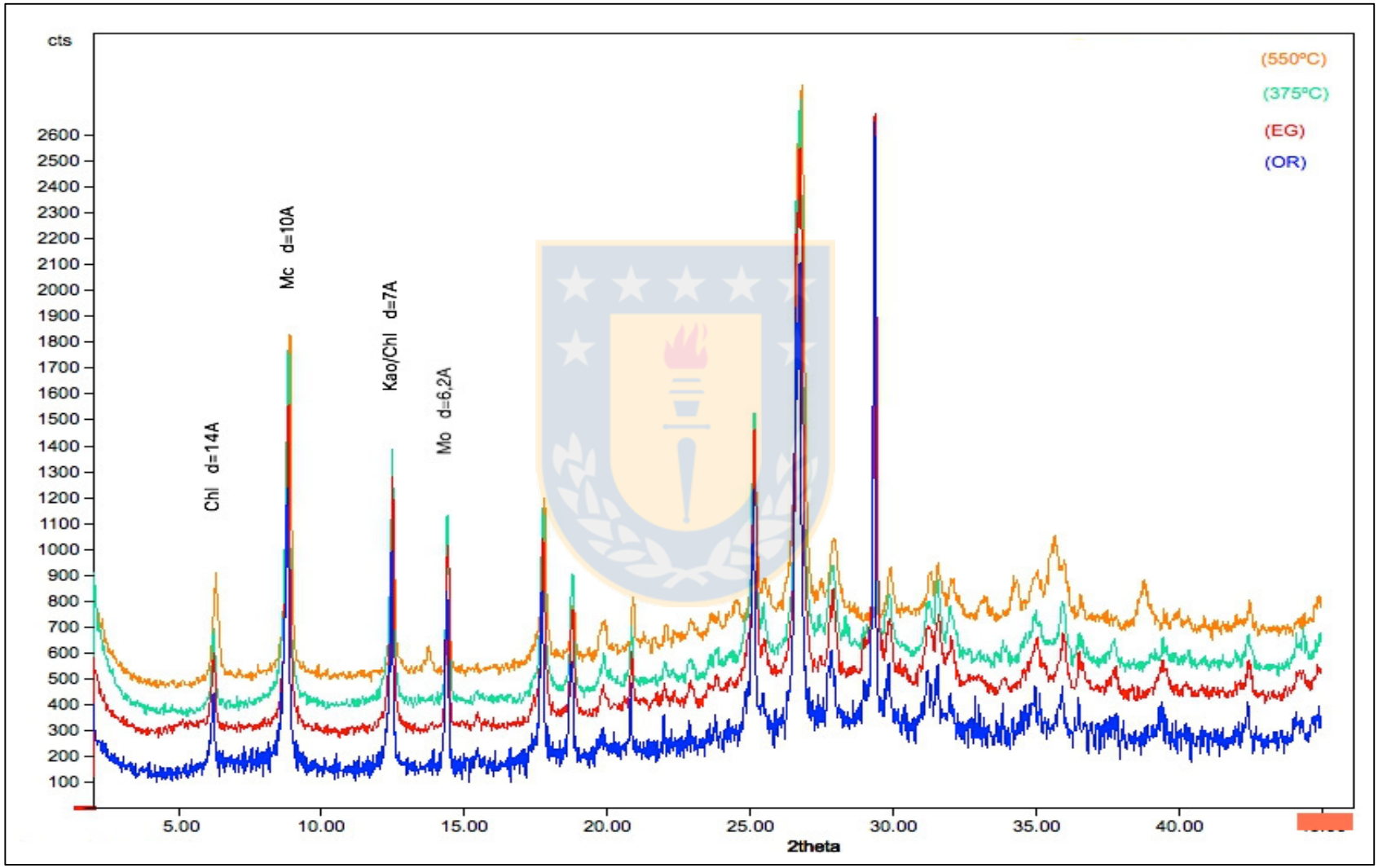
# F-75E/25MD


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

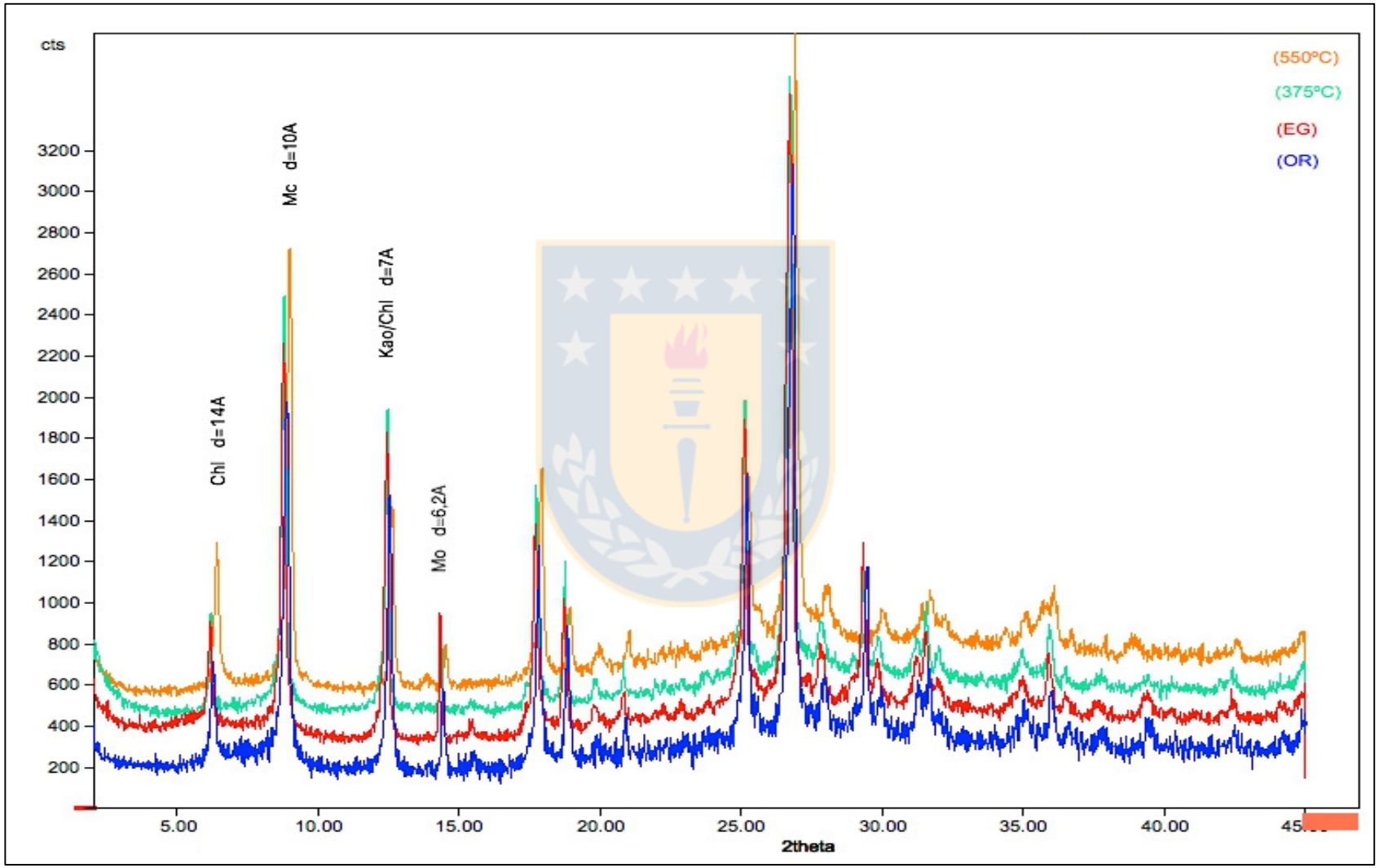
# F-50E/50MD


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# F-25E/75MD

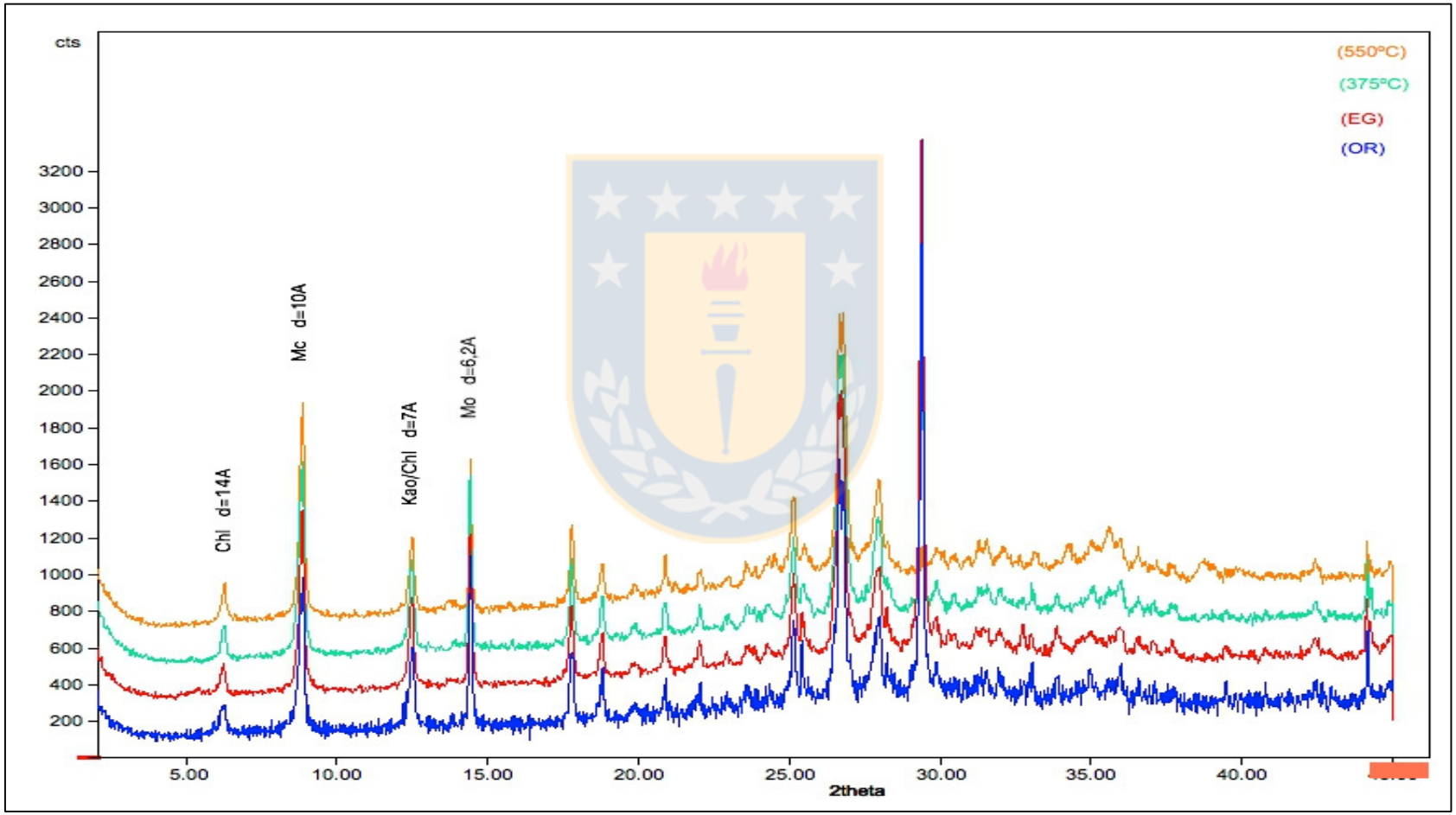

cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
2600
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# F-100MD

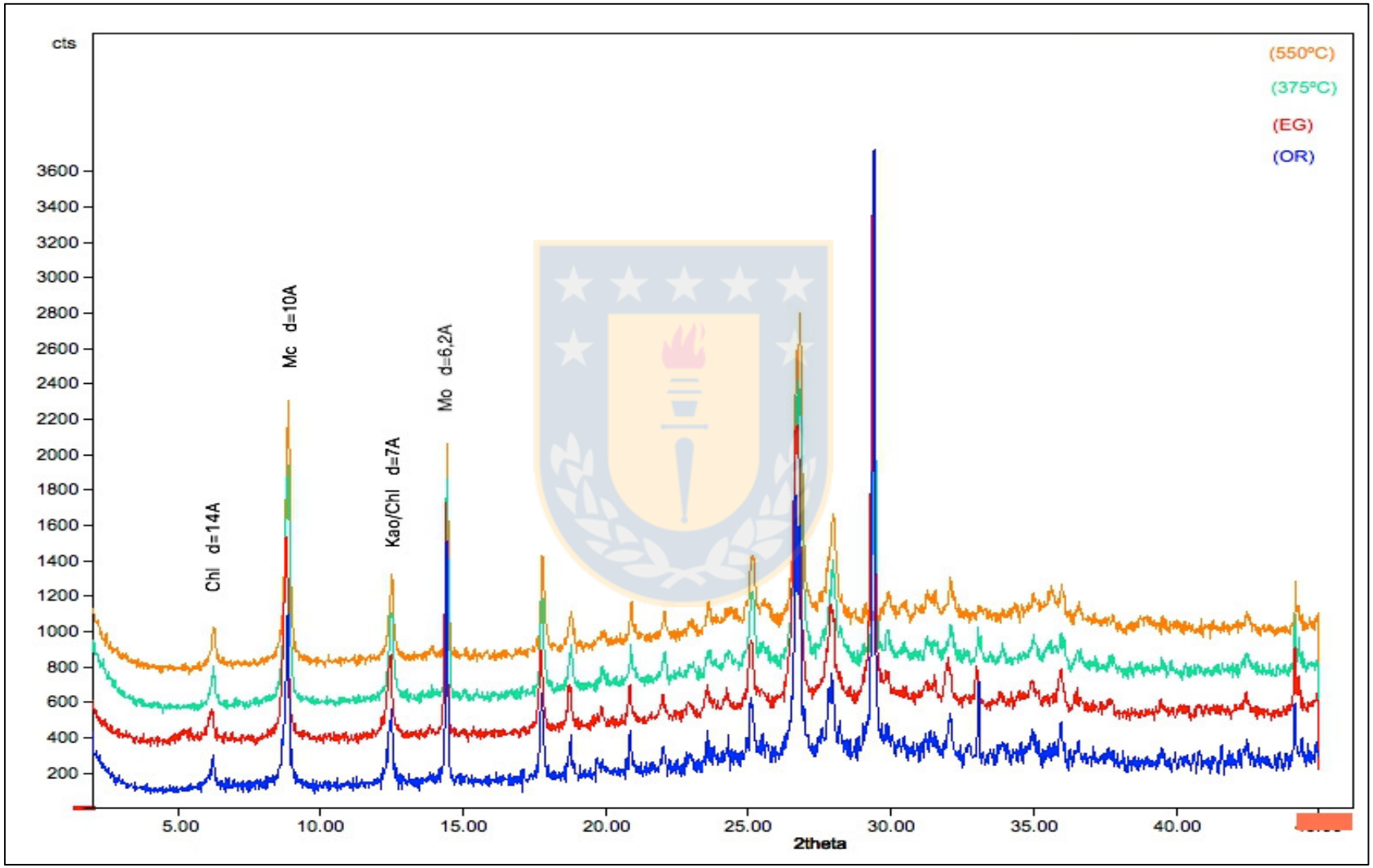

cts
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

**A) Difractograma de muestras de concentrado (C).**

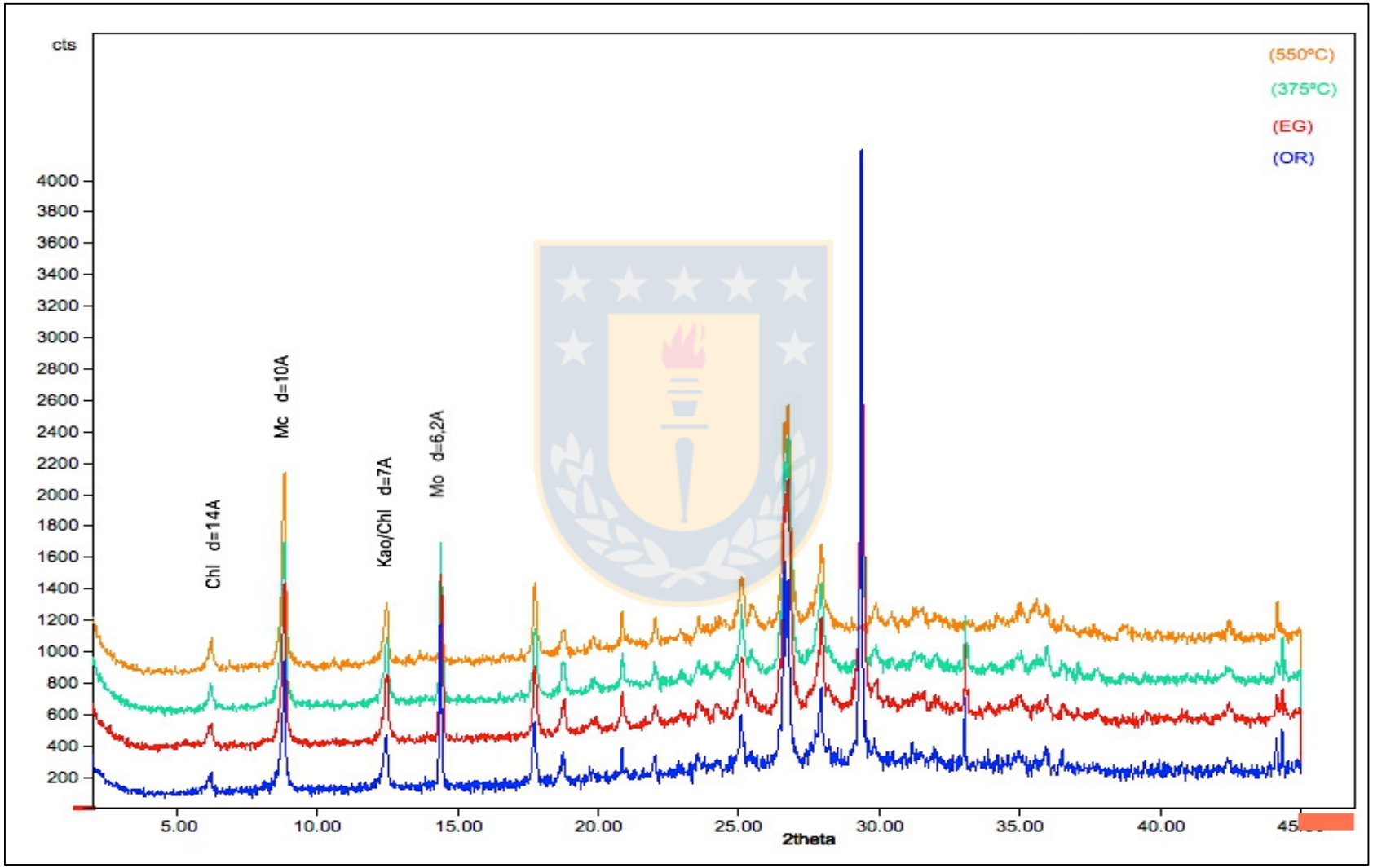
## C-100E



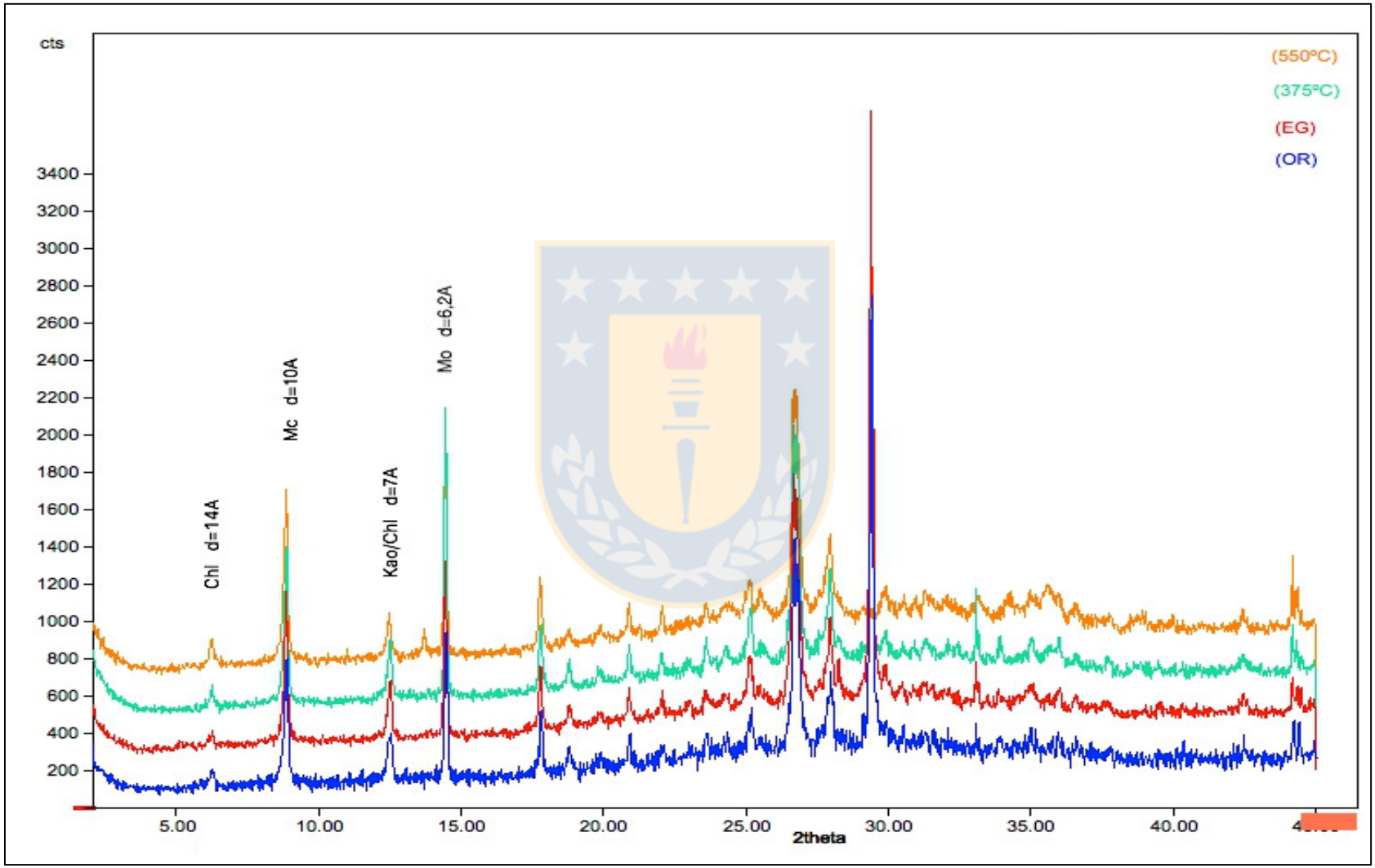
# C-75E/25D


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6.2A
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

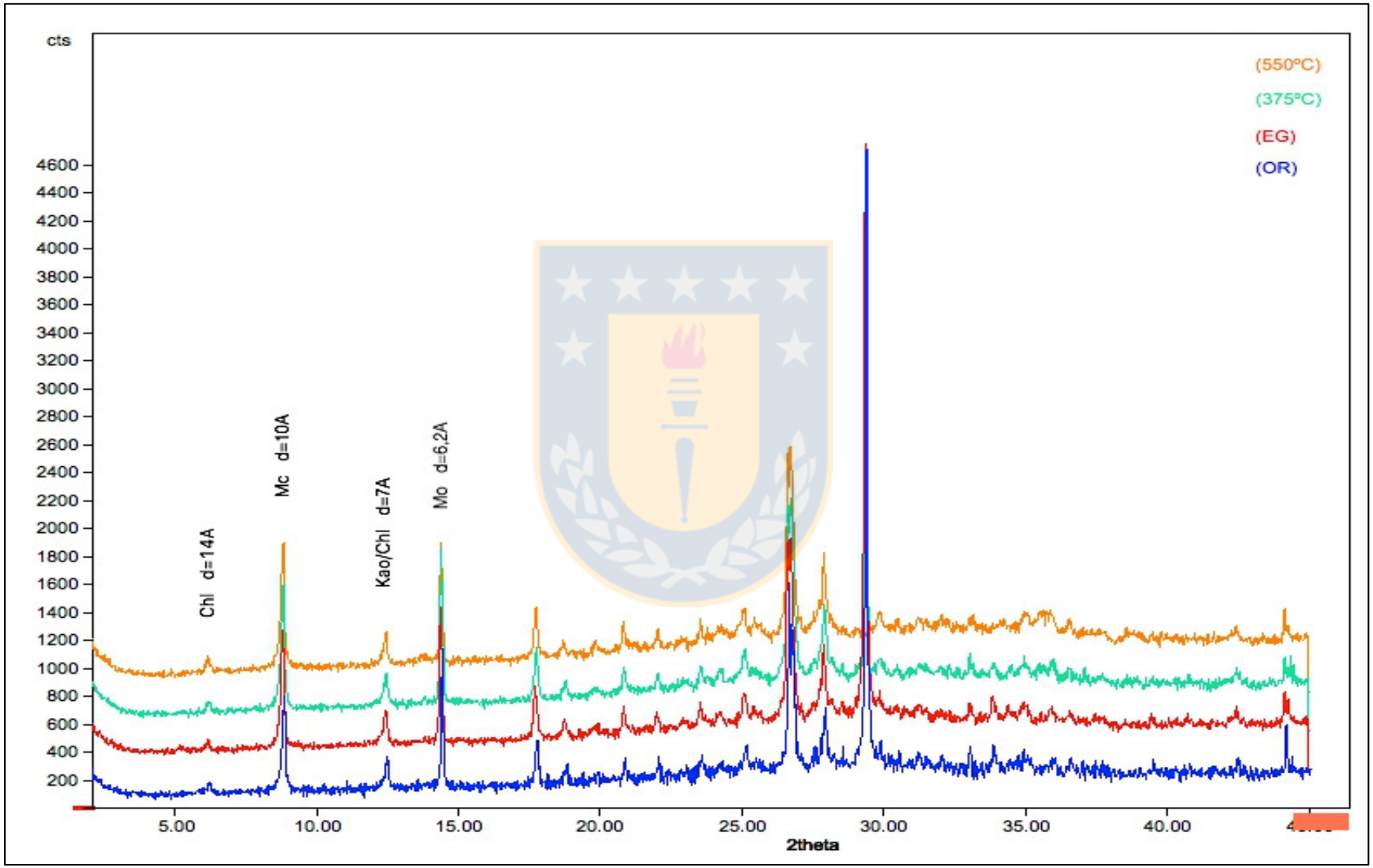
# C-50E/50D


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

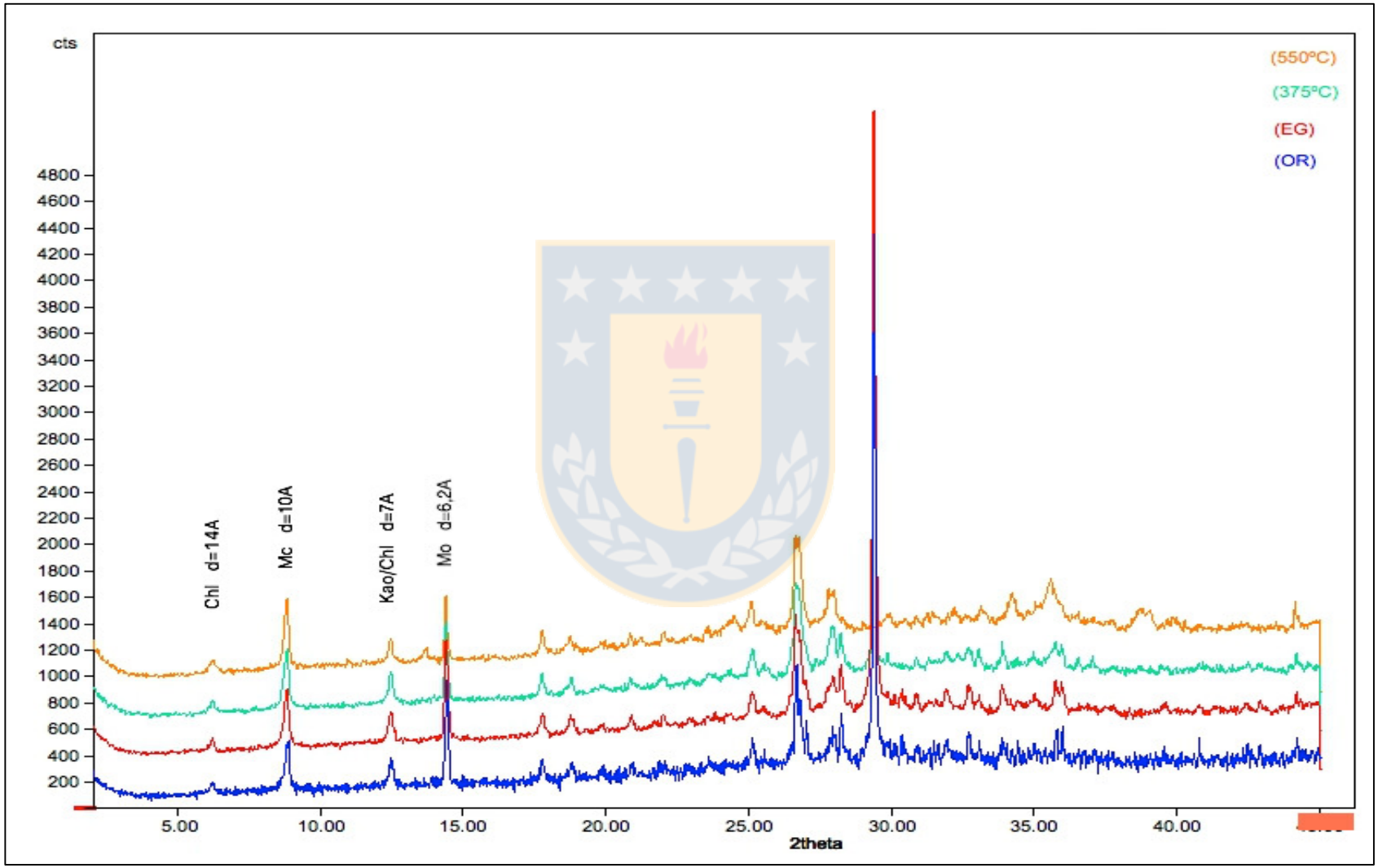
# C-25E/75D


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

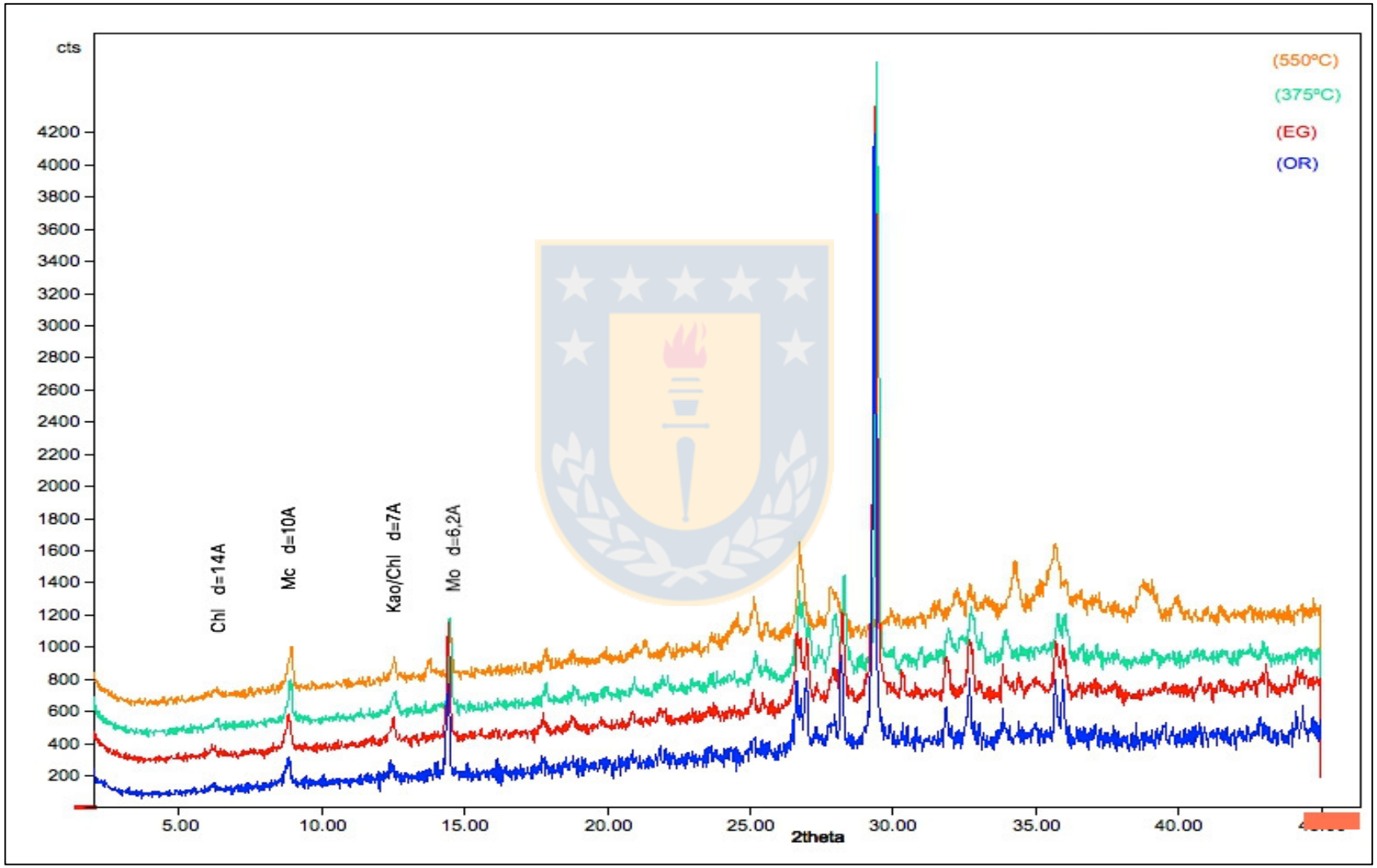
# C-100D


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
2theta

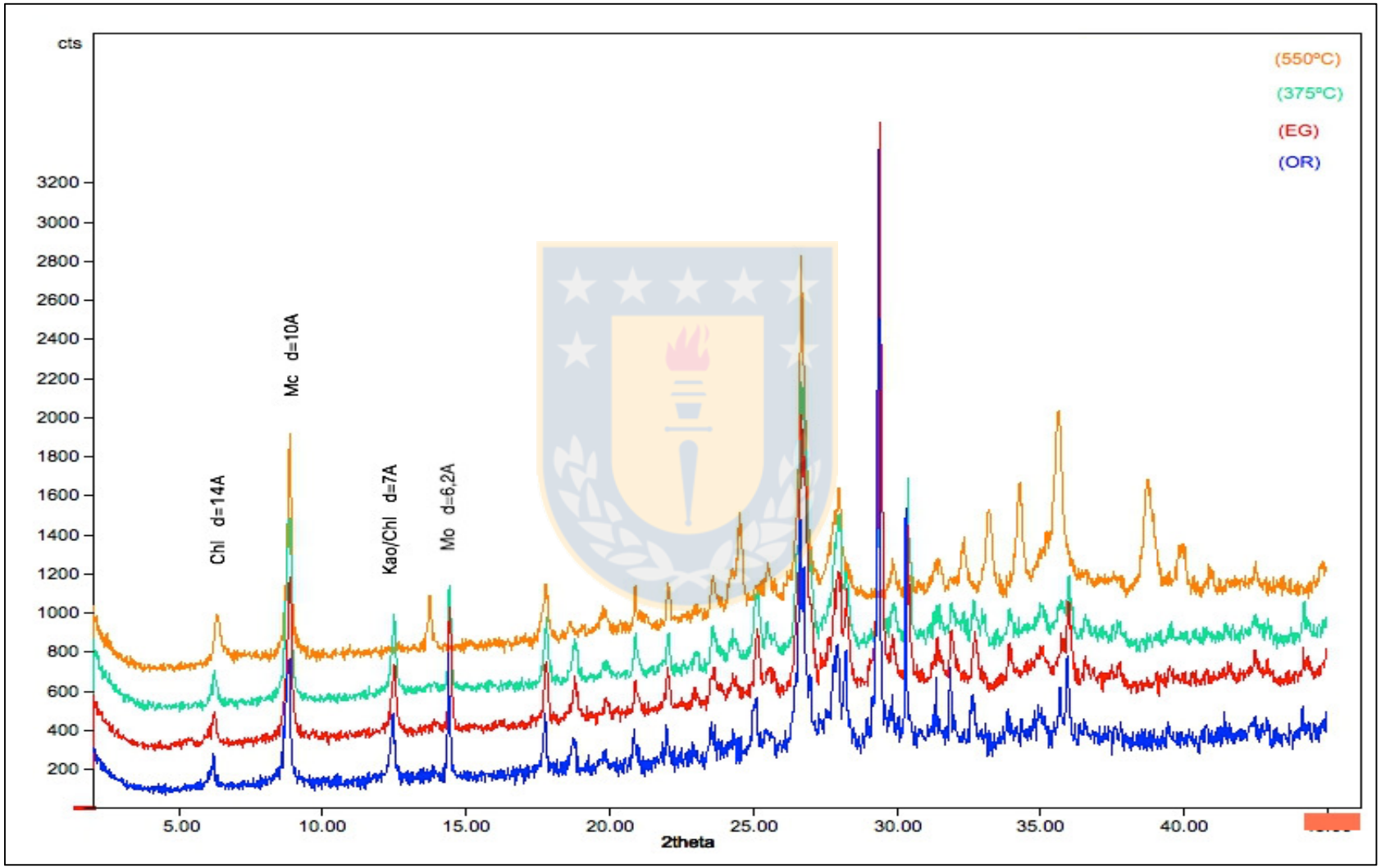
# C-75E/25F


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
4800
4600
4400
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

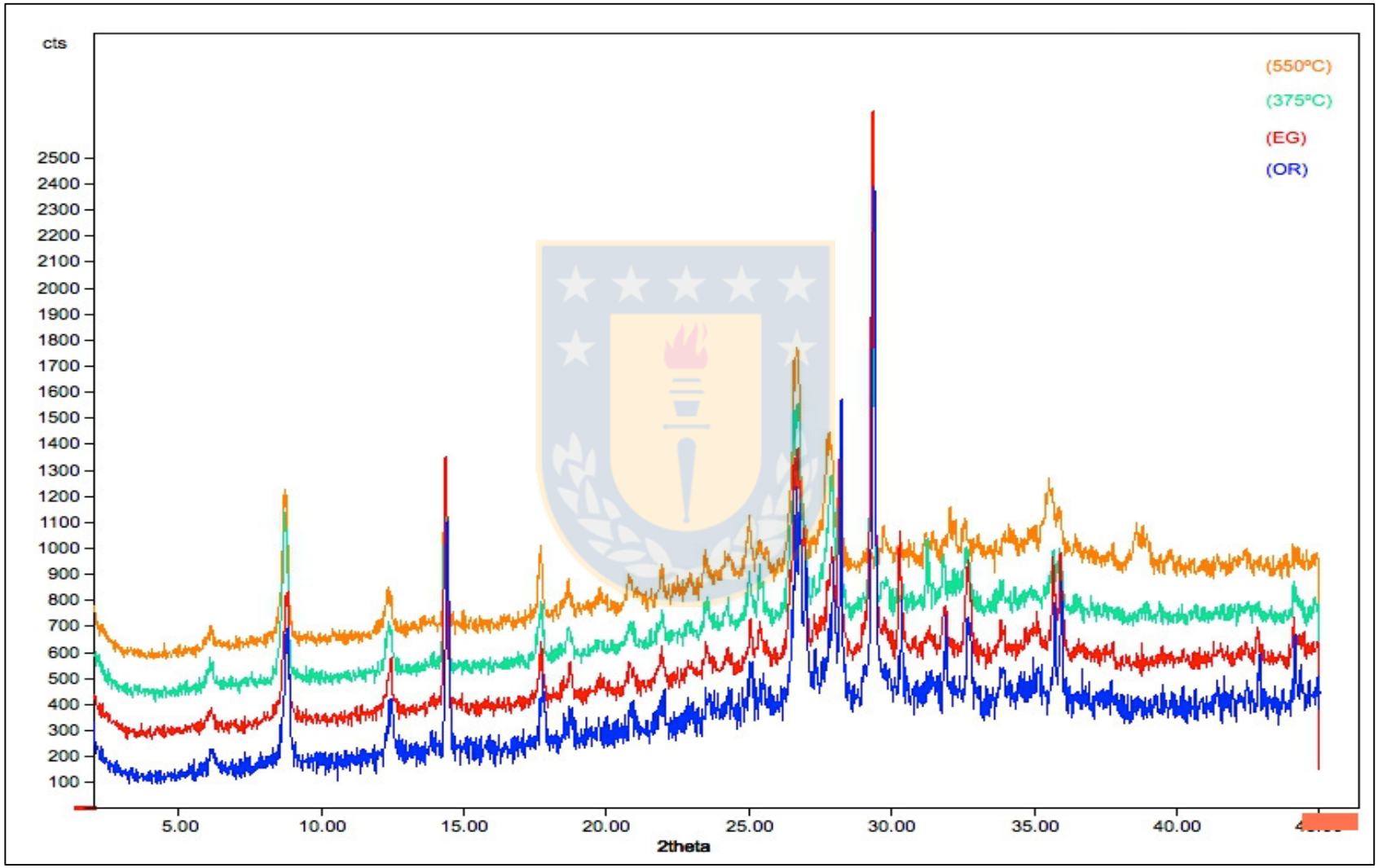
# C-50E/50F


cts
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

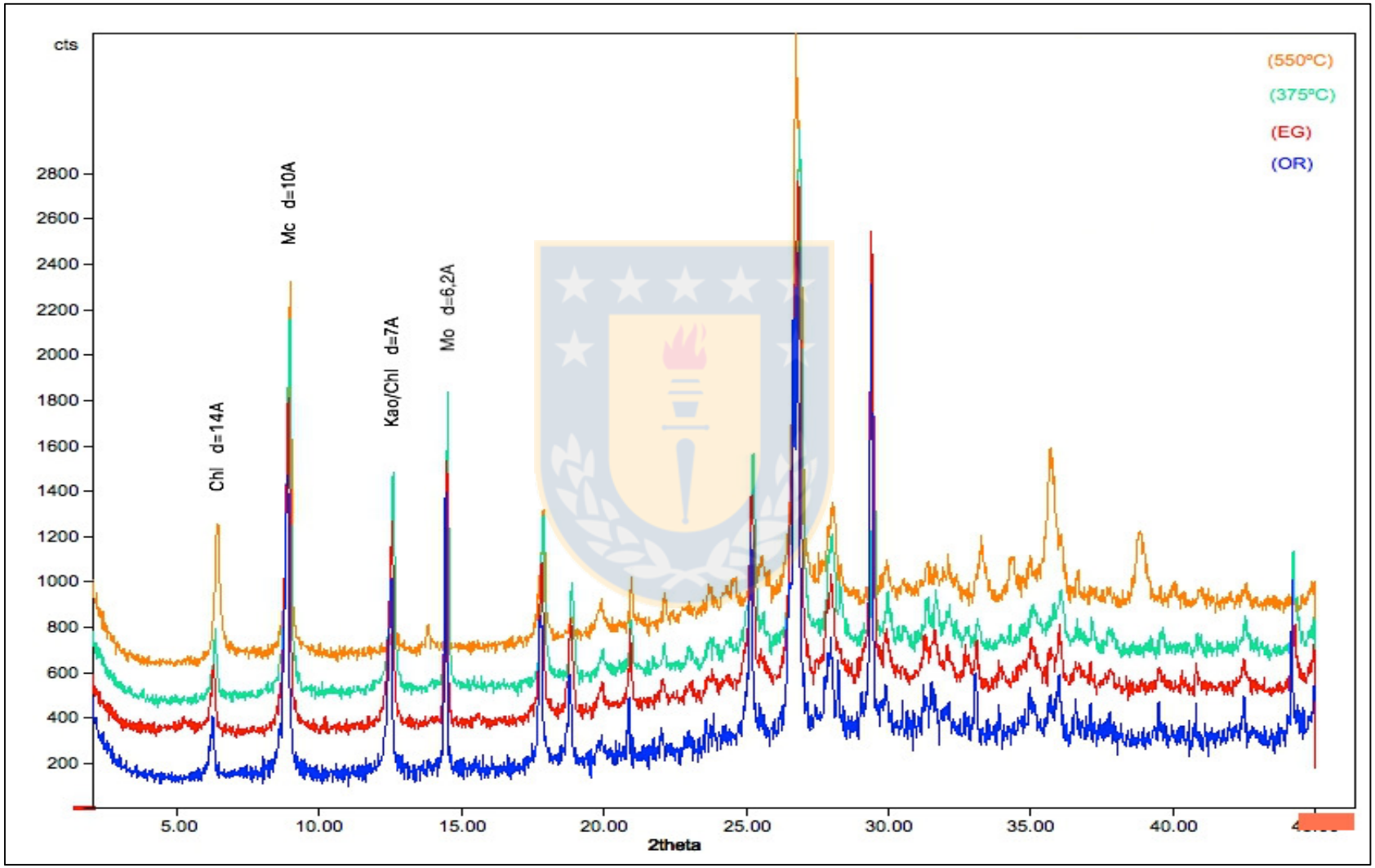
# C-25E/75F


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6.2A
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

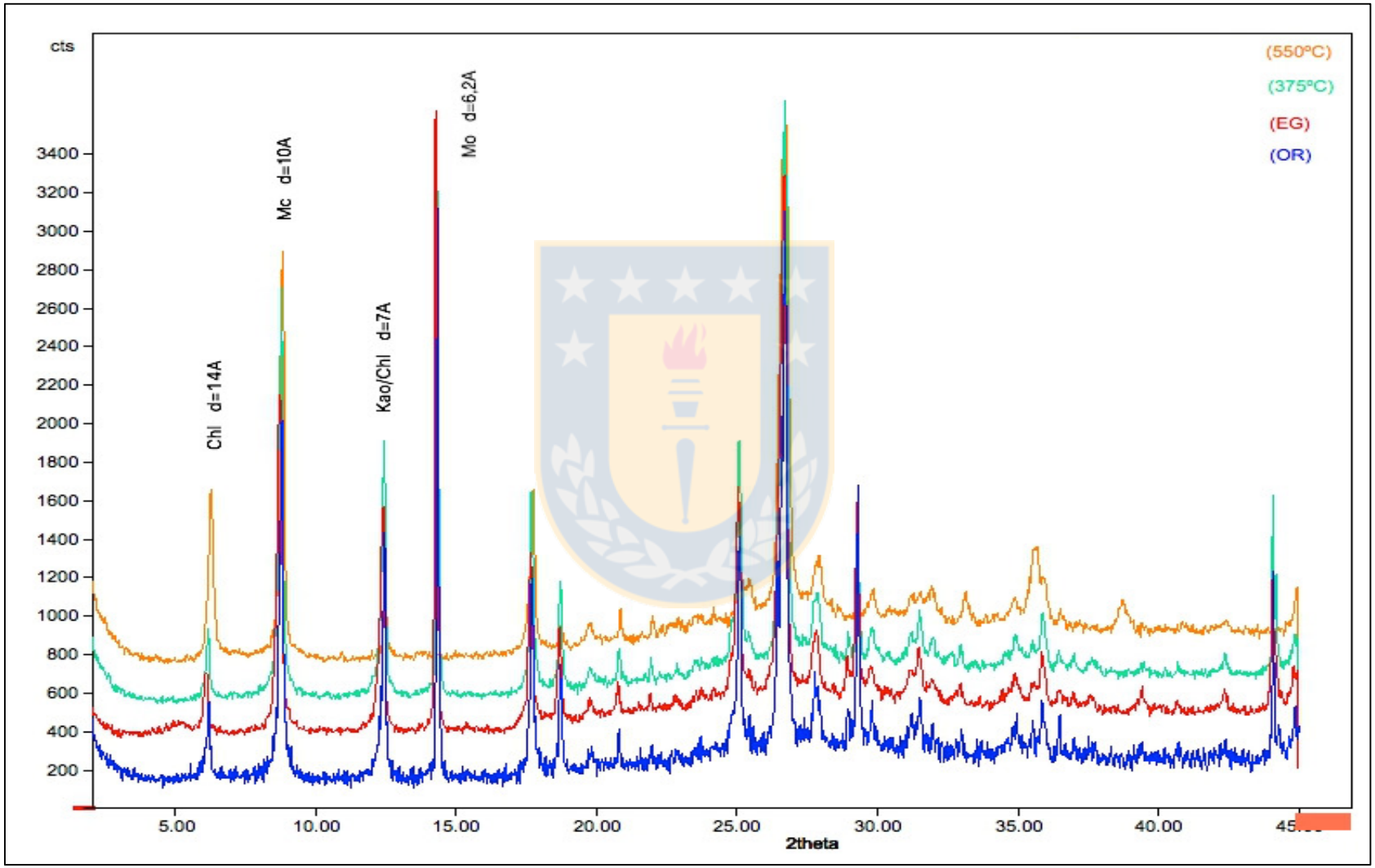
# C-100F


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

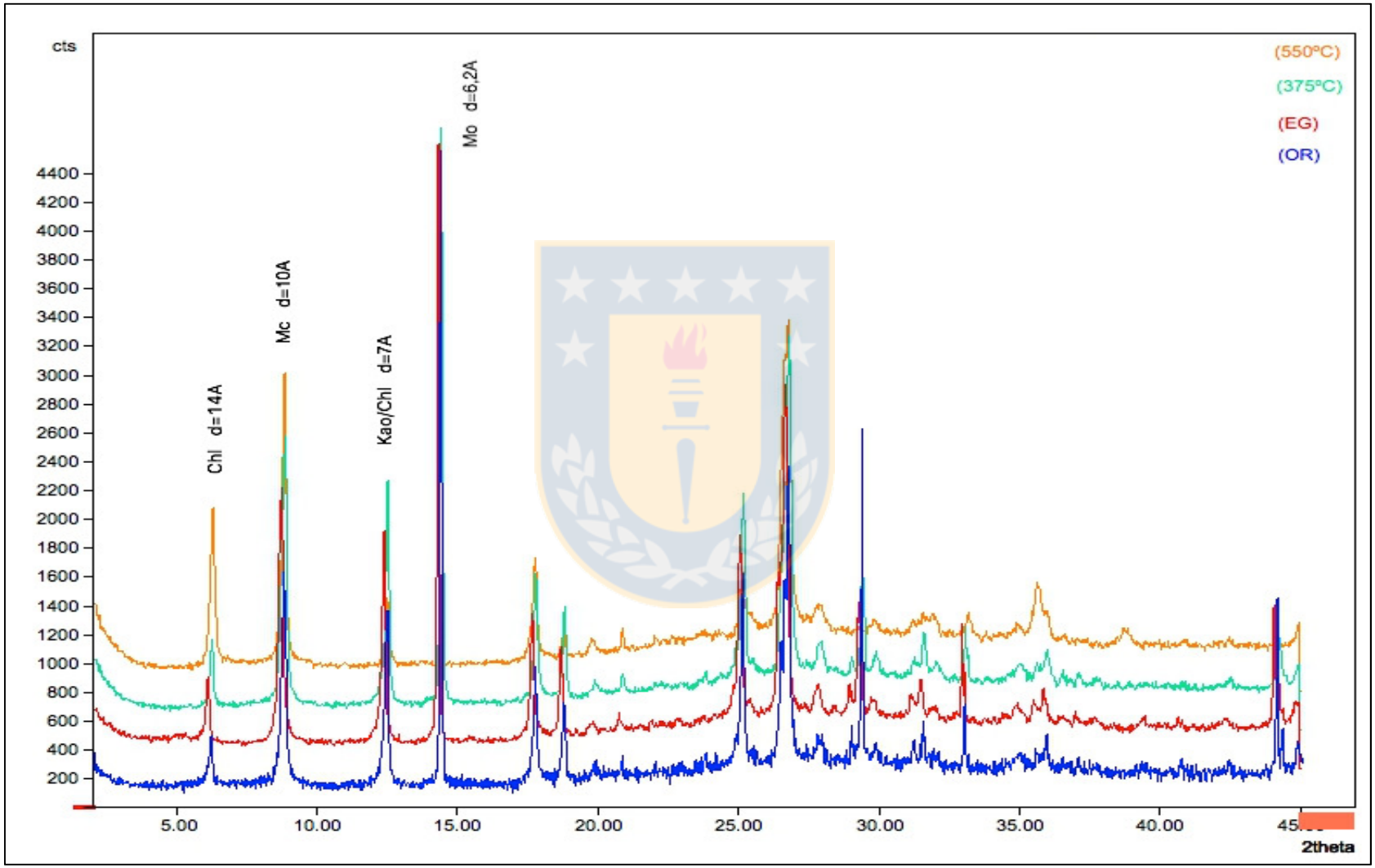
# C-75E/25MD


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

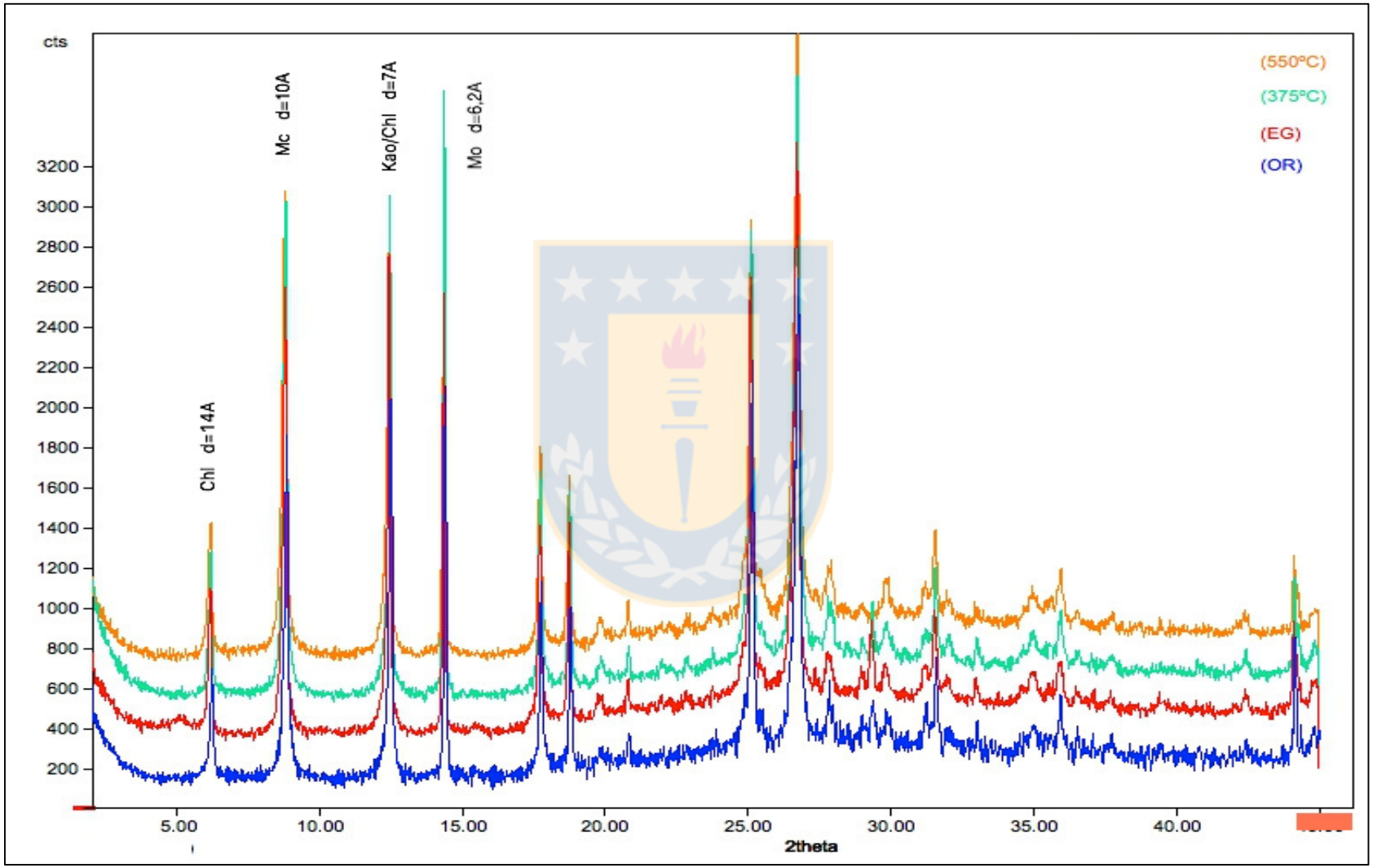
# C-50E/50MD


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# C-25E/75MD

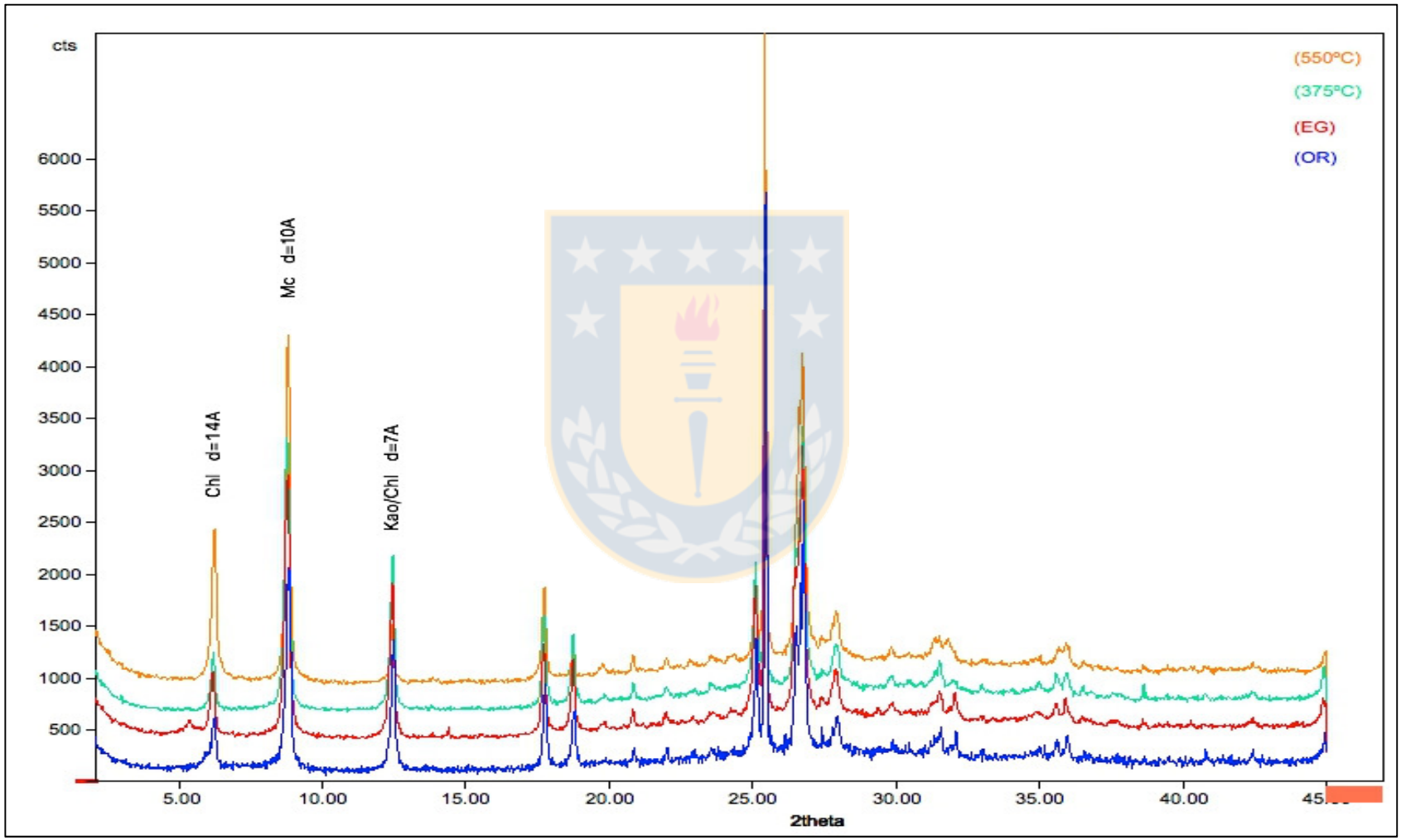

cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
4400
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# C-100MD

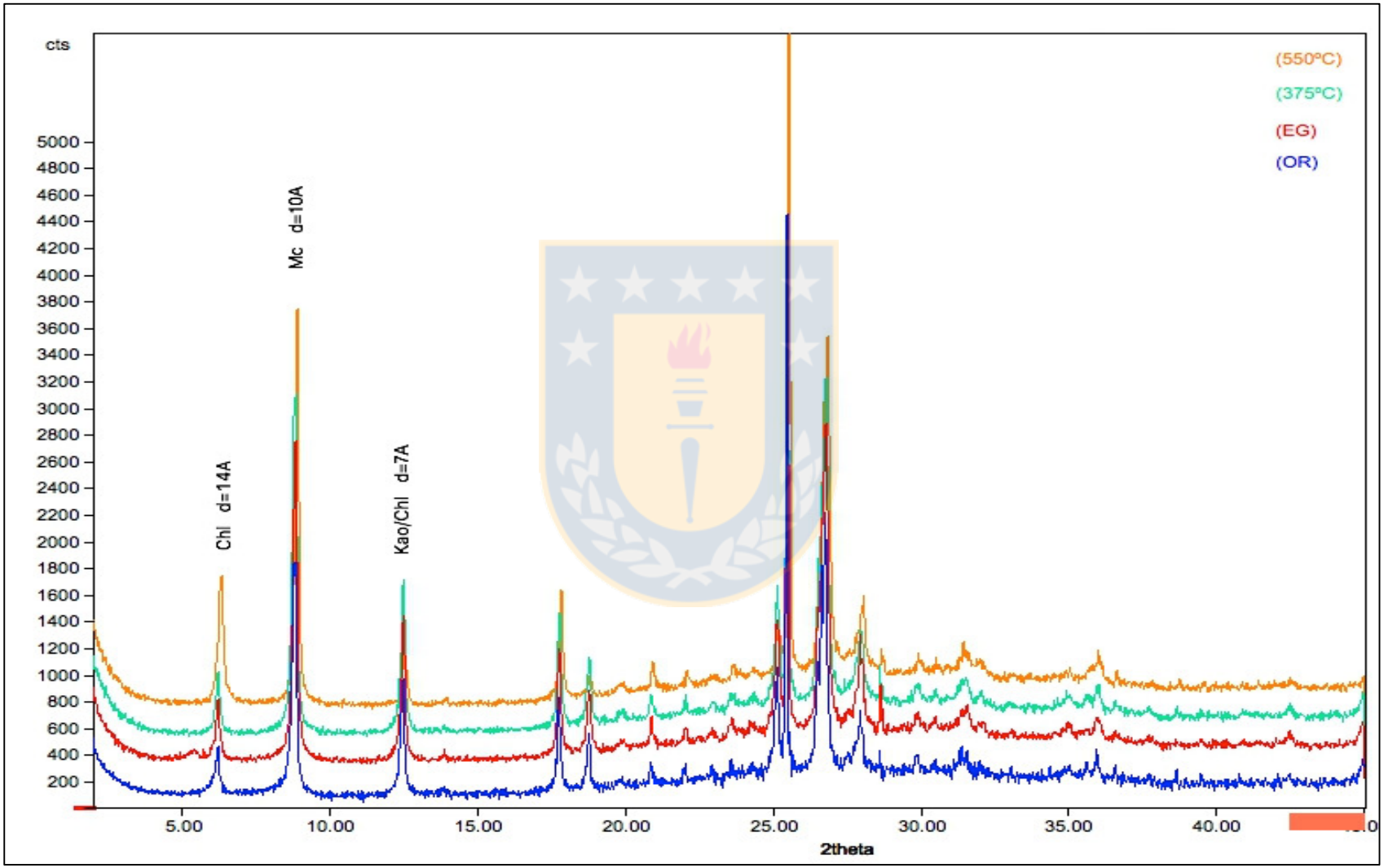

cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

**A) Difractograma de muestras de cola (T).**

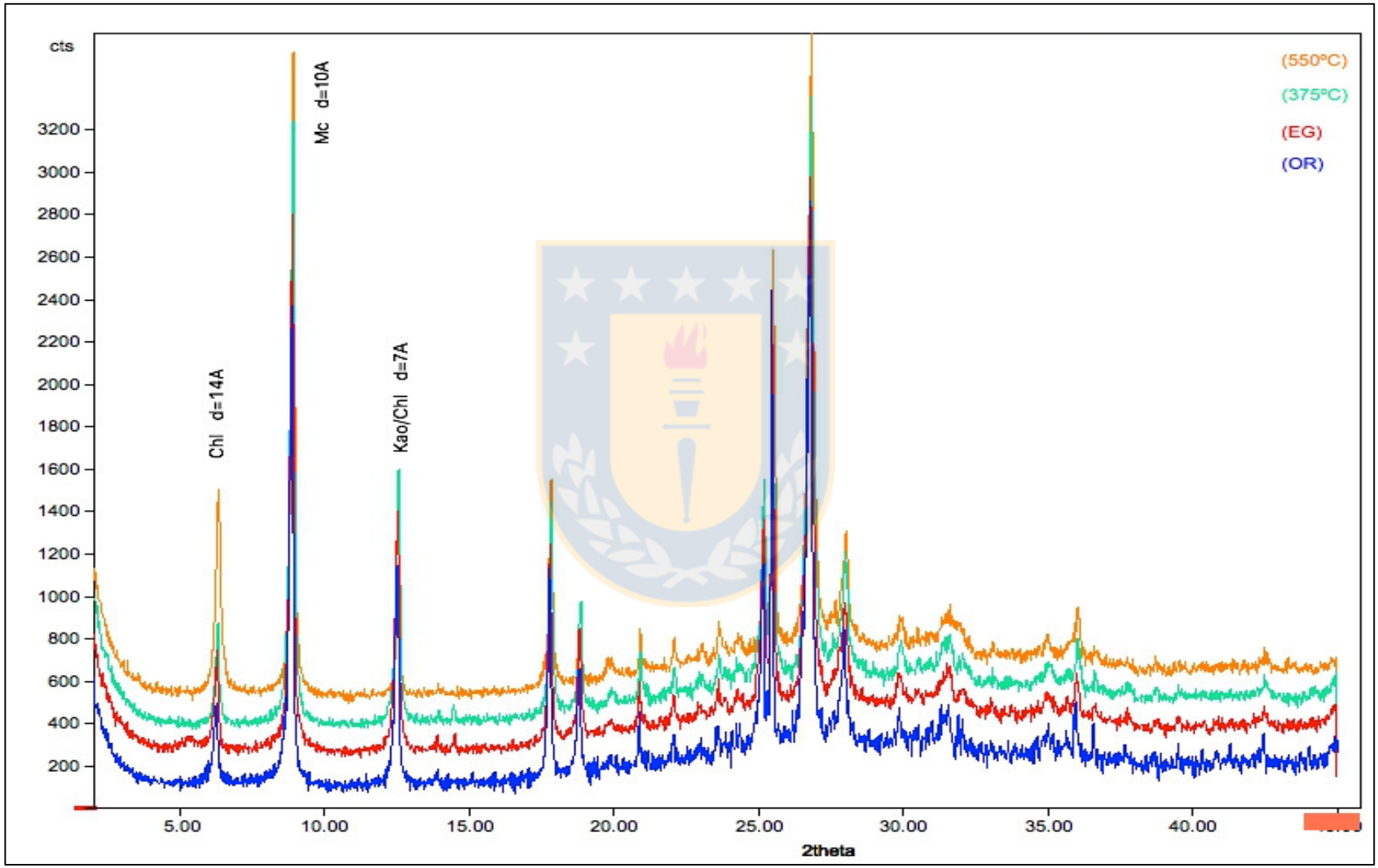
## T-100E



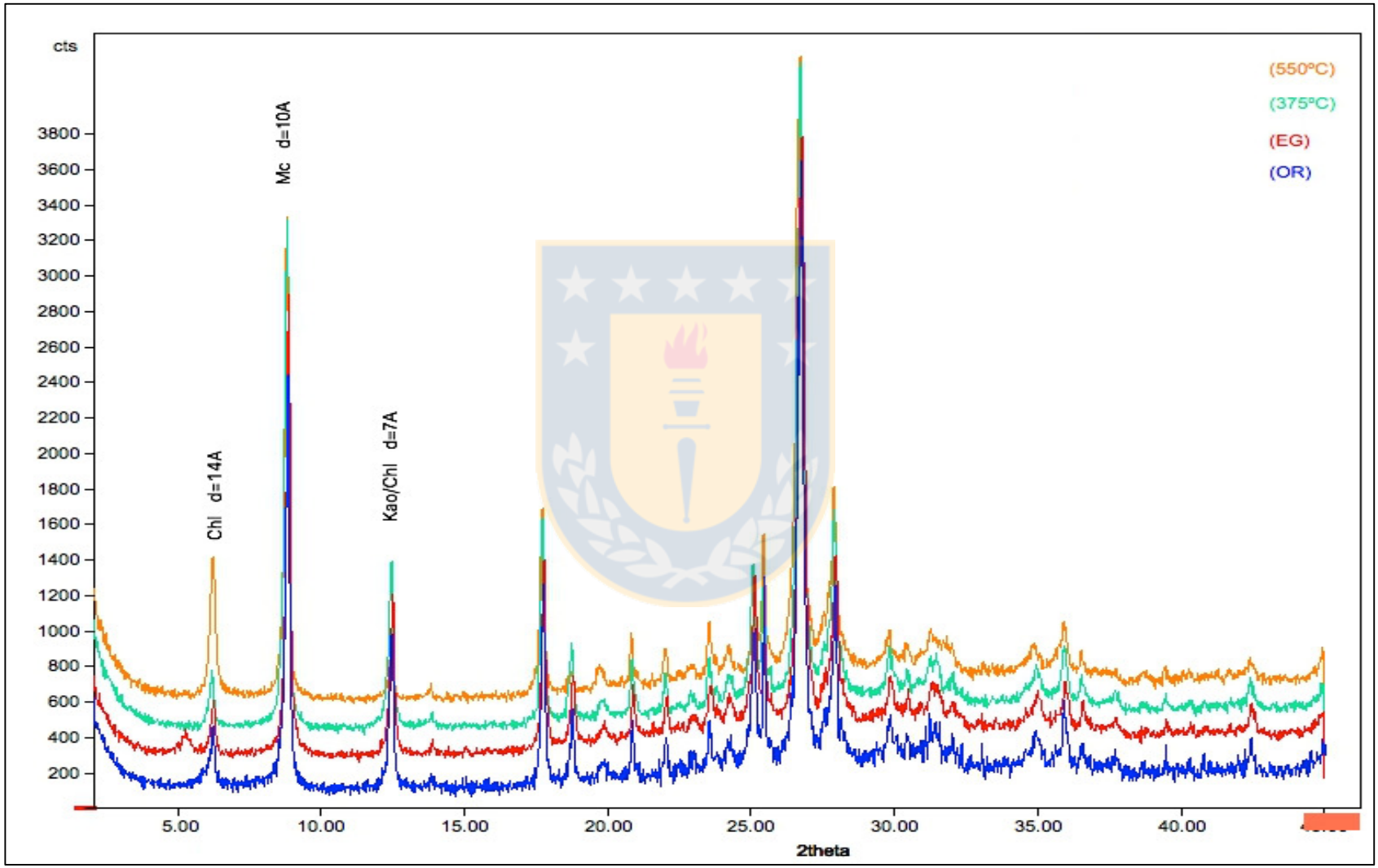
# T-75E/25D


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
5000
4800
4600
4400
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

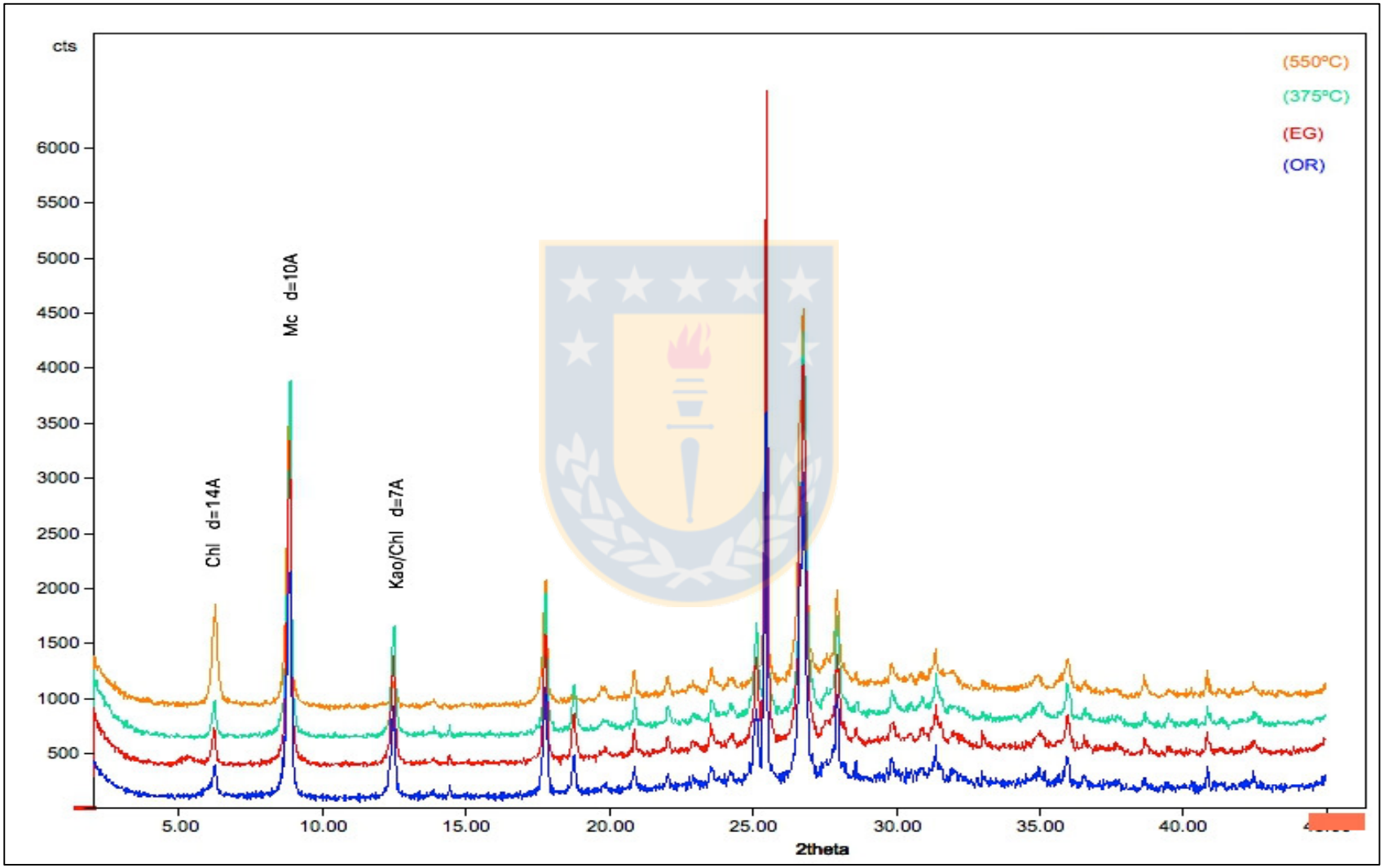
# T-50E/50D


cts
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

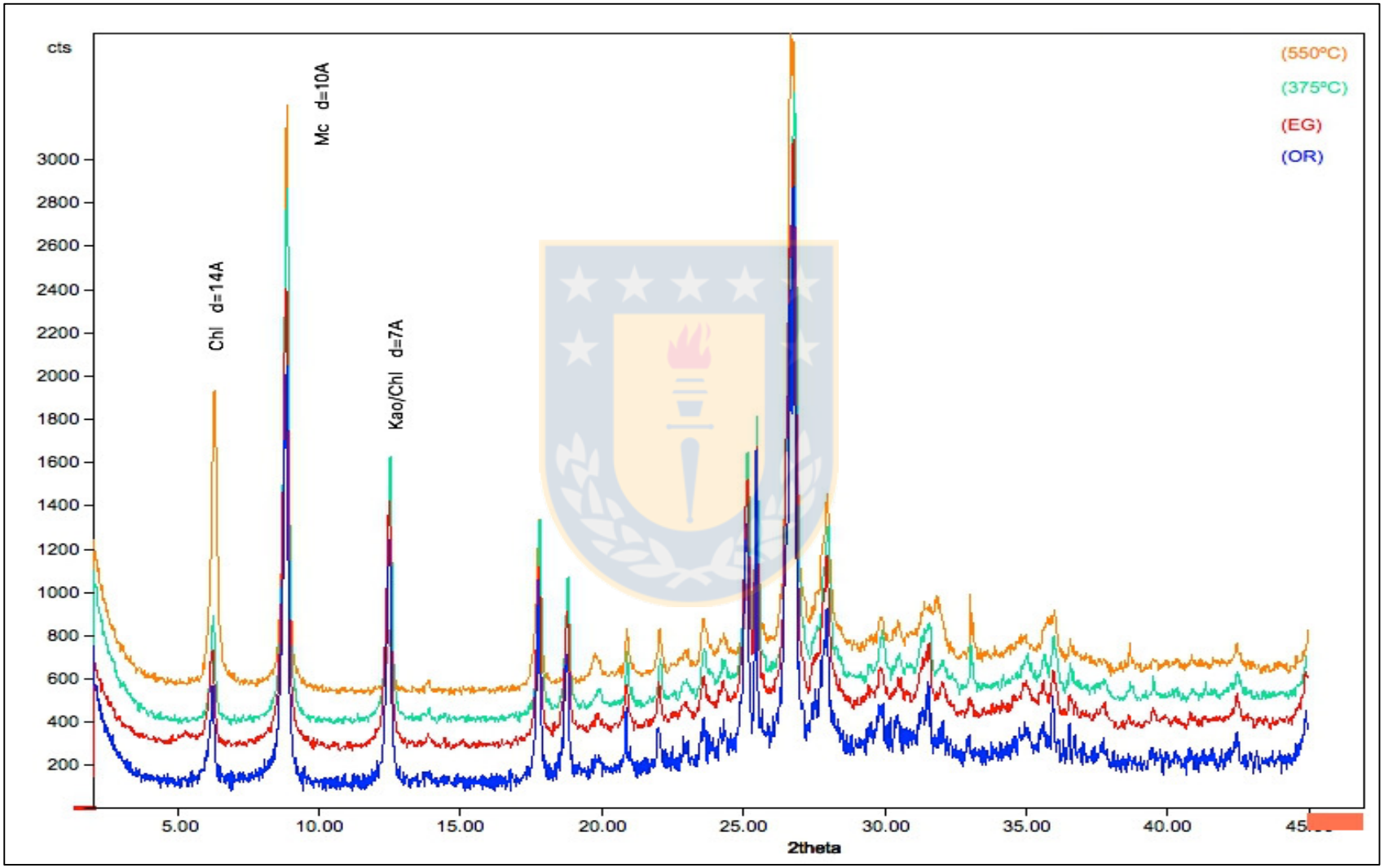
# T-25E/75D


cts
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

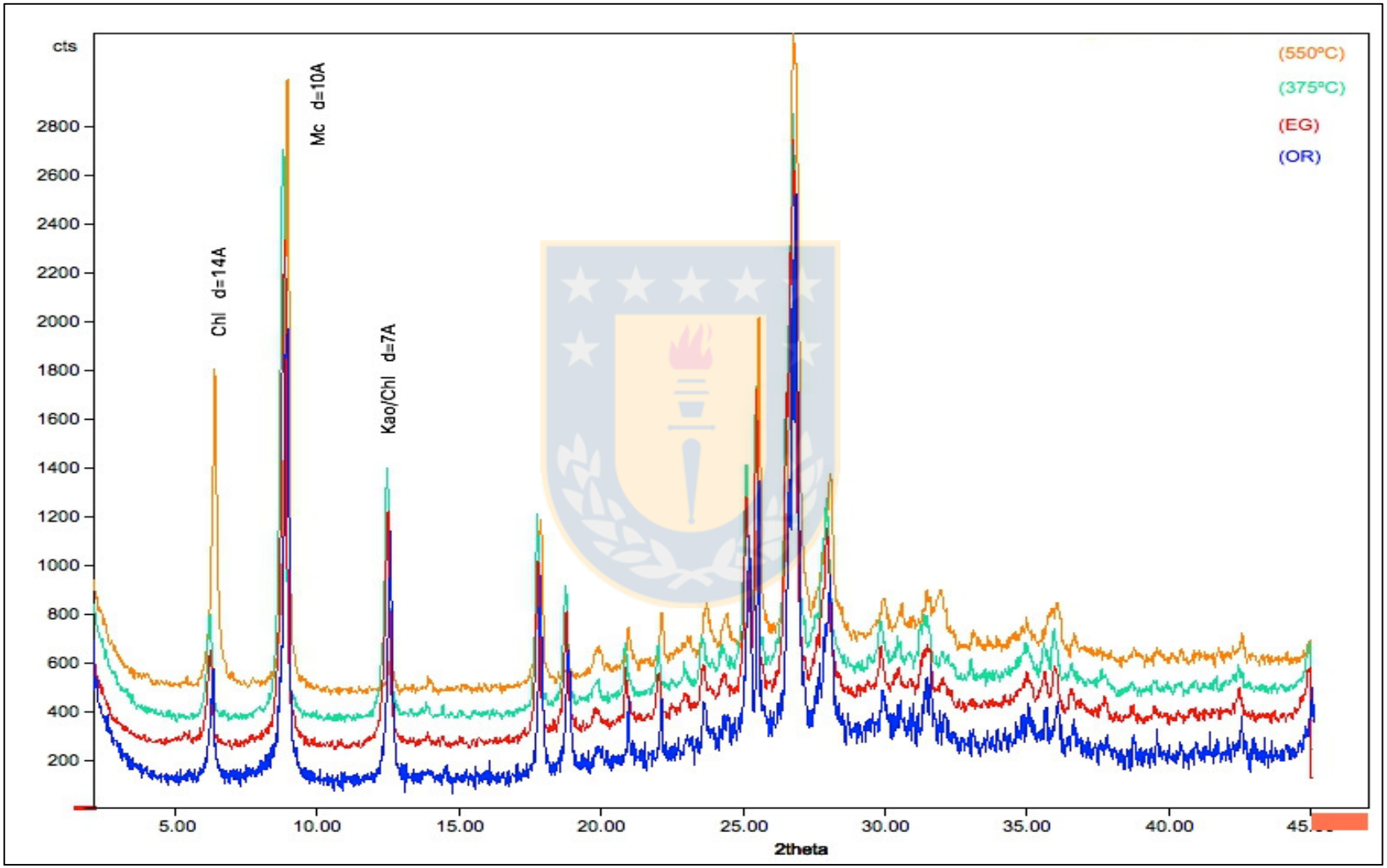
# T-100D


cts
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
6000
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

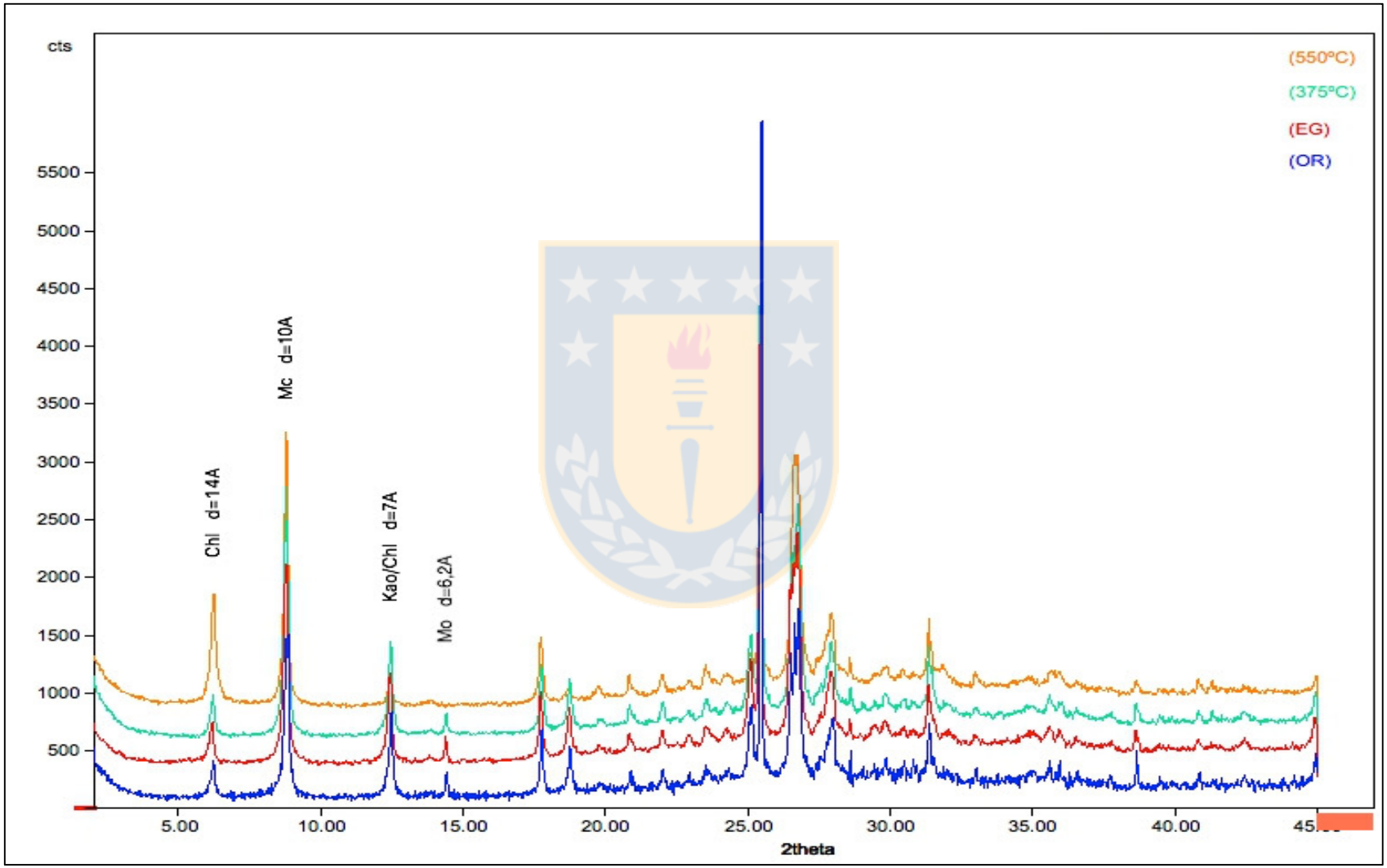
# T-75E/25F


cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

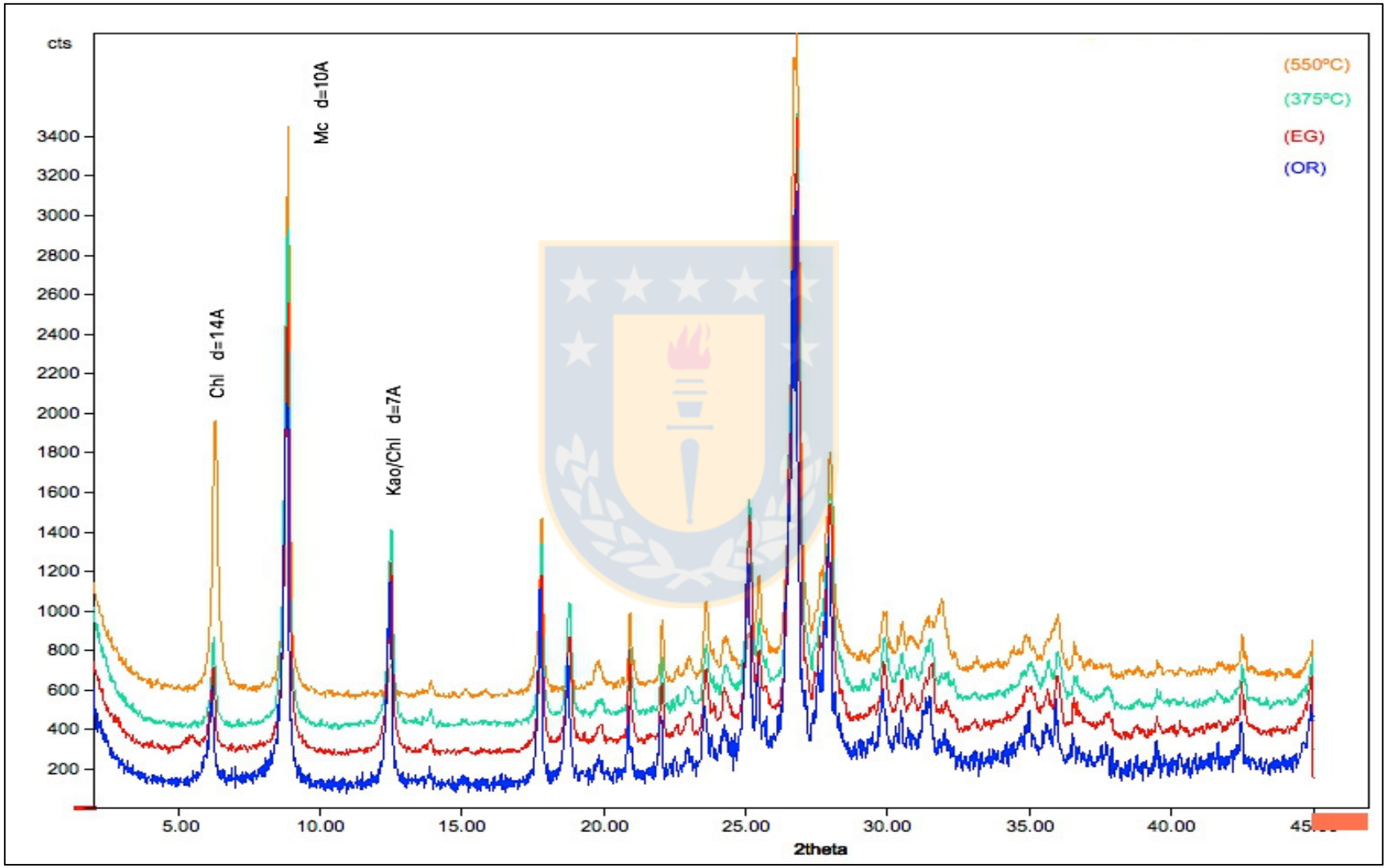
# T-50E/50F


cts
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

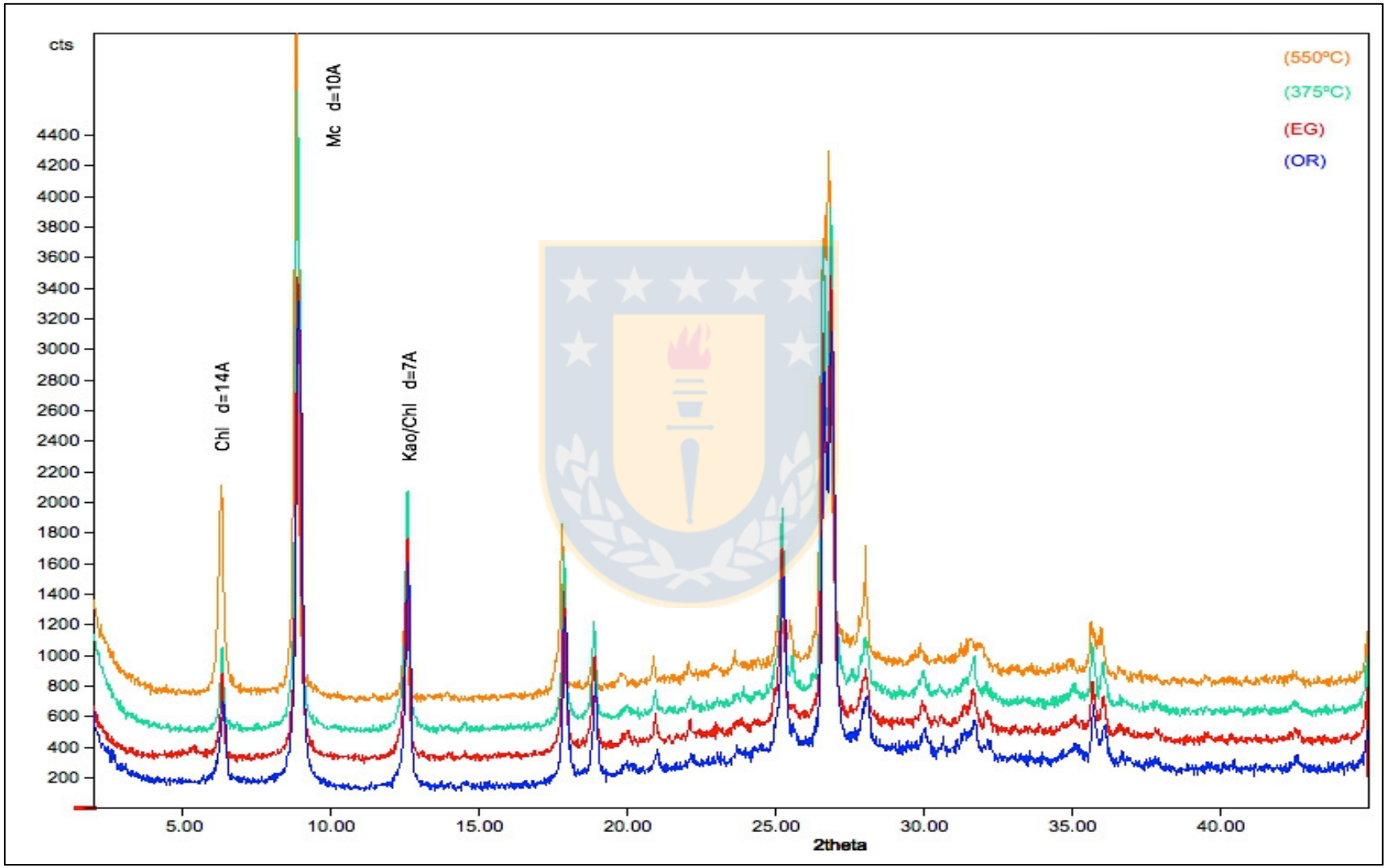
# T-25E/75F


cts
(550ºC)
(375ºC)
(EG)
(OR)
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
Mo d=6,2A
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

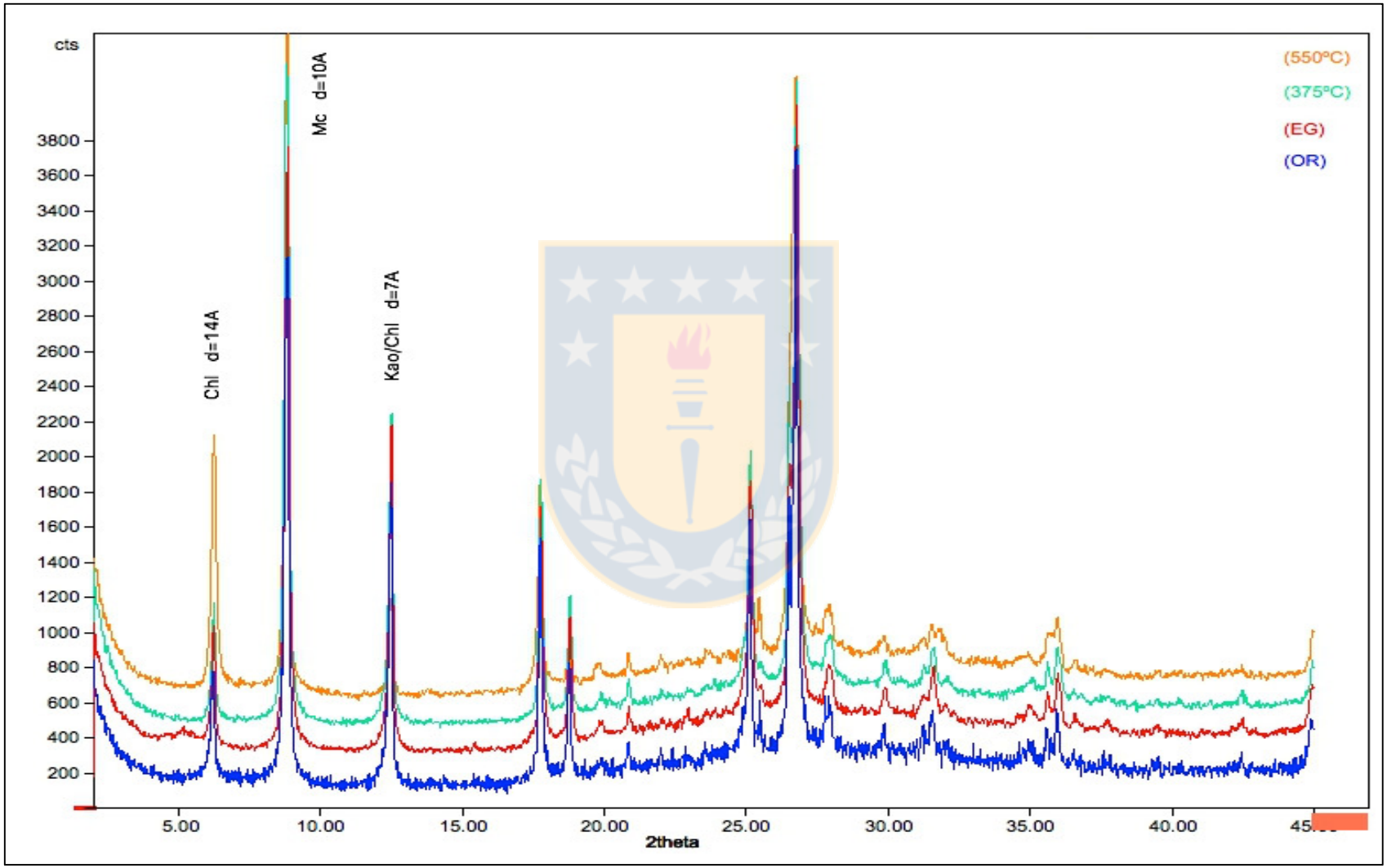
# T-100F


cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

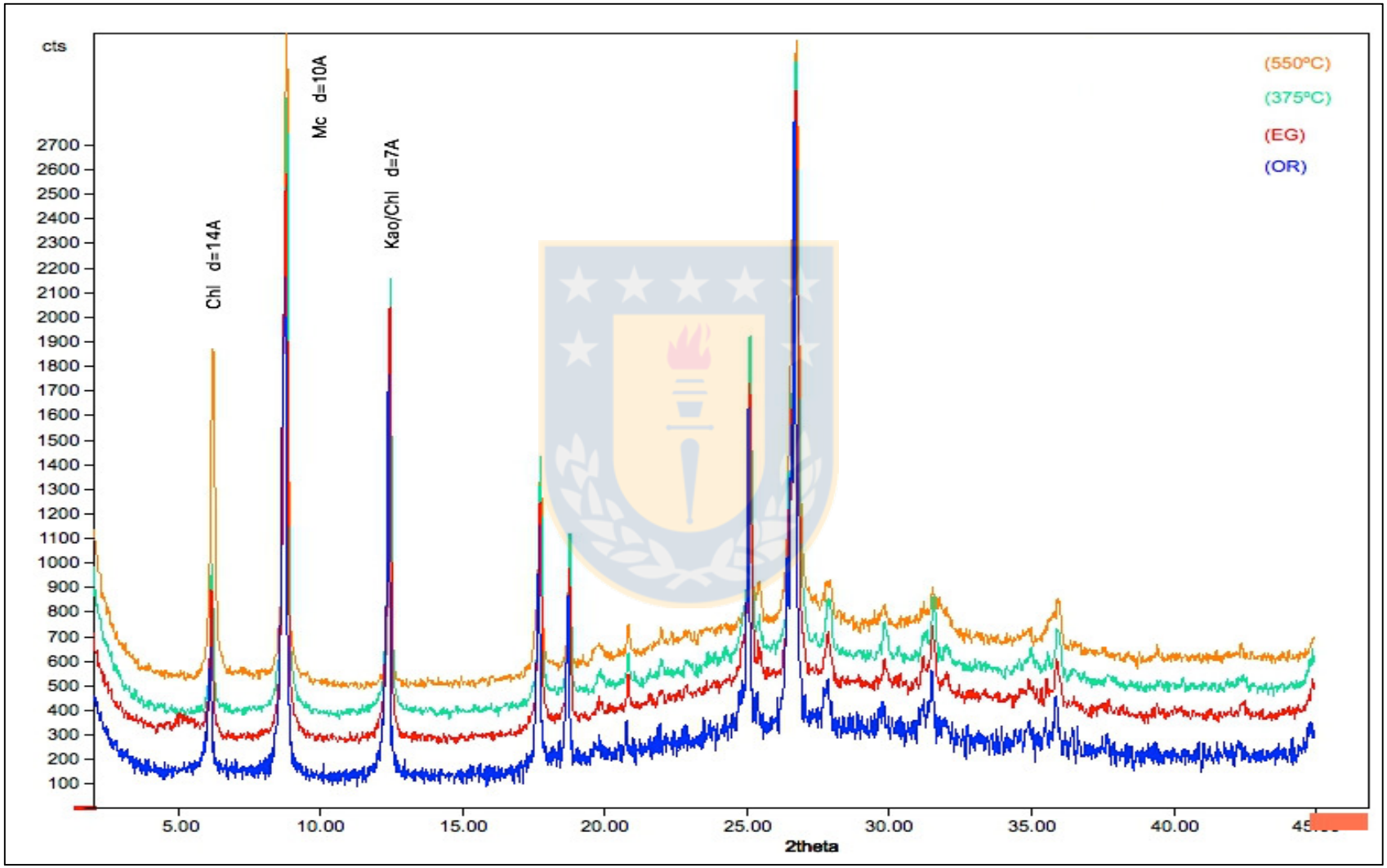
# T-75E/25MD


cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
4400
4200
4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

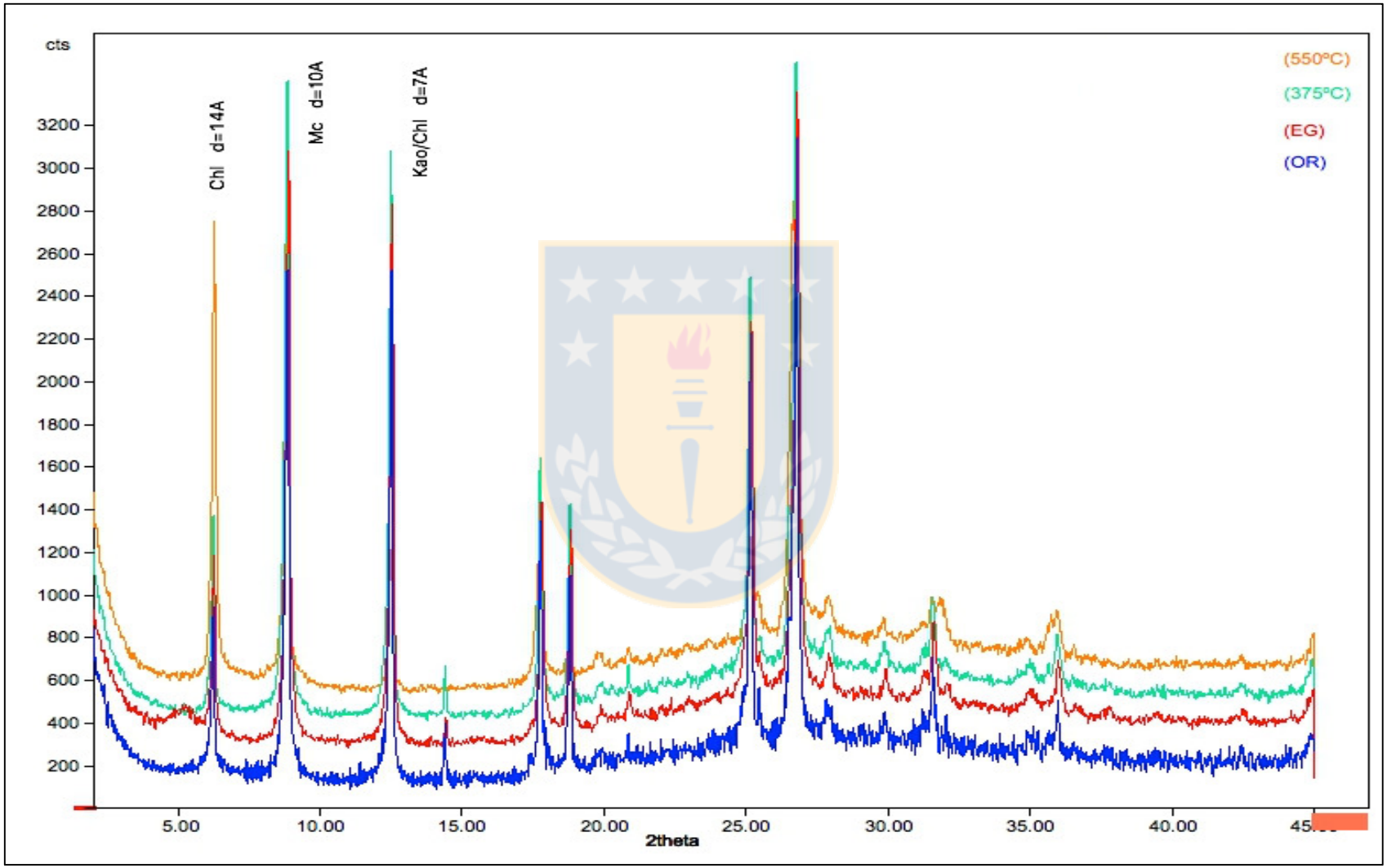
# T-50E/50MD


cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# T-25E/75MD


cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
2700
2600
2500
2400
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# T-100MD


cts
Chl d=14A
Mc d=10A
Kao/Chl d=7A
(550°C)
(375°C)
(EG)
(OR)
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
2theta

# ANEXO C

# RESULTADOS QUÍMICOS

## A) Muestras de alimentación

| N° | Muestra | % | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Cu | Fe | Mo |
| **306** | F/0E/100E | 1,13 | 3,28 | 0,00125 |
| **307** | F/0E/100MD | 1,09 | 4,52 | 0,00140 |
| **308** | F/25E/75MD | 0,96 | 3,9 | 0,00138 |
| **309** | F/50E/50MD | 1,12 | 4,37 | 0,00127 |
| **310** | F/75E/25MD | 1,14 | 4,18 | 0,00127 |
| **311** | F/0E/100F | 1,19 | 2,22 | 0,00173 |
| **312** | F/25E/75F | 1,16 | 2,48 | 0,00113 |
| **313** | F/50E/50F | 1,03 | 2,75 | 0,00121 |
| **314** | F/75E/25F | 1,15 | 3,15 | 0,00155 |
| **315** | F/0E/100D | 0,92 | 2,54 | 0,00050 |
| **316** | F/25E/75D | 1,08 | 3,01 | 0,00082 |
| **317** | F/50E/50D | 1,09 | 3,11 | 0,00097 |
| **318** | F/75E/25D | 1,13 | 3,27 | 0,00104 |

## B) Muestras de concentrados de flotación con cinética

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | E.C1/100E | | % | % | % | % | PPM |
| **278** | **C1/100E/0,5** | 27 | 1 | 3,28 | 64,36 | 0,00128 | 128 |
| **279** | **C1/100E/1** | 18,2 | 1,9 | 4,22 | 57,43 | 0,00167 | 167 |
| **280** | **C1/100E/3** | 79,72 | 10,95 | 14,96 | 36,01 | 0,01213 | 1213 |
| **281** | **C1/100E/5** | 39,62 | 5,75 | 8,54 | 49,63 | 0,00697 | 697 |
| **282** | **C1/100E/10** | 21,66 | 2,81 | 5,18 | 51,47 | 0,00329 | 329 |
| **283** | **C1/100E/16*** | 12,97 | 1,14 | 3,81 | 74,42 | 0,00161 | 161 |
| **284** | **C1/100E/20*** | 8,67 | 0,59 | 3,26 | 61,96 | 0,00092 | 92 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | E.C2/100E | | % | % | % | % | PPM |
| **299** | **C2/100E/0,5** | 17,67 | 0,89 | 3,28 | 66,25 | 0,00118 | 118 |
| **300** | **C2/100E/1** | 19,38 | 1,35 | 3,4 | 61,97 | 0,00165 | 165 |
| **301** | **C2/100E/3** | 27,66 | 11,68 | 15,07 | 33,66 | 0,01274 | 1274 |
| **302** | **C2/100E/5** | 17,03 | 5,33 | 8,25 | 45,39 | 0,00640 | 640 |
| **303** | **C2/100E/10** | 19,13 | 2,1 | 3,98 | 58,18 | 0,00277 | 277 |
| **304** | **C2/100E/16** | 31,87 | 0,66 | 3,13 | 56.72 | 0,00094 | 94 |
| **305** | **C2/100E/20*** | 11,05 | 0,4 | 2,78 | 68,97 | 0,00065 | 65 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | E.C1/75E/25D | | % | % | % | % | PPM |
| 429 | C1/75E/25D/0,5* | 4,22 | 4.28 | 5.87 | 64.7 | 0,00465 | 465 |
| 430 | C1/75E/25D/1 | 23,59 | 19,13 | 21,93 | 21,9 | 0,02039 | 2039 |
| 431 | C1/75E/25D/3 | 38,8 | 14,28 | 18,61 | 29,28 | 0,01478 | 1478 |
| 432 | C1/75E/25D/5 | 14,56 | 4,64 | 8,82 | 52,53 | 0,00404 | 404 |
| 433 | C1/75E/25D/10 | 15,93 | 2,43 | 5,84 | 53,28 | 0,00190 | 190 |
| 434 | C1/75E/25D/16* | 12,1 | 1,21 | 3,79 | 70,59 | 0,00100 | 100 |
| 435 | C1/75E/25D/20* | 10,61 | 0,56 | 2,87 | 73,06 | 0,00054 | 54 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | E.C2/75E/25D | | % | % | % | % | PPM |
| 436 | E.C2/75E/25D/0,5 | 4,2 | 2.08 | 3.93 | 70.61 | 0,00246 | 246 |
| 437 | E.C2/75E/25D/1 | 16,85 | 17,01 | 19,64 | 26,02 | 0,01878 | 1878 |
| 438 | E.C2/75E/25D/3 | 44,15 | 15,9 | 20,29 | 24,6 | 0,01517 | 1517 |
| 439 | E.C2/75E/25D/5 | 19,57 | 6,03 | 10,01 | 43,47 | 0,00543 | 543 |
| 440 | E.C2/75E/25D/10 | 24,59 | 2,06 | 5,04 | 54,93 | 0,00175 | 175 |
| 441 | E.C2/75E/25D/16 | 19,52 | 0,34 | 2,63 | 60,38 | 0,00070 | 70 |
| 442 | E.C2/75E/25D/20 | 15,1 | 0,34 | 2,63 | 60,38 | 0,00034 | 34 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | E.C1/50E/50D | | % | % | % | % | PPM |
| 409 | C1/50E/50D/0,5 | 4,47 | 9,09 | 11,3 | 50,95 | 0,00945 | 945 |
| 410 | C1/50E/50D/1 | 27,99 | 17,4 | 22,56 | 18,22 | 0,01477 | 1477 |
| 411 | C1/50E/50D/3 | 37,53 | 12,98 | 17,83 | 30,73 | 0,01131 | 1131 |
| 412 | C1/50E/50D/5 | 13,23 | 4,93 | 9,02 | 47,27 | 0,00394 | 394 |
| 413 | C1/50E/50D/10 | 15,48 | 2,15 | 5,33 | 54,01 | 0,00136 | 136 |
| 414 | C1/50E/50D/16 | 11,63 | 1,02 | 3,24 | 67,48 | 0,00061 | 61 |
| 415 | C1/50E/50D/20 | 7,64 | 0,65 | 2,95 | 68,2 | 0,00047 | 47 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | E.C2/50E/50D | | % | % | % | % | PPM |
| 416 | C2/50E/50D/0,5 | 2,8 | 17,8 | 22,73 | 26,46 | 0,01582 | 1582 |
| 417 | C2/50E/50D/1 | 23,84 | 20,02 | 25,16 | 16,96 | 0,01668 | 1668 |
| 418 | C2/50E/50D/3 | 26,15 | 16,29 | 21,94 | 22,33 | 0,01396 | 1396 |
| 419 | C2/50E/50D/5 | 11,68 | 9,13 | 15,06 | 44,06 | 0,00765 | 765 |
| 420 | C2/50E/50D/10 | 17,25 | 3,36 | 6,81 | 47,94 | 0,00276 | 276 |
| 421 | C2/50E/50D/16 | 12,5 | 1,37 | 3,83 | 69,43 | 0,00085 | 85 |
| 422 | C2/50E/50D/20 | 8,26 | 0,69 | 2,96 | 71,39 | 0,00083 | 83 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | E.C1/25E/75D | | % | % | % | % | PPM |
| 395 | C1/25E/75D/0,5 | 7,35 | 18,295 | 24,57 | 22,44 | 0,01441 | 1441 |
| 396 | C1/25E/75D/1 | 19,67 | 17,42 | 23,25 | 19,94 | 0,01311 | 1311 |
| 397 | C1/25E/75D/3 | 30,47 | 12,66 | 17,32 | 24,00 | 0,01249 | 1249 |
| 398 | C1/25E/75D/5 | 9,66 | 9,08 | 16,04 | 42,62 | 0,00588 | 588 |
| 399 | C1/25E/75D/10 | 14,18 | 4,15 | 9,44 | 48,88 | 0,00228 | 228 |
| 400 | C1/25E/75D/16 | 12,79 | 1,36 | 3,99 | 68,94 | 0,00073 | 73 |
| 401 | C1/25E/75D/20 | 10,82 | 0,59 | 2,68 | 71,53 | 0,00042 | 42 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | E.C2/25E/75D | | % | % | % | % | PPM |
| 402 | C2/25E/75D/0,5 | 7,24 | 19,45 | 26,13 | 18,88 | 0,01624 | 1624 |
| 403 | C2/25E/75D/1 | 23,77 | 19,2 | 25,55 | 18,00 | 0,01547 | 1547 |
| 404 | C2/25E/75D/3 | 29,49 | 15,13 | 22,53 | 24,71 | 0,01203 | 1203 |
| 405 | C2/25E/75D/5 | 11,65 | 6,64 | 12,44 | 47,86 | 0,00413 | 413 |
| 406 | C2/25E/75D/10 | 12,7 | 2,59 | 6,08 | 63,62 | 0,00162 | 162 |
| 407 | C2/25E/75D/16 | 11,22 | 1,07 | 3,41 | 69,98 | 0,00053 | 53 |
| 408 | C2/25E/75D/20 | 6,41 | 0,77 | 2,85 | 69,67 | 0,00043 | 43 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | E.C1/100D | | % | % | % | % | PPM |
| 285 | C1/100D/0,5 | 19,23 | 12,3 | 23,14 | 11,61 | 0,01174 | 1174 |
| 286 | C1/100D/1 | 19,57 | 15,77 | 23,51 | 21,46 | 0,01206 | 1206 |
| 287 | C1/100D/3 | 24,25 | 14,5 | 22,57 | 24,37 | 0,00971 | 971 |
| 288 | C1/100D/5 * | 9,2 | 8,96 | 16,64 | 38,54 | 0,00622 | 622 |
| 289 | C1/100D/10 * | 14,69 | 3,24 | 8,64 | 57,42 | 0,00225 | 225 |
| 290 | C1/100D/16 * | 14,49 | 0,75 | 14,52 | 69,26 | 0,00056 | 56 |
| 291 | C1/0E/100D/20 * | 5,82 | 0,55 | 12,77 | 69,55 | 0,00052 | 52 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | E.C2/100D | | % | % | % | % | PPM |
| 292 | C2/100D/0,5 | 27,27 | 17,84 | 23,17 | 22,42 | 0,02135 | 2135 |
| 293 | C2/100D/1 | 15 | 16,69 | 23,02 | 19,81 | 0,01492 | 1492 |
| 294 | C2/100D/3 | 67,3 | 13,16 | 21,31 | 25,15 | 0,01052 | 1052 |
| 295 | C2/100D/5 | 47,32 | 4,72 | 12,83 | 42,22 | 0,00293 | 293 |
| 296 | C2/100D/10 | 27,83 | 1,61 | 7,35 | 54,67 | 0,00088 | 88 |
| 297 | C2/100D/16 | 20,01 | 0,45 | 2,66 | 65,66 | 0,00033 | 33 |
| 298 | C2/100D/20 * | 9,45 | 0,34 | 2,26 | 67,19 | 0,00040 | 40 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | C1/75E/25F | | % | % | % | % | PPM |
| 367 | C1/75E/25F/0,5 | 2,36 | 1,4 | 3,28 | 70,25 | ins | insuf |
| 368 | C1/75E/25F/1 | 4 | 13,48 | 13,13 | 42,08 | 0,01495 | 1495 |
| 369 | C1/75E/25F/3 | 45,05 | 20,36 | 19,24 | 23,99 | 0,03058 | 3058 |
| 370 | C1/75E/25F/5 | 15,49 | 11,43 | 13,3 | 37,39 | 0,01142 | 1141 |
| 371 | C1/75E/25F/10 | 28,67 | 3,49 | 5,83 | 57,39 | 0,00322 | 322 |
| 372 | C1/75E/25F/16 | 17,1 | 1,24 | 3,8 | 56,64 | 0,00101 | 101 |
| 373 | C1/75E/25F/20 | 11,55 | 1,28 | 3,41 | 66,03 | 0,00135 | 135 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | C2/75E/25F | | % | % | % | % | PPM |
| 374 | C2/75E/25F/0,5 | 2,53 | 1,44 | 3,31 | 67,60 | 0,00156 | 156 |
| 375 | C2/75E/25F/1 | 3,9 | 19,1 | 17,9 | 31,17 | 0,02882 | 2882 |
| 376 | C2/75E/25F/3 | 40,8 | 18,81 | 19,11 | 23,95 | 0,02764 | 2763 |
| 377 | C2/75E/25F/5 | 20,91 | 7,93 | 10,02 | 43,64 | 0,00710 | 709 |
| 378 | C2/75E/25F/10 | 20,16 | 3,51 | 6,12 | 51,98 | 0,00291 | 291 |
| 379 | C2/75E/25F/16 | 15,39 | 1,47 | 4,03 | 57,44 | 0,00108 | 108 |
| 380 | C2/75E/25F/20 | 12,63 | 0,68 | 2,84 | 71,42 | 0,00065 | 65 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | C1/50E/50F | | % | % | % | % | PPM |
| 353 | C1/50E/50F/0,5 | 9,89 | 4,41 | 5,31 | 61,94 | 0,00533 | 533 |
| 354 | C1/50E/50F/1 | 22,17 | 18,2 | 15,27 | 27,99 | 0,03071 | 3070 |
| 355 | C1/50E/50F/3 | 30,95 | 16,83 | 14,39 | 32,79 | 0,02743 | 2743 |
| 356 | C1/50E/50F/5 | 11,45 | 11,07 | 10,9 | 45,31 | 0,01185 | 1185 |
| 357 | C1/50E/50F/10 | 18,02 | 4,68 | 5,62 | 52 | 0,00485 | 484 |
| 358 | C1/50E/50F/16 | 14,06 | 1,61 | 3,51 | 64,8 | 0,00157 | 157 |
| 359 | C1/50E/50F/20 | 9,82 | 0,89 | 3,06 | 64,36 | 0,00110 | 109 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | C2/50E/50F | | % | % | % | % | PPM |
| 360 | C2/50E/50F/0,5 | 3,57 | 1,31 | 3,06 | 67,88 | 0,00169 | 169 |
| 361 | C2/50E/50F/1 | 3,9 | 19,07 | 14,65 | 34,11 | 0,03292 | 3292 |
| 362 | C2/50E/50F/3 | 40,48 | 21,93 | 18,09 | 23,17 | 0,03485 | 3484 |
| 363 | C2/50E/50F/5 | 13,75 | 13,91 | 13,45 | 37,20 | 0,01477 | 1477 |
| 364 | C2/50E/50F/10 | 17,11 | 7,17 | 8,17 | 51,41 | 0,00594 | 594 |
| 365 | C2/50E/50F/16 | 15,86 | 2,16 | 3,86 | 56,48 | 0,00182 | 181 |
| 366 | C2/50E/50F/20 | 19,85 | 0,53 | 2,68 | 61,60 | 0,00053 | 52 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | C1/25E/75F | | % | % | % | % | PPM |
| 381 | C1/25E/75F/0,5 | 2,57 | 2,29 | 2,97 | 70,4 | 0,00331 | 331 |
| 382 | C1/25E/75F/1 | 11,44 | 24,52 | 14,71 | 32,61 | 0,03954 | 3954 |
| 383 | C1/25E/75F/3 | 33,05 | 19,89 | 12,46 | 31,34 | 0,03444 | 3444 |
| 384 | C1/25E/75F/5 | 12,3 | 13,96 | 10,55 | 49,31 | 0,02077 | 2076 |
| 385 | C1/25E/75F/10 | 14,76 | 6,87 | 6,19 | 51,73 | 0,00781 | 780 |
| 386 | C1/25E/75F/16 | 11,96 | 2,59 | 3,49 | 70,965 | 0,00273 | 272 |
| 387 | C1/25E/75F/20 | 6,36 | 1,49 | 2,99 | 70,7 | 0,00174 | 174 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | C2/25E/75F | | % | % | % | % | PPM |
| 388 | C2/25E/75F/0,5 | 1,69 | 1,96 | 2,71 | 72,13 | 0,00309 | 309 |
| 389 | C2/25E/75F/1 | 5,27 | 21,12 | 12,56 | 37,15 | 0,03672 | 3672 |
| 390 | C2/25E/75F/3 | 35,49 | 24,55 | 14,38 | 26,18 | 0,03843 | 3843 |
| 391 | C2/25E/75F/5 | 13,63 | 14,09 | 9,48 | 39,5 | 0,02501 | 2501 |
| 392 | C2/25E/75F/10 | 14,12 | 6,94 | 6,41 | 52,54 | 0,00662 | 662 |
| 393 | C2/25E/75F/16 | 10,32 | 2,64 | 3,58 | 70,08 | 0,00254 | 254 |
| 394 | C2/25E/75F/20 | 4,8 | 1,63 | 3,07 | 69,59 | 0,00178 | 178 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | C1/100F | | % | % | % | % | PPM |
| 339 | C1/100F/0,5 | 2,63 | 1,77 | 2,51 | 72,13 | ins | ins |
| 340 | C1/100F/1 | 5,66 | 16,87 | 8,85 | 45,83 | 0,03048 | 3048 |
| 341 | C1/100F/3 | 39,03 | 23,59 | 10,38 | 34,99 | 0,03969 | 3969 |
| 342 | C1/100F/5 | 16,14 | 12,38 | 6,23 | 48,01 | 0,02102 | 2102 |
| 343 | C1/100F/10 | 18,53 | 4,18 | 4,18 | 58,75 | 0,00709 | 709 |
| 344 | C1/100F/16 | 11,41 | 2,64 | 3,03 | 67,13 | 0,00169 | 169 |
| 345 | C1/100F/20 | 9,92 | 1,15 | 2,64 | 66,5 | 0,00171 | 171 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | C2/100F | | % | % | % | % | PPM |
| 346 | C2/100F/0,5 | 5,04 | 1,44 | 2,41 | 69,65 | 0,00252 | 252 |
| 347 | C2/100F/1 | 9,56 | 8,235 | 4,77 | 34,31 | 0,01197 | 1197 |
| 348 | C2/100F/3 | 43,84 | 23,9 | 10,66 | 36,5 | 0,04105 | 4105 |
| 349 | C2/100F/5 | 16,12 | 10,97 | 6,29 | 49,16 | 0,01211 | 1211 |
| 350 | C2/100F/10 | 21,71 | 3,57 | 3,41 | 60,29 | 0,00376 | 376 |
| 351 | C2/100F/16 | 14,01 | 1,69 | 2,96 | 58,2 | 0,00164 | 164 |
| 352 | C2/100F/20 | 6,95 | 1,14 | 2,89 | 63,94 | 0,00126 | 125 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | E.C1/75E/25MD | | % | % | % | % | PPM |
| 229 | C1/75E/25MD/0,5 * | 0,82 | 13,15 | 14,6 | 44,55 | ins | ins |
| 230 | C1/75E/25MD/1 | 9,18 | 24,07 | 27,27 | 11,86 | 0,03894 | 3894 |
| 231 | C1/75E/25MD/3 | 40,48 | 15,73 | 24,29 | 20,84 | 0,02481 | 2481 |
| 232 | C1/75E/25MD/5 | 16,54 | 8,39 | 16,58 | 38,31 | 0,00849 | 849 |
| 233 | C1/75E/25MD/10 | 18,11 | 3,52 | 9,62 | 50,44 | 0,00393 | 393 |
| 234 | C1/75E/25MD/16 | 13,16 | 1,54 | 5,16 | 62,32 | 0,00165 | 165 |
| 235 | C1/75E/25MD/20 | 6,54 | 1 | 4,32 | 64,19 | 0,00120 | 120 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | E.C2/75E/25MD | | % | % | % | % | PPM |
| 451 | C2/75E/25MD/0,5 | 12,72 | 7,83 | 10,04 | 48 | 0,01057 | 1057 |
| 452 | C2/75E/25MD/1 | 27,49 | 17,66 | 22,41 | 20,23 | 0,02362 | 2362 |
| 453 | C2/75E/25MD/3 | 32,91 | 12,98 | 20,13 | 26,41 | 0,01549 | 1549 |
| 454 | C2/75E/25MD/5 | 9,06 | 6,1 | 14,52 | 40,34 | 0,00693 | 693 |
| 455 | C2/75E/25MD/10 | 13,25 | 3,18 | 10,64 | 46,67 | 0,00293 | 293 |
| 456 | C2/75E/25MD/16 | 9,86 | 1,55 | 7,34 | 54,19 | 0,00139 | 139 |
| 457 | C2/75E/25MD/20 | 13,64 | 0,72 | 4,99 | 56,04 | 0,00068 | 68 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | E.C1/50E/50MD | | % | % | % | % | PPM |
| 236 | C1/50E/50MD/0,5 * | 6,7 | 1,32 | 4,62 | 66,47 | 0,00172 | 172 |
| 237 | C1/50E/50MD/1 * | 8,63 | 7,44 | 10,69 | 50,1 | 0,00644 | 644 |
| 238 | C1/50E/50MD/3 | 60,46 | 11,58 | 19,76 | 29,49 | 0,01294 | 1294 |
| 239 | C1/50E/50MD/5 | 24,96 | 7,29 | 16,03 | 37,64 | 0,00970 | 970 |
| 240 | C1/50E/50MD/10 | 28,41 | 3,35 | 9,36 | 47,47 | 0,00534 | 534 |
| 241 | C1/50E/50MD/16 | 19,07 | 1,27 | 5,23 | 57,92 | 0,00200 | 200 |
| 242 | C1/50E/50MD/20 * | 11,44 | 0,75 | 4,92 | 66,42 | 0,00112 | 112 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | E.C2/50E/50MD | | % | % | % | % | PPM |
| 443 | C2/50E/50MD/0,5 | 21,44 | 7,87 | 20,01 | 33,28 | 0,01732 | 1732 |
| 444 | C2/50E/50MD/1 | 23,34 | 12,24 | 24,81 | 39,39 | 0,02271 | 2271 |
| 445 | C2/50E/50MD/3 | 33,14 | 7,63 | 11,13 | 38,8 | 0,01531 | 1531 |
| 446 | C2/50E/50MD/5 | 14,14 | 1,49 | 4,43 | 54,33 | 0,00563 | 563 |
| 447 | C2/50E/50MD/10 | 24,04 | 0,57 | 1,65 | 62,27 | 0,00191 | 191 |
| 448 | C2/50E/50MD/16 | 21,04 | 0,15 | 2,84 | 65,15 | 0,00087 | 87 |
| 449 | C2/50E/50MD/20 | 19,64 | 0,57 | 1,65 | 62,27 | 0,00032 | 32 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E.C1/25E/75MD | | % | % | % | % | PPM |
| 222 | C1/25E/75MD/0,5 * | 8 | 1,24 | 5,22 | 68,37 | 0,00176 | 176 |
| 223 | C1/25E/75MD/1 * | 8,22 | 8,13 | 14,05 | 46,27 | 0,00990 | 990 |
| 224 | C1/25E/75MD/3 | 60,11 | 10,85 | 22,19 | 32,91 | 0,01417 | 1417 |
| 225 | C1/25E/75MD/5 | 41,11 | 5,13 | 12,86 | 46,61 | 0,00720 | 720 |
| 226 | C1/25E/75MD/10 | 30,62 | 2,8 | 8,77 | 54,29 | 0,00393 | 393 |
| 227 | C1/25E/75MD/16 | 21,75 | 1,45 | 5,73 | 58,69 | 0,00187 | 187 |
| 228 | C1/25E/75MD/20 * | 11,03 | 1,03 | 4,98 | 64,37 | 0,00140 | 140 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | E.C2/25E/75MD | | % | % | % | % | PPM |
| 250 | C2/25E/75MD/0,5 * | 4,44 | 2,24 | 5,86 | 59,95 | 0,00267 | 267 |
| 251 | C2/25E/75MD/1 * | 7,32 | 13,97 | 18,95 | 31,35 | 0,01890 | 1890 |
| 252 | C2/25E/75MD/3 | 59,06 | 10,82 | 20,82 | 27,18 | 0,01537 | 1537 |
| 253 | C2/25E/75MD/5 | 39,68 | 5,09 | 14,37 | 45,22 | 0,00676 | 676 |
| 254 | C2/25E/75MD/10 | 30,57 | 2,54 | 9,52 | 49,56 | 0,00366 | 366 |
| 255 | C2/25E/75MD/16 | 27,53 | 1,14 | 5,54 | 55,49 | 0,00148 | 148 |
| 256 | C2/25E/75MD/20 * | 11,16 | 0,85 | 4,9 | 61,71 | 0,00123 | 123 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | E.C1/100MD | | % | % | % | % | PPM |
| 459 | C1/100MD/0,5 | 22,81 | 2,55 | 23,85 | 31,2 | 0,01582 | 1582 |
| 460 | C1/100MD/1 | 23,58 | 4,38 | 23,63 | 30,28 | 0,01846 | 1846 |
| 461 | C1/100MD/3 | 34,72 | 10,48 | 21,83 | 26,76 | 0,01427 | 1427 |
| 462 | C1/100MD/5 | 13,17 | 14,94 | 16,35 | 33,55 | 0,00827 | 827 |
| 463 | C1/100MD/10 | 19,29 | 8,24 | 9,64 | 47,78 | 0,00379 | 379 |
| 464 | C1/100MD/16 | 18,44 | 3,54 | 6,02 | 53,87 | 0,00145 | 145 |
| 465 | C1/100MD/20 | 10,74 | 2,13 | 4,92 | 64,24 | 0,00106 | 106 |

| N° | MUESTRA | wg | Cu | Fe | In | Mo | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | E.C2/100MD | | % | % | % | % | PPM |
| 467 | C2/100MD/0,5 | 19,84 | 3,08 | 23,61 | 29,09 | 0,01529 | 1529 |
| 468 | C2/100MD/1 | 39,34 | 4,91 | 21,76 | 32,49 | 0,01901 | 1901 |
| 469 | C2/100MD/3 | 37,94 | 7,84 | 15,29 | 37,82 | 0,00956 | 956 |
| 470 | C2/100MD/5 | 15,14 | 12,98 | 15,27 | 35,62 | 0,00613 | 613 |
| 471 | C2/100MD/10 | 17,14 | 8,5 | 9,74 | 43,09 | 0,00338 | 338 |
| 472 | C2/100MD/16 | 17,64 | 3,56 | 6,34 | 55,11 | 0,00136 | 136 |
| 473 | C2/100MD/20 | 12,14 | 1,89 | 4,63 | 68,7 | 0,00074 | 74 |

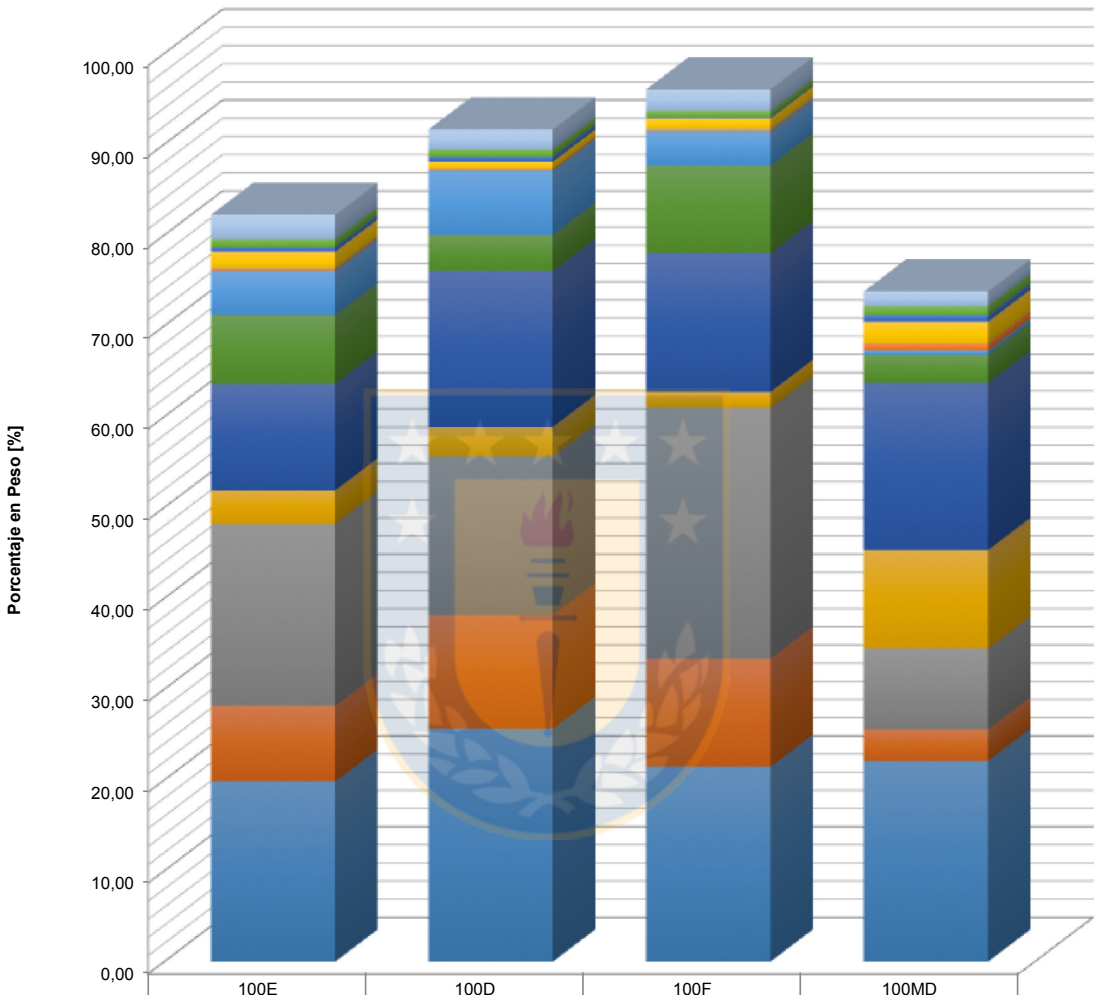
## C) Muestras de colas de flotación

| Nº | Muestra | % | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Cu | Fe | Mo |
| **319** | T1/25E/75MD | 0,19 | 3,58 | 0,00027 |
| **320** | T2/25E/75MD | 0,19 | 3,72 | 0,00027 |
| **321** | T1/75E/25MD | 0,1 | 2,9 | 0,00021 |
| **458** | T2/75E/25MD | 0,09 | 2,19 | 0,00020 |
| **323** | T1/50E/50MD | 0,14 | 2,93 | 0,00035 |
| **450** | T2/50E/50MD | 0,15 | 2,84 | 0,00018 |
| **466** | T1/100MD | 0,21 | 3,56 | 0,00029 |
| **474** | T2/100MD | 0,2 | 3,55 | 0,00027 |
| **327** | T1/25E/75F | 0,06 | 1,99 | 0,00024 |
| **328** | T2/25E/75F | 0,06 | 1,92 | 0,00021 |
| **329** | T1/75E/25F | 0,06 | 2,45 | 0,00020 |
| **330** | T2/75E/25F | 0,06 | 2,23 | 0,00019 |
| **331** | T1/50E/50F | 0,06 | 1,96 | 0,00023 |
| **332** | T2/50E/50F | 0,06 | 2,14 | 0,00021 |
| **333** | T1/0E/100F | 0,06 | 1,81 | 0,00026 |
| **334** | T2/0E/100F | 0,06 | 1,80 | 0,00025 |
| **335** | T1/0E/100E | 0,05 | 2,27 | 0,00015 |
| **336** | T2/0E/100E | 0,04 | 2,45 | 0,00019 |
| **337** | T1/0E/100D | 0,02 | 1,48 | 0,00015 |
| **338** | T2/0E/100D | 0,03 | 1,63 | 0,00016 |
| **423** | T1/25E/75D | 0,04 | 1,62 | 0,00013 |
| **424** | T2/25E/75D | 0,04 | 1,63 | 0,00012 |
| **425** | T1/75E/25D | 0,05 | 1,93 | 0,00018 |
| **426** | T2/75E/25D | 0,05 | 2,01 | 0,00020 |
| **427** | T1/50E/50D | 0,04 | 1,73 | 0,00014 |
| **428** | T2/50E/50D | 0,04 | 1,8 | 0,00019 |

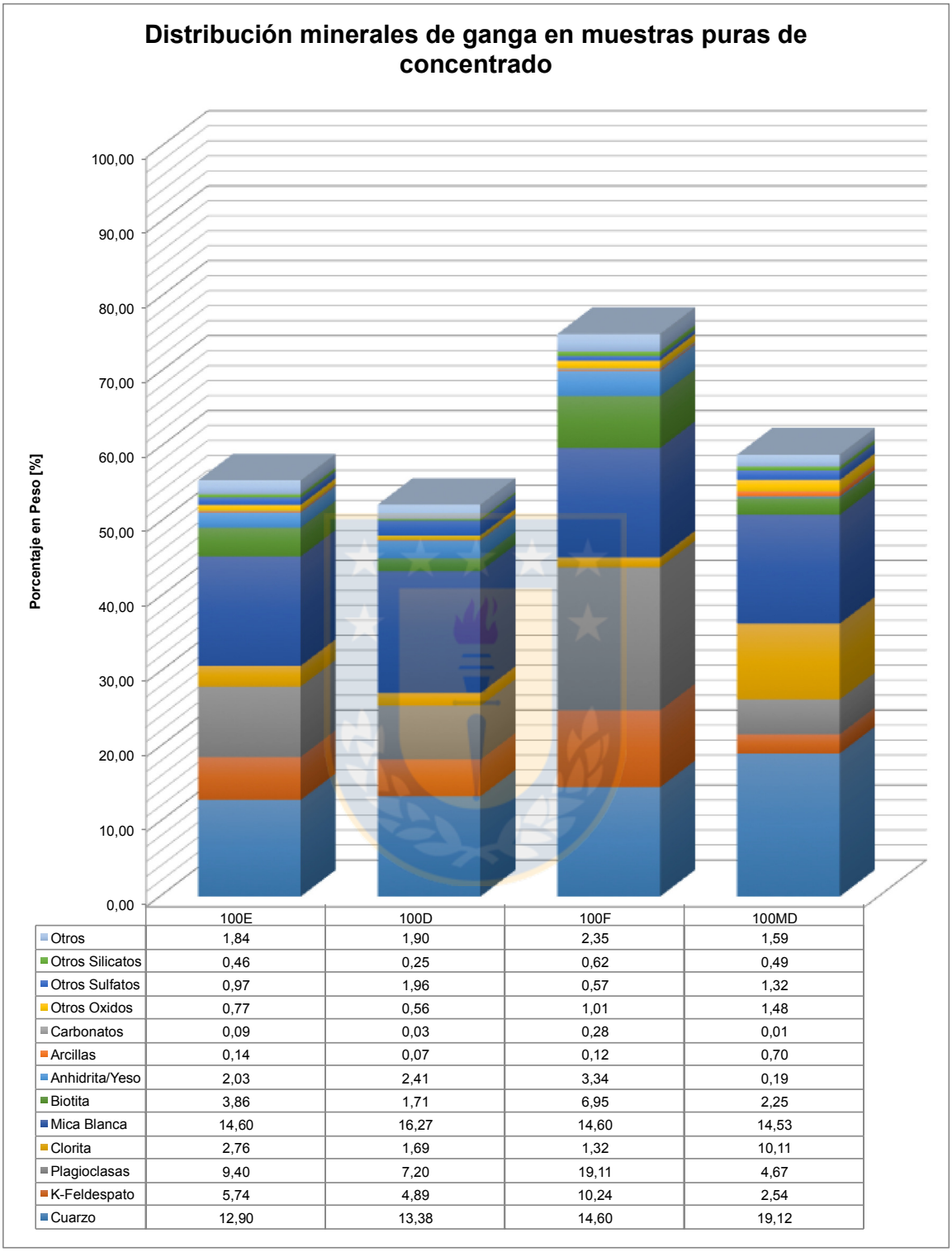
# ANEXO D

# GRÁFICOS MINERALÓGICOS

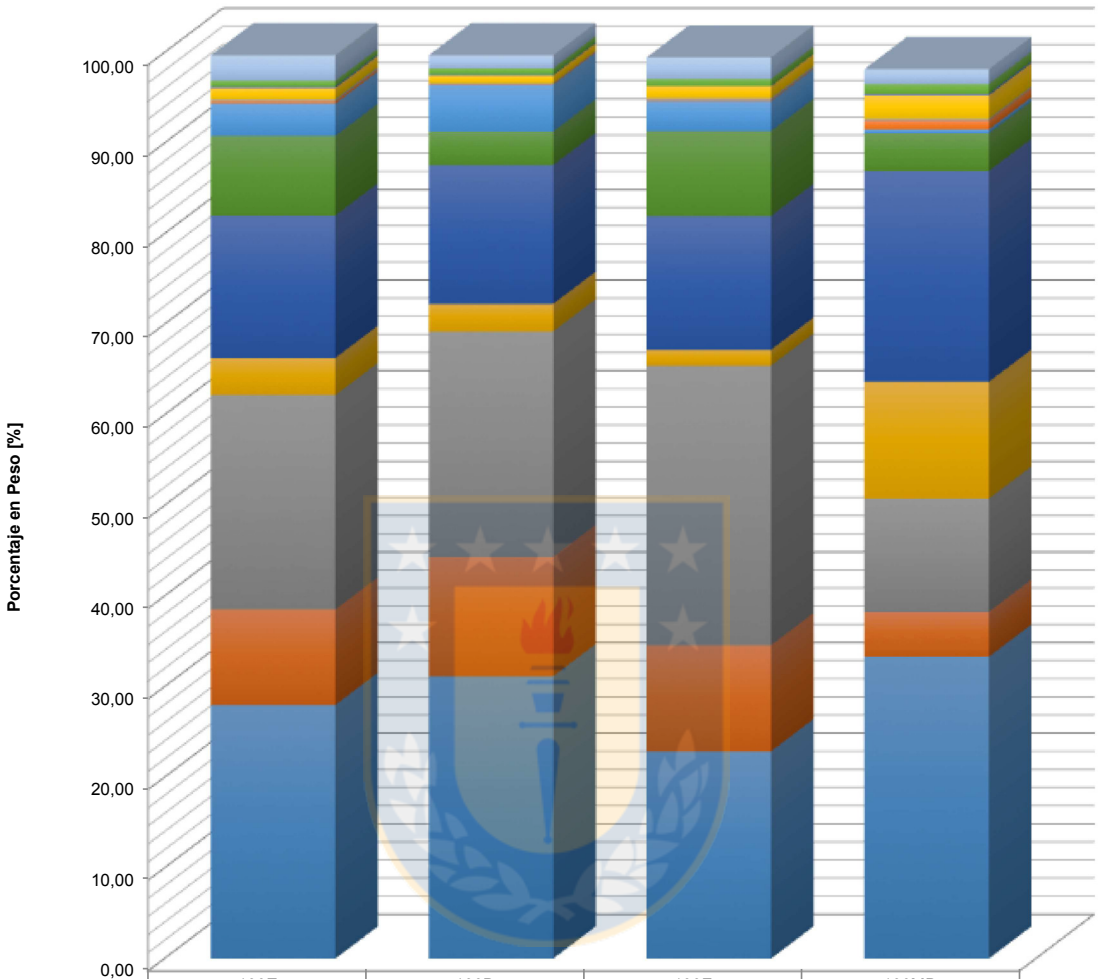
## A) Distribucion de minerales de ganga en muestras puras de alimentacion (F), concentrado (C) y cola (T)




| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Otros | 2,65 | 2,19 | 2,37 | 1,58 |
| Otros Silicatos | 0,89 | 0,80 | 0,71 | 1,03 |
| Otros Sulfatos | 0,50 | 0,55 | 0,12 | 0,71 |
| Otros Oxidos | 1,82 | 0,80 | 1,13 | 2,36 |
| Carbonatos | 0,12 | 0,04 | 0,34 | 0,01 |
| Arcillas | 0,18 | 0,15 | 0,08 | 0,82 |
| Anhidrita/Yeso | 4,88 | 7,06 | 3,61 | 0,45 |
| Biotita | 7,55 | 3,99 | 9,67 | 3,10 |
| Mica Blanca | 11,75 | 17,17 | 15,27 | 18,41 |
| Clorita | 3,67 | 3,25 | 1,78 | 10,85 |
| Plagioclasas | 20,07 | 17,48 | 27,59 | 8,88 |
| K-Feldespato | 8,31 | 12,51 | 11,92 | 3,47 |
| Cuarzo | 19,84 | 25,64 | 21,45 | 22,12 |



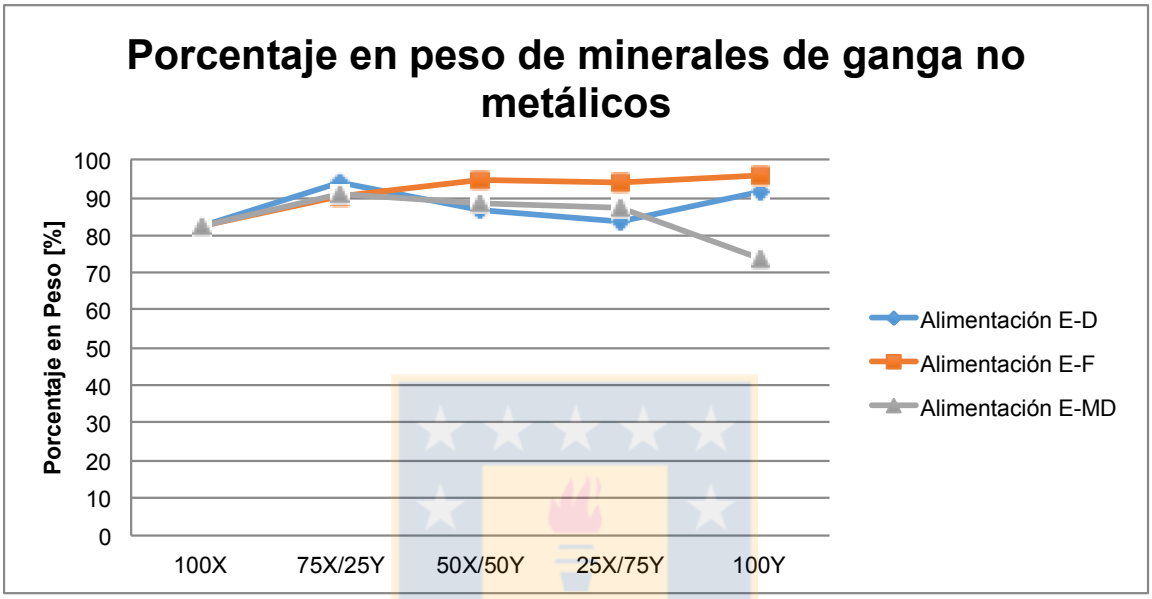

| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Otros | 1,84 | 1,90 | 2,35 | 1,59 |
| Otros Silicatos | 0,46 | 0,25 | 0,62 | 0,49 |
| Otros Sulfatos | 0,97 | 1,96 | 0,57 | 1,32 |
| Otros Oxidos | 0,77 | 0,56 | 1,01 | 1,48 |
| Carbonatos | 0,09 | 0,03 | 0,28 | 0,01 |
| Arcillas | 0,14 | 0,07 | 0,12 | 0,70 |
| Anhidrita/Yeso | 2,03 | 2,41 | 3,34 | 0,19 |
| Biotita | 3,86 | 1,71 | 6,95 | 2,25 |
| Mica Blanca | 14,60 | 16,27 | 14,60 | 14,53 |
| Clorita | 2,76 | 1,69 | 1,32 | 10,11 |
| Plagioclasas | 9,40 | 7,20 | 19,11 | 4,67 |
| K-Feldespato | 5,74 | 4,89 | 10,24 | 2,54 |
| Cuarzo | 12,90 | 13,38 | 14,60 | 19,12 |



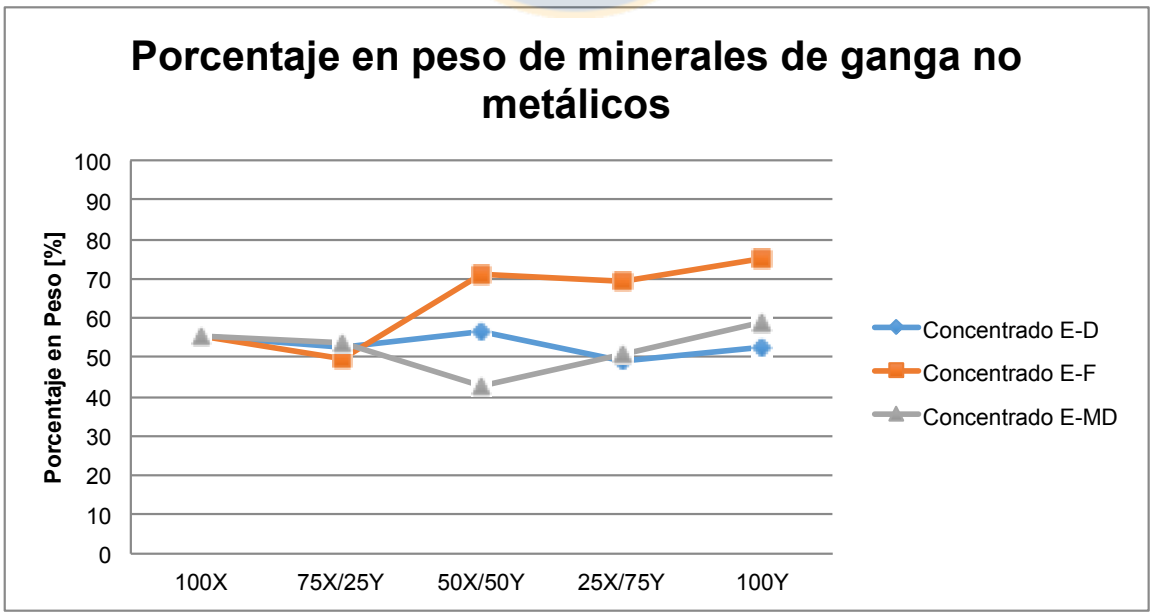

| | 100E | 100D | 100F | 100MD |
|---|---|---|---|---|
| Otros | 2,82 | 1,44 | 2,36 | 1,63 |
| Otros Silicatos | 0,66 | 0,71 | 0,79 | 1,08 |
| Otros Sulfatos | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,17 |
| Otros Oxidos | 1,25 | 0,86 | 1,31 | 2,59 |
| Carbonatos | 0,23 | 0,06 | 0,24 | 0,18 |
| Arcillas | 0,24 | 0,10 | 0,09 | 1,01 |
| Anhidrita/Yeso | 3,58 | 5,19 | 3,30 | 0,42 |
| Biotita | 8,78 | 3,71 | 9,37 | 4,16 |
| Mica Blanca | 15,72 | 15,31 | 14,77 | 23,27 |
| Clorita | 4,10 | 3,03 | 1,75 | 12,89 |
| Plagioclasas | 23,67 | 24,92 | 30,87 | 12,50 |
| K-Feldespato | 10,53 | 13,15 | 11,69 | 4,95 |
| Cuarzo | 28,00 | 31,17 | 22,89 | 33,32 |

**B) Contenidos de minerales de ganga en muestras de mezcla.**

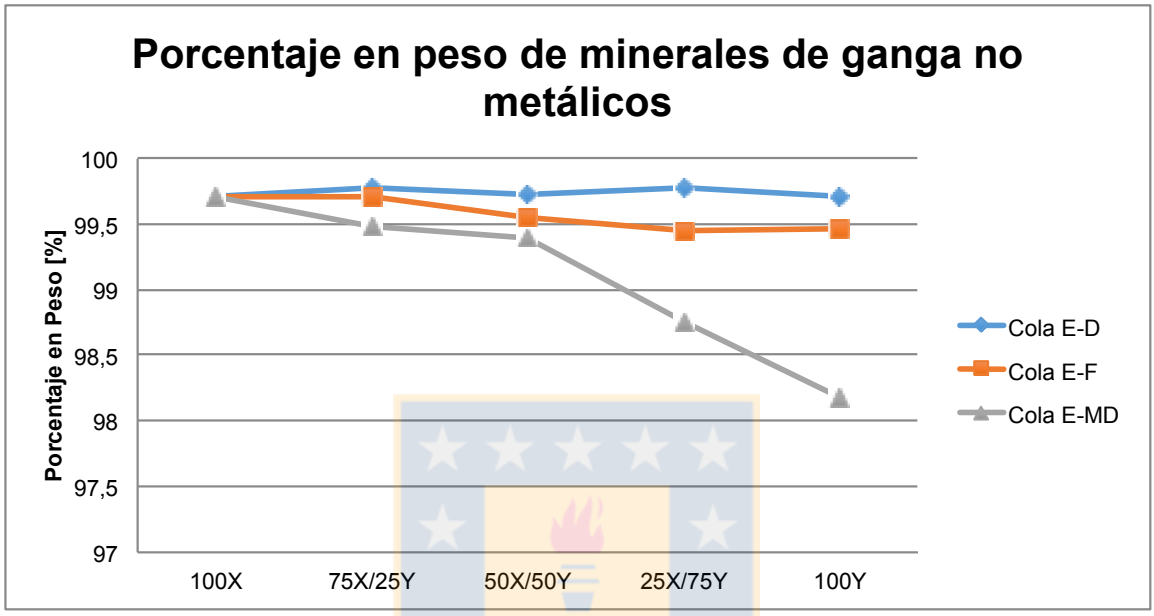
| | 100X | 75X/25Y | 50X/50Y | 25X/75Y | 100Y |
|---|---|---|---|---|---|
| **Alimentación E-D** | 82,23 | 94,3 | 86,64 | 83,6 | 91,63 |
| **Alimentación E-F** | 82,23 | 90,17 | 94,43 | 93,98 | 96,04 |
| **Alimentación E-MD** | 82,23 | 90,71 | 88,19 | 86,97 | 73,79 |




| | 100X | 75X/25Y | 50X/50Y | 25X/75Y | 100Y |
|---|---|---|---|---|---|
| **Concentrado E-D** | 55,56 | 52,31 | 56,53 | 48,74 | 52,32 |
| **Concentrado E-F** | 55,56 | 49,53 | 71,17 | 69,17 | 75,11 |
| **Concentrado E-MD** | 55,56 | 53,9 | 42,7 | 50,82 | 59,00 |



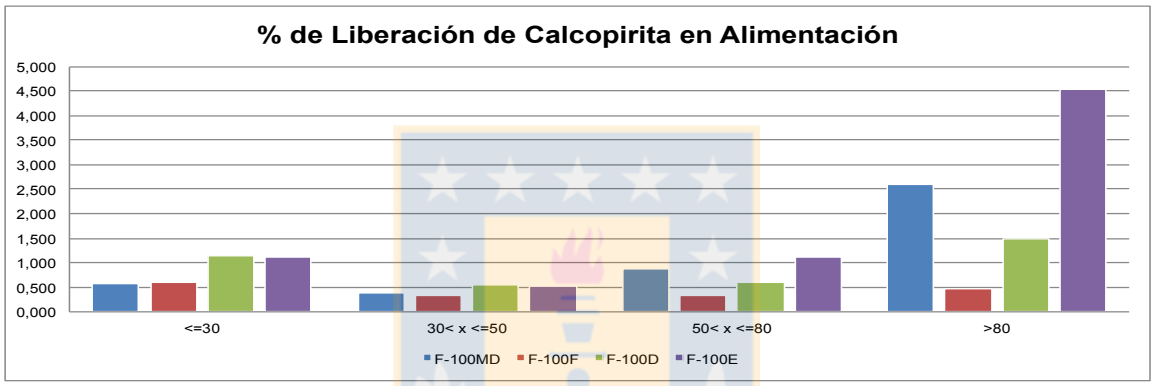
| | 100X | 75X/25Y | 50X/50Y | 25X/75Y | 100Y |
|---|---|---|---|---|---|
| **Cola E-D** | 99,71 | 99,77 | 99,73 | 99,77 | 99,71 |
| **Cola E-F** | 99,71 | 99,7 | 99,56 | 99,45 | 99,46 |
| **Cola E-MD** | 99,71 | 99,49 | 99,39 | 98,76 | 98,17 |

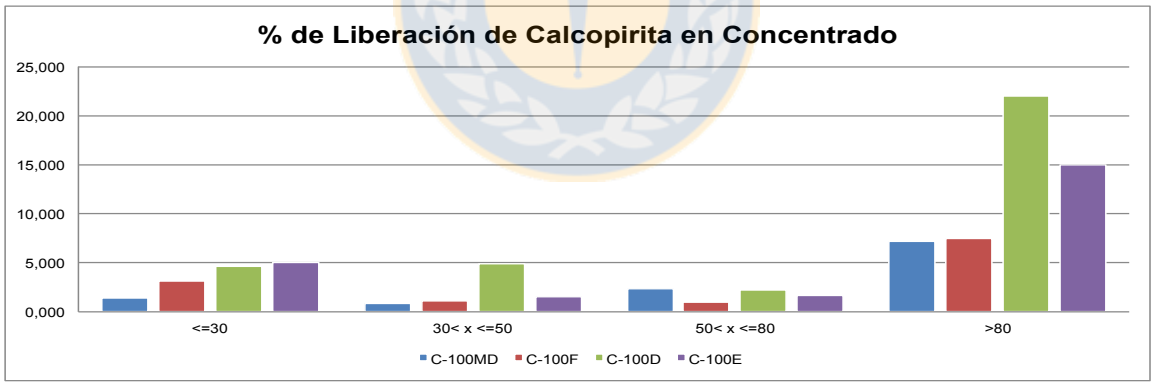


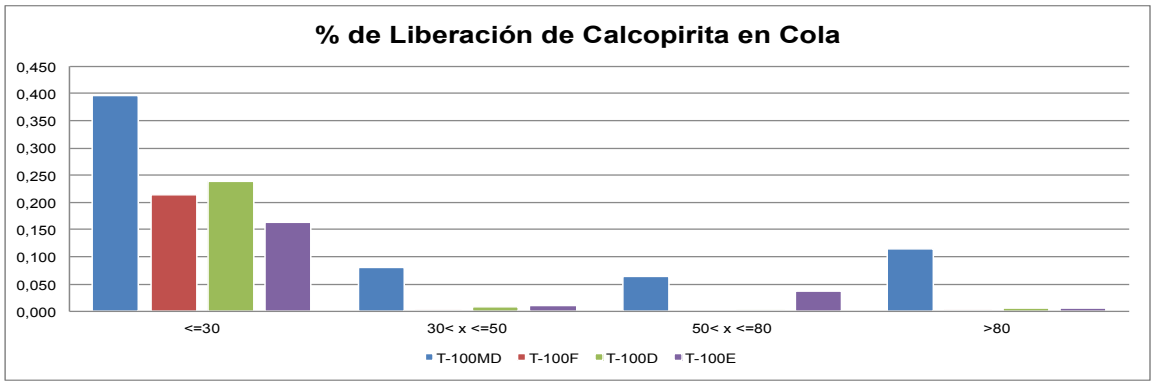
## C) Porcentaje de liberación de sulfuros en muestras de alimentacion (F), concentrado (C) y Cola (T).

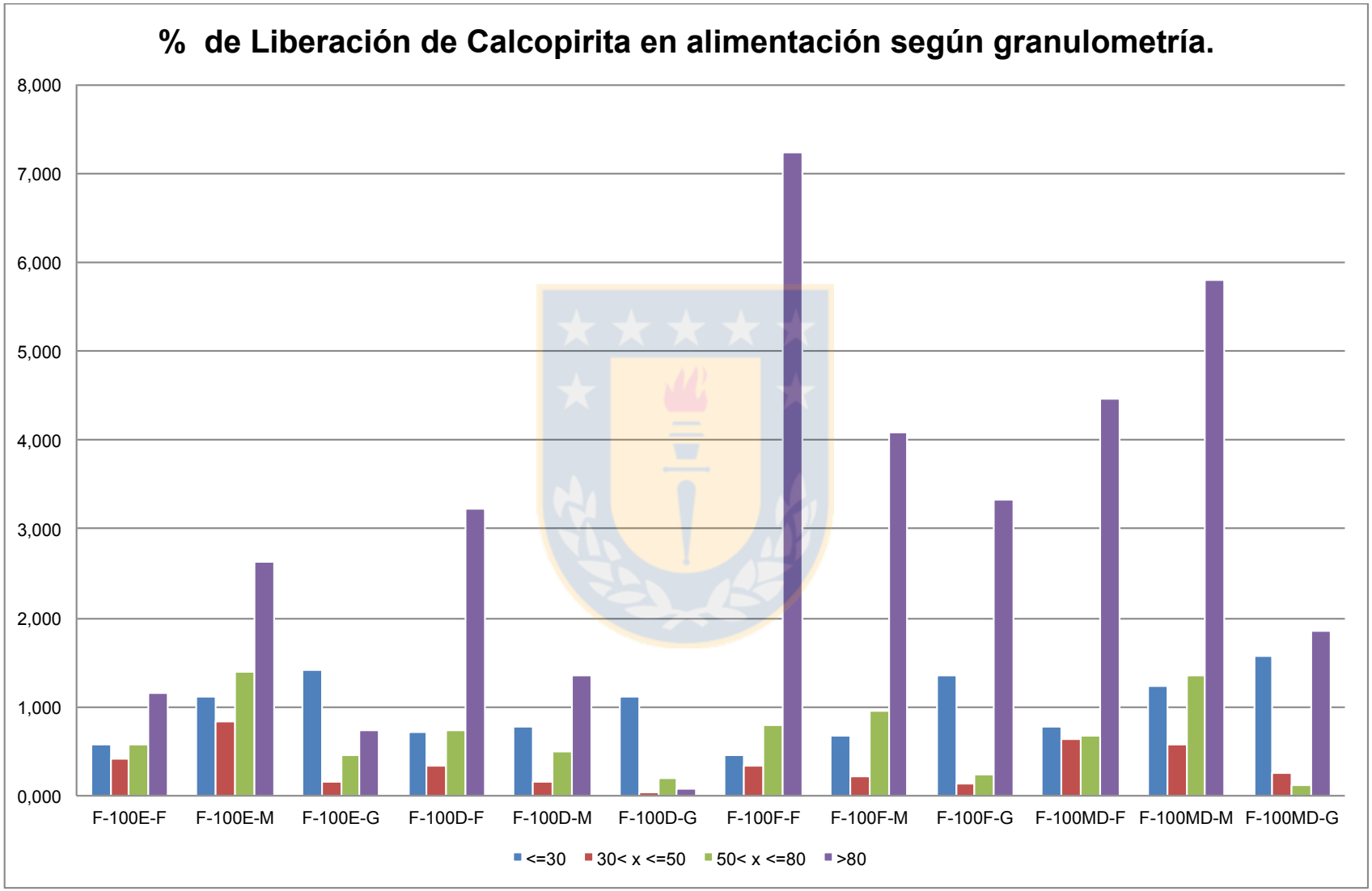
| Calcopirita | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
| T-100MD | 0,397 | 0,081 | 0,063 | 0,116 |
| T-100F | 0,215 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |
| T-100D | 0,239 | 0,009 | 0,000 | 0,006 |
| T-100E | 0,162 | 0,009 | 0,038 | 0,007 |
| C-100MD | 1,449 | 0,825 | 2,289 | 7,132 |
| C-100F | 3,129 | 1,061 | 1,002 | 7,507 |
| C-100D | 4,590 | 4,934 | 2,256 | 21,978 |
| C-100E | 5,071 | 1,543 | 1,674 | 14,950 |
| F-100MD | 0,583 | 0,381 | 0,882 | 2,601 |
| F-100F | 0,609 | 0,340 | 0,331 | 0,472 |
| F-100D | 1,147 | 0,553 | 0,611 | 1,493 |
| F-100E | 1,121 | 0,520 | 1,111 | 4,543 |

| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
|---|---|---|---|---|
| F-100E-F | 0,573 | 0,408 | 0,577 | 1,158 |
| F-100E-M | 1,109 | 0,833 | 1,393 | 2,624 |
| F-100E-G | 1,405 | 0,151 | 0,463 | 0,742 |
| F-100D-F | 0,708 | 0,336 | 0,744 | 3,222 |
| F-100D-M | 0,766 | 0,157 | 0,491 | 1,348 |
| F-100D-G | 1,115 | 0,032 | 0,190 | 0,074 |
| F-100F-F | 0,466 | 0,335 | 0,803 | 7,234 |
| F-100F-M | 0,668 | 0,223 | 0,963 | 4,079 |
| F-100F-G | 1,346 | 0,145 | 0,234 | 3,322 |
| F-100MD-F | 0,781 | 0,639 | 0,683 | 4,464 |
| F-100MD-M | 1,234 | 0,574 | 1,344 | 5,803 |
| F-100MD-G | 1,572 | 0,257 | 0,112 | 1,848 |



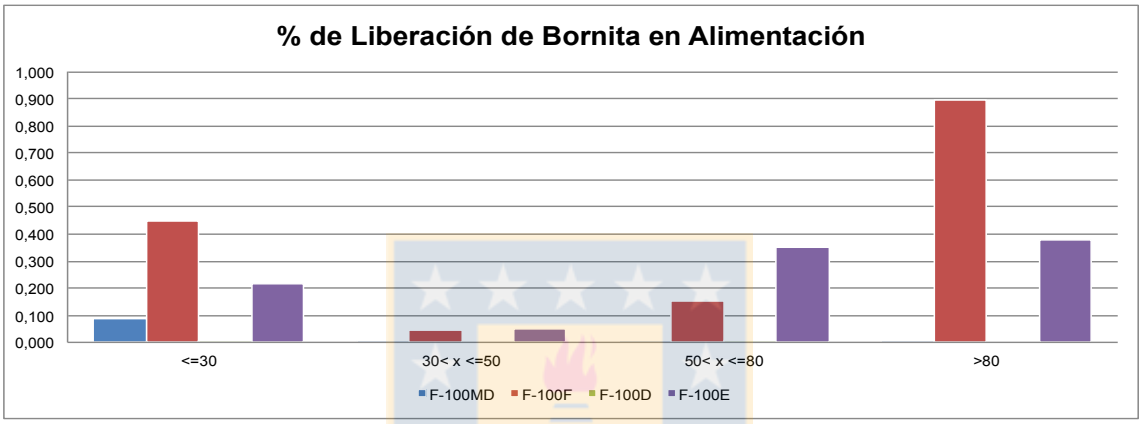



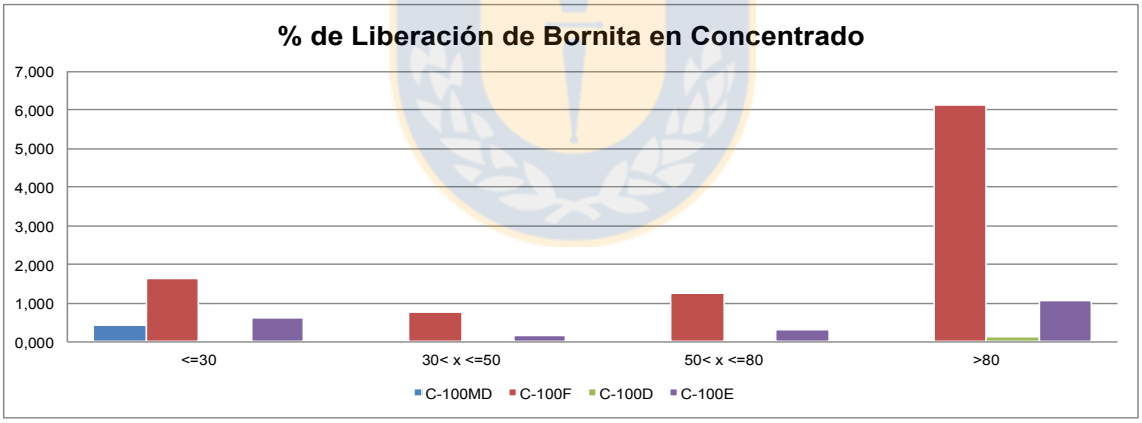



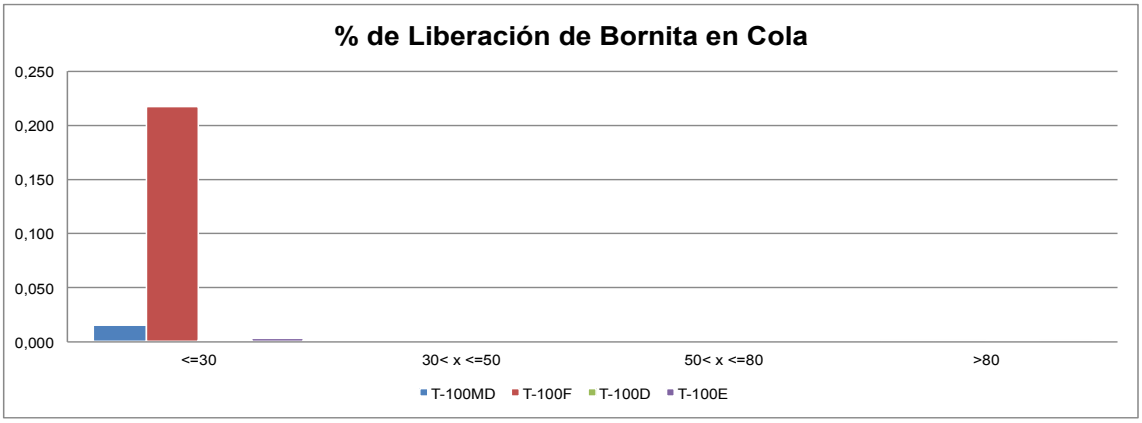

% de Liberación de Calcopirita en alimentación según granulometría.
8,000
7,000
6,000
5,000
4,000
3,000
2,000
1,000
0,000
F-100E-F
F-100E-M
F-100E-G
F-100D-F
F-100D-M
F-100D-G
F-100F-F
F-100F-M
F-100F-G
F-100MD-F
F-100MD-M
F-100MD-G
<=30
30< x <=50
50< x <=80
>80

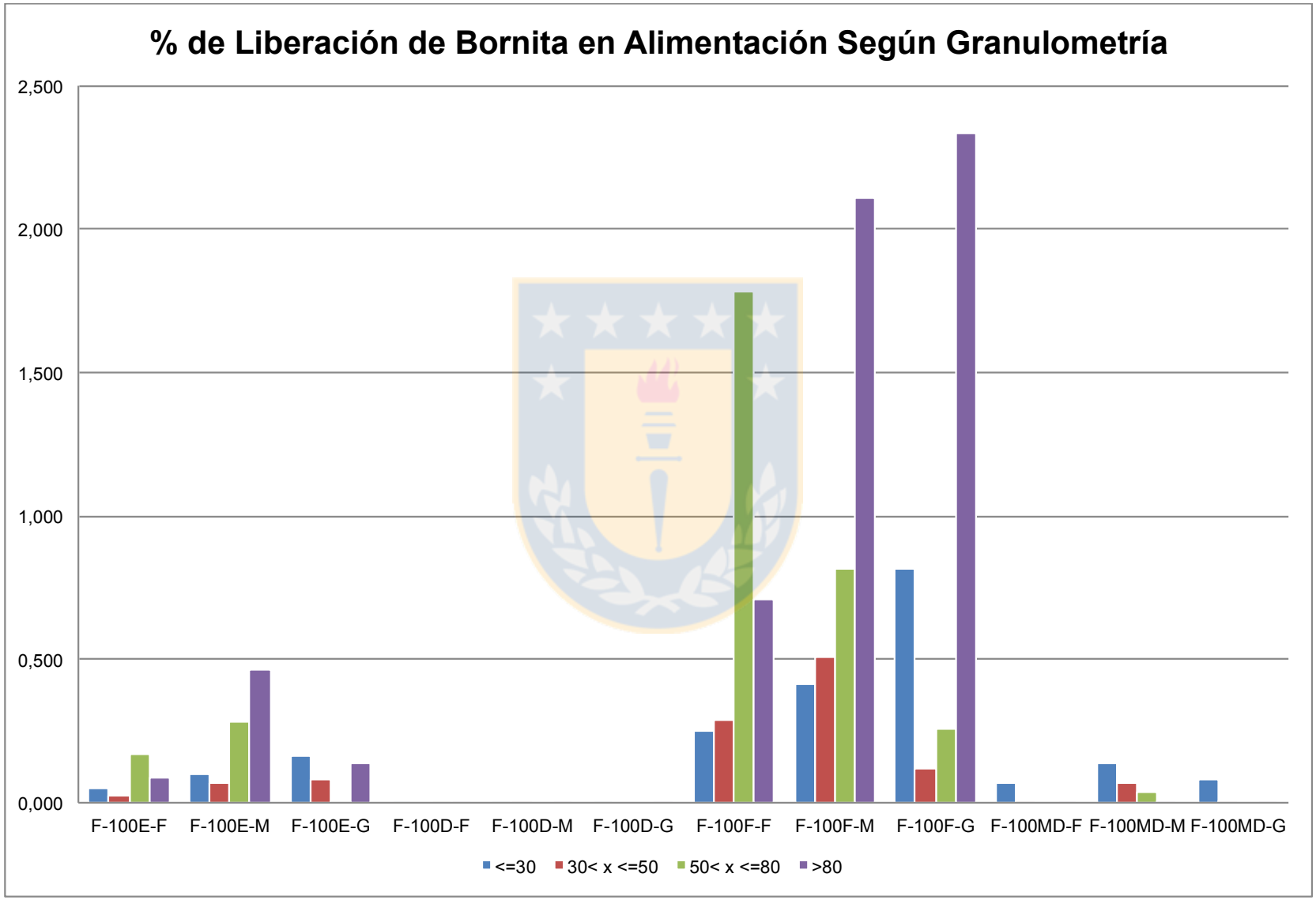
| Bornita | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
| T-100MD | 0,015 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100F | 0,218 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100D | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100E | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| C-100MD | 0,439 | 0,019 | 0,011 | 0,008 |
| C-100F | 1,620 | 0,783 | 1,270 | 6,127 |
| C-100D | 0,014 | 0,003 | 0,018 | 0,117 |
| C-100E | 0,601 | 0,168 | 0,301 | 1,053 |
| F-100MD | 0,091 | 0,002 | 0,008 | 0,001 |
| F-100F | 0,449 | 0,045 | 0,153 | 0,895 |
| F-100D | 0,001 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |
| F-100E | 0,219 | 0,050 | 0,350 | 0,381 |

| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
|---|---|---|---|---|
| F-100E-F | 0,052 | 0,023 | 0,170 | 0,085 |
| F-100E-M | 0,103 | 0,067 | 0,284 | 0,464 |
| F-100E-G | 0,166 | 0,082 | 0,000 | 0,136 |
| F-100D-F | 0,006 | 0,000 | 0,002 | 0,002 |
| F-100D-M | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| F-100D-G | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| F-100F-F | 0,254 | 0,287 | 1,783 | 0,710 |
| F-100F-M | 0,415 | 0,508 | 0,817 | 2,107 |
| F-100F-G | 0,816 | 0,120 | 0,256 | 2,336 |
| F-100MD-F | 0,066 | 0,003 | 0,000 | 0,002 |
| F-100MD-M | 0,135 | 0,066 | 0,038 | 0,001 |
| F-100MD-G | 0,082 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |



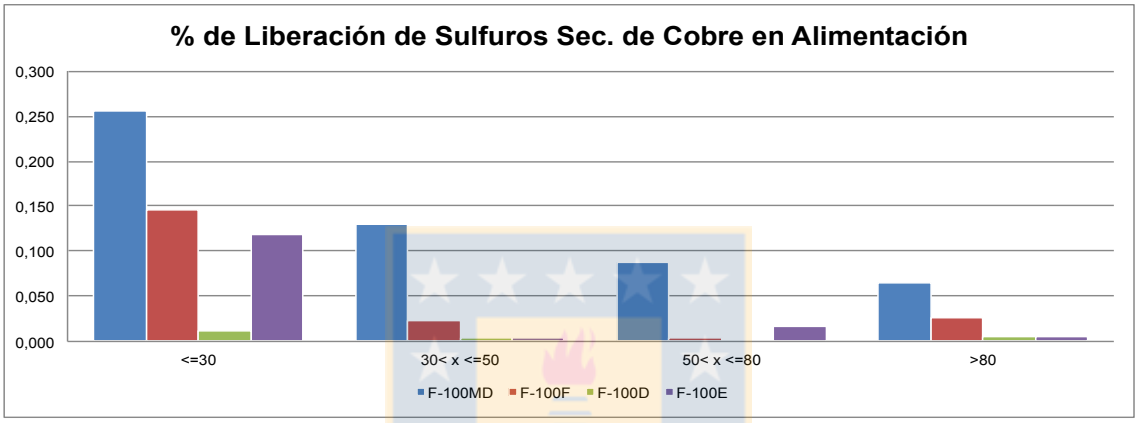



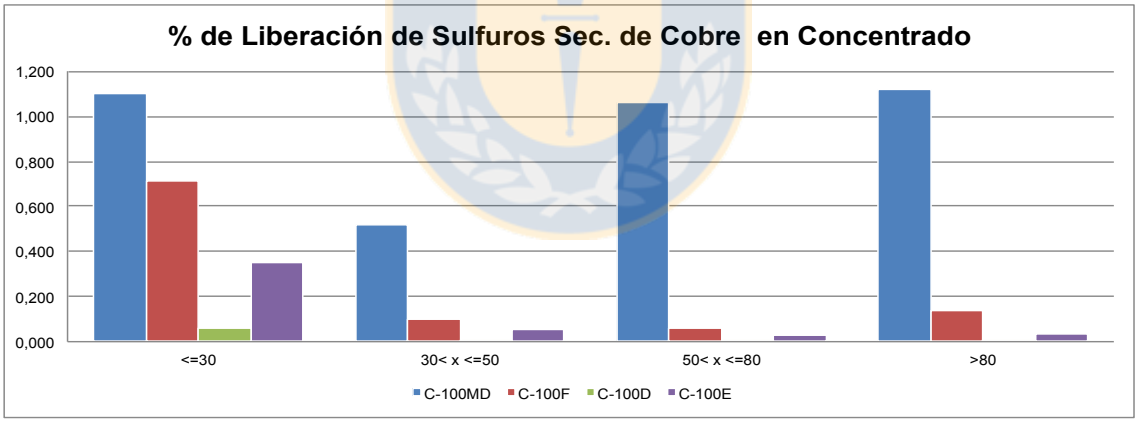



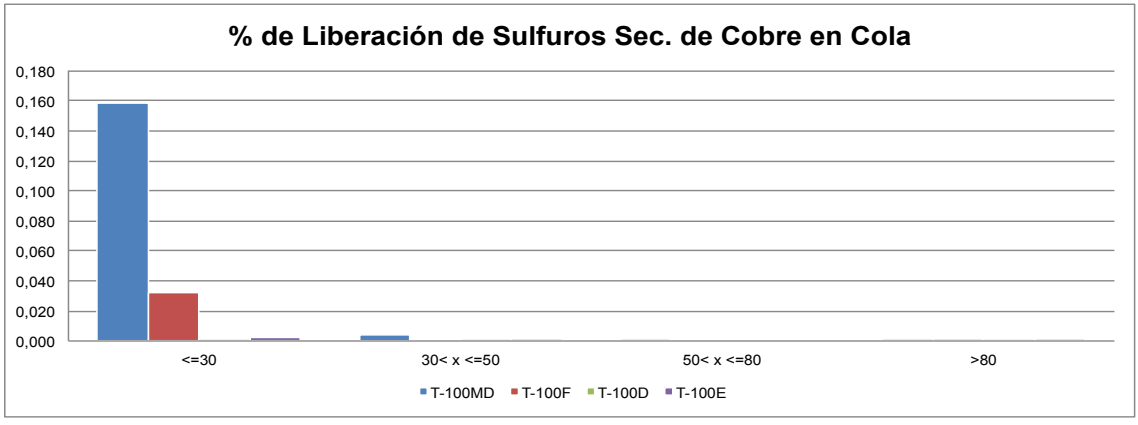

% de Liberación de Bornita en Alimentación Según Granulometría
2,500
2,000
1,500
1,000
0,500
0,000
F-100E-F
F-100E-M
F-100E-G
F-100D-F
F-100D-M
F-100D-G
F-100F-F
F-100F-M
F-100F-G
F-100MD-F
F-100MD-M
F-100MD-G
<=30
30< x <=50
50< x <=80
>80

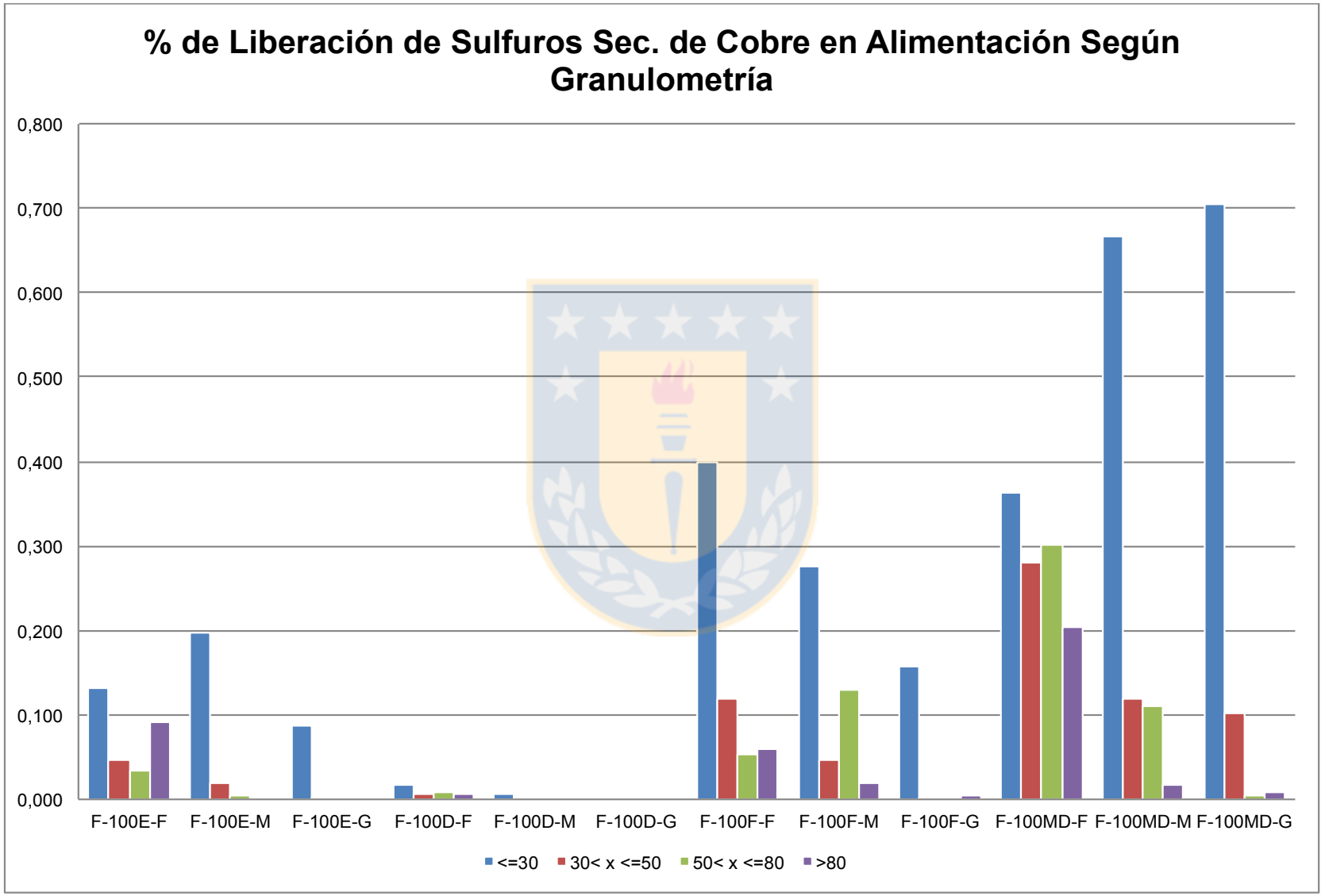
| Sulfuros Secundarios de Cobre | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
| T-100MD | 0,159 | 0,004 | 0,001 | 0,001 |
| T-100F | 0,032 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100D | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100E | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| C-100MD | 1,098 | 0,520 | 1,059 | 1,123 |
| C-100F | 0,714 | 0,097 | 0,058 | 0,141 |
| C-100D | 0,063 | 0,007 | 0,001 | 0,007 |
| C-100E | 0,348 | 0,054 | 0,031 | 0,036 |
| F-100MD | 0,256 | 0,129 | 0,088 | 0,065 |
| F-100F | 0,145 | 0,023 | 0,004 | 0,026 |
| F-100D | 0,011 | 0,003 | 0,001 | 0,005 |
| F-100E | 0,119 | 0,004 | 0,017 | 0,006 |

| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
|---|---|---|---|---|
| F-100E-F | 0,131 | 0,047 | 0,035 | 0,091 |
| F-100E-M | 0,197 | 0,019 | 0,005 | 0,002 |
| F-100E-G | 0,086 | 0,001 | 0,000 | 0,001 |
| F-100D-F | 0,018 | 0,006 | 0,009 | 0,006 |
| F-100D-M | 0,007 | 0,001 | 0,000 | 0,002 |
| F-100D-G | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| F-100F-F | 0,399 | 0,120 | 0,052 | 0,059 |
| F-100F-M | 0,276 | 0,046 | 0,129 | 0,018 |
| F-100F-G | 0,156 | 0,002 | 0,000 | 0,003 |
| F-100MD-F | 0,363 | 0,281 | 0,301 | 0,205 |
| F-100MD-M | 0,666 | 0,119 | 0,109 | 0,016 |
| F-100MD-G | 0,705 | 0,102 | 0,004 | 0,008 |



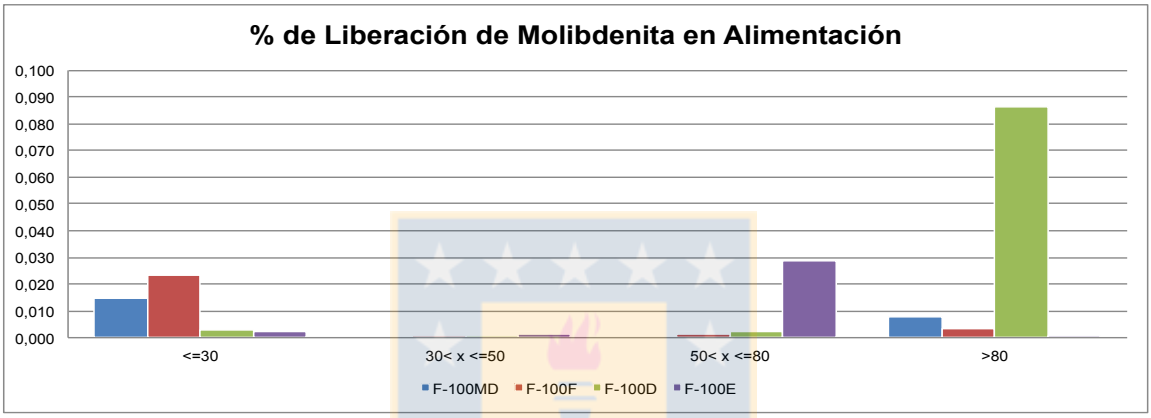



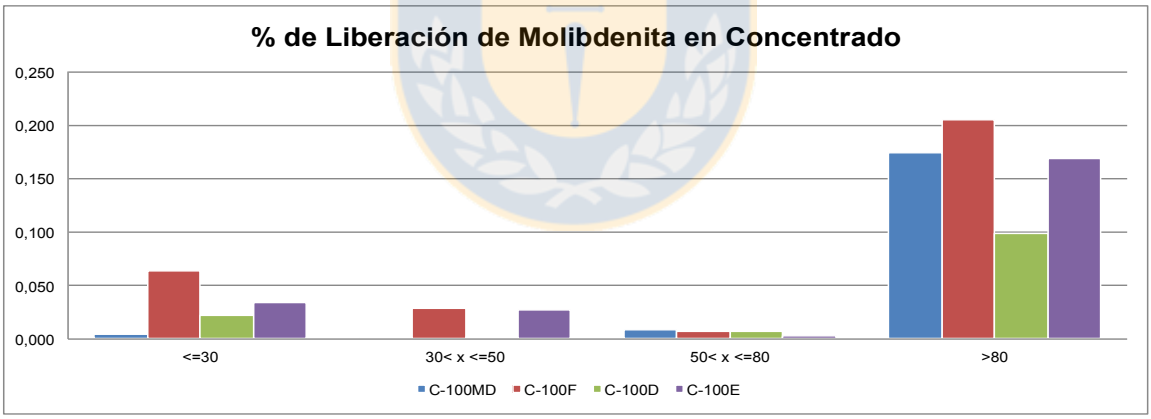



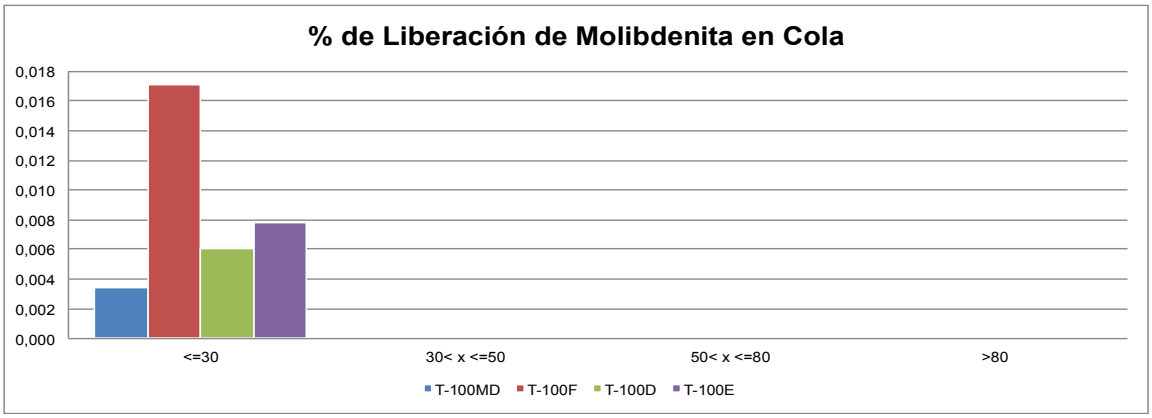

% de Liberación de Sulfuros Sec. de Cobre en Alimentación Según Granulometría
0,800
0,700
0,600
0,500
0,400
0,300
0,200
0,100
0,000
F-100E-F
F-100E-M
F-100E-G
F-100D-F
F-100D-M
F-100D-G
F-100F-F
F-100F-M
F-100F-G
F-100MD-F
F-100MD-M
F-100MD-G
<=30
30< x <=50
50< x <=80
>80

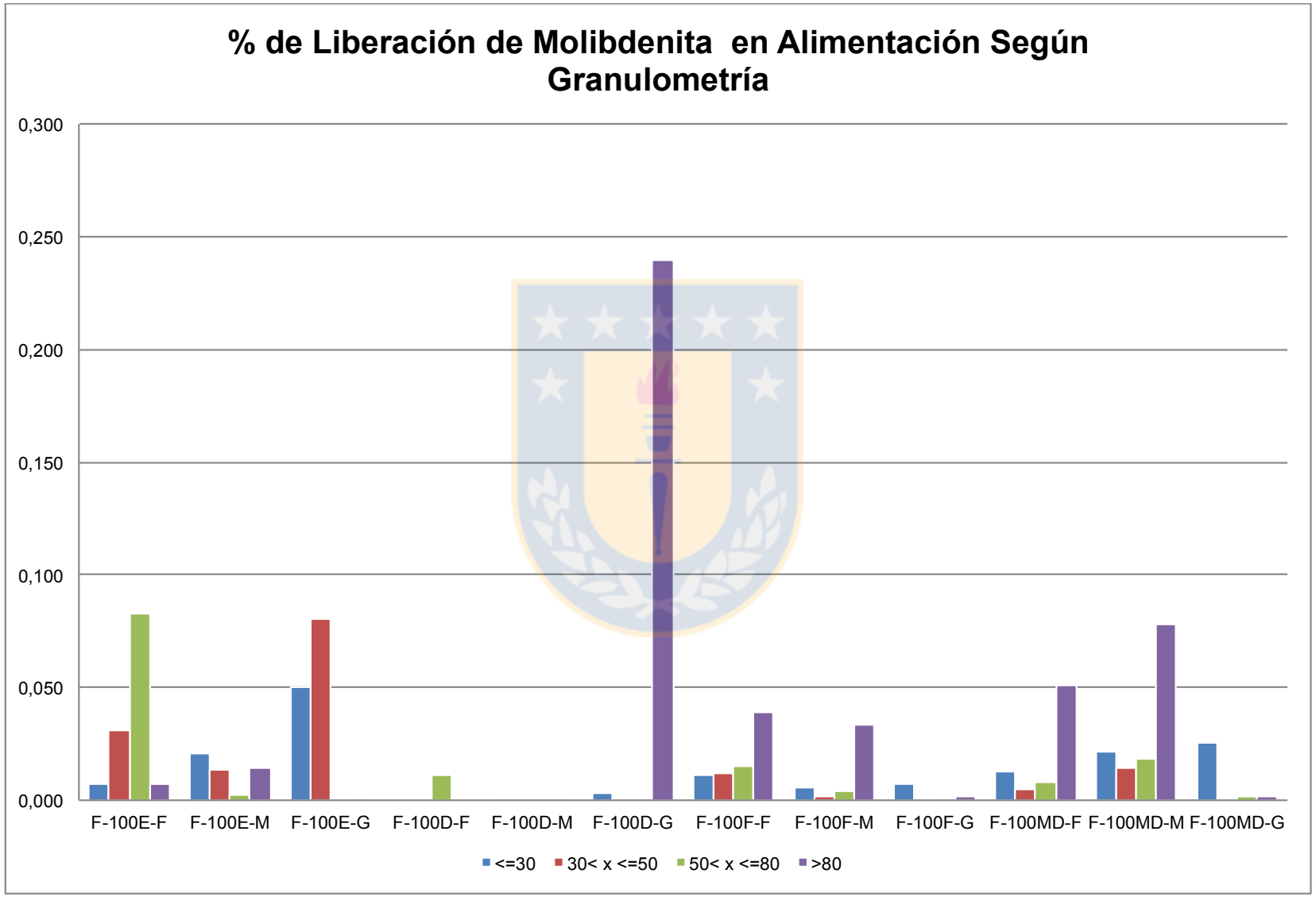
| Molibdenita | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
| T-100MD | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100F | 0,017 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100D | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T-100E | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| C-100MD | 0,005 | 0,002 | 0,008 | 0,174 |
| C-100F | 0,064 | 0,029 | 0,007 | 0,205 |
| C-100D | 0,022 | 0,002 | 0,008 | 0,099 |
| C-100E | 0,035 | 0,027 | 0,003 | 0,169 |
| F-100MD | 0,015 | 0,000 | 0,000 | 0,008 |
| F-100F | 0,023 | 0,001 | 0,001 | 0,003 |
| F-100D | 0,003 | 0,001 | 0,002 | 0,087 |
| F-100E | 0,002 | 0,001 | 0,029 | 0,001 |

| Muestra | <=30 | 30< x <=50 | 50< x <=80 | >80 |
|---|---|---|---|---|
| F-100E-F | 0,007 | 0,031 | 0,082 | 0,007 |
| F-100E-M | 0,021 | 0,014 | 0,003 | 0,014 |
| F-100E-G | 0,050 | 0,080 | 0,000 | 0,000 |
| F-100D-F | 0,000 | 0,000 | 0,011 | 0,000 |
| F-100D-M | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,001 |
| F-100D-G | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,240 |
| F-100F-F | 0,011 | 0,012 | 0,015 | 0,039 |
| F-100F-M | 0,006 | 0,002 | 0,004 | 0,033 |
| F-100F-G | 0,007 | 0,000 | 0,001 | 0,002 |
| F-100MD-F | 0,013 | 0,004 | 0,008 | 0,051 |
| F-100MD-M | 0,022 | 0,015 | 0,018 | 0,078 |
| F-100MD-G | 0,026 | 0,001 | 0,002 | 0,001 |

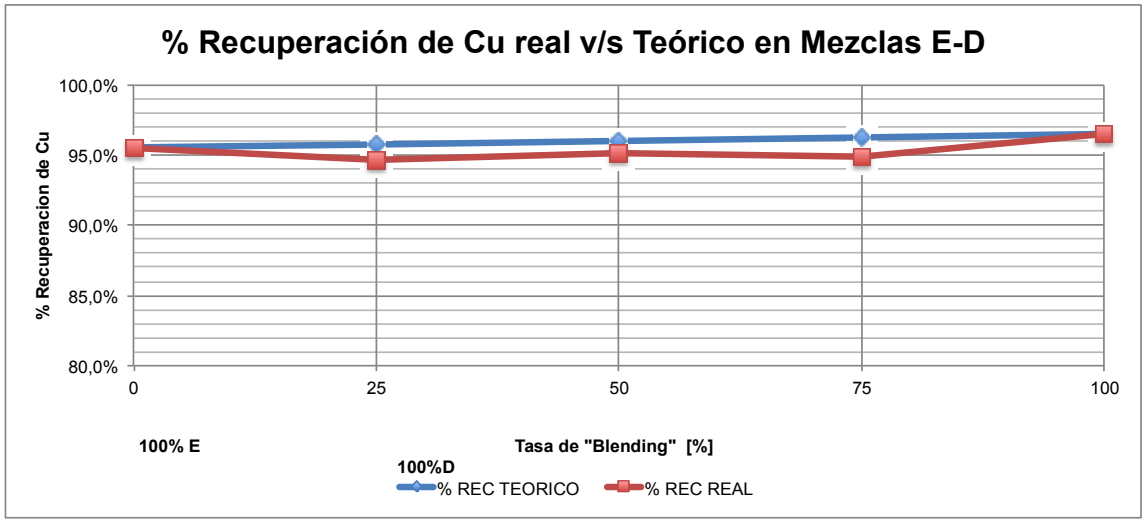


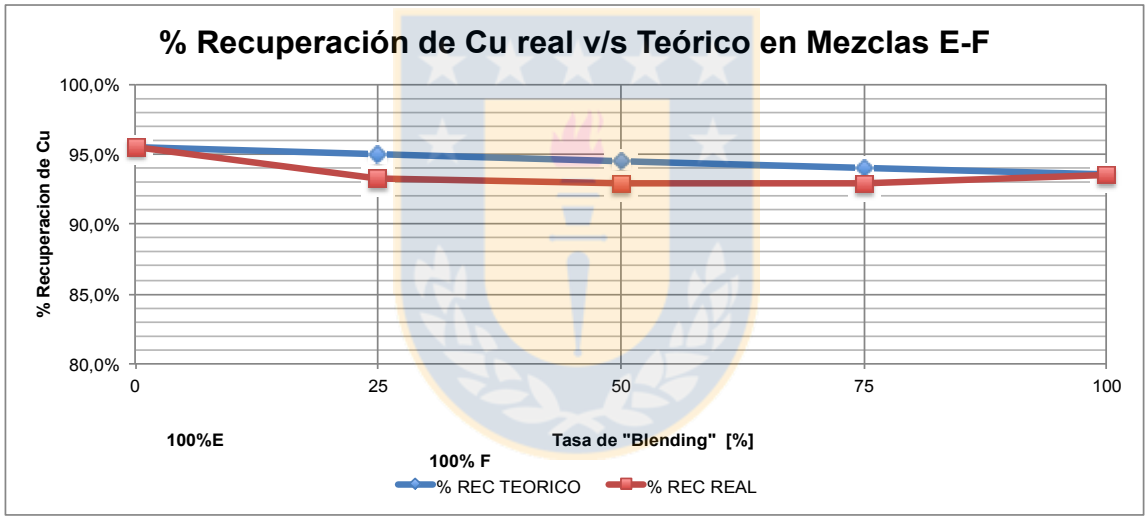



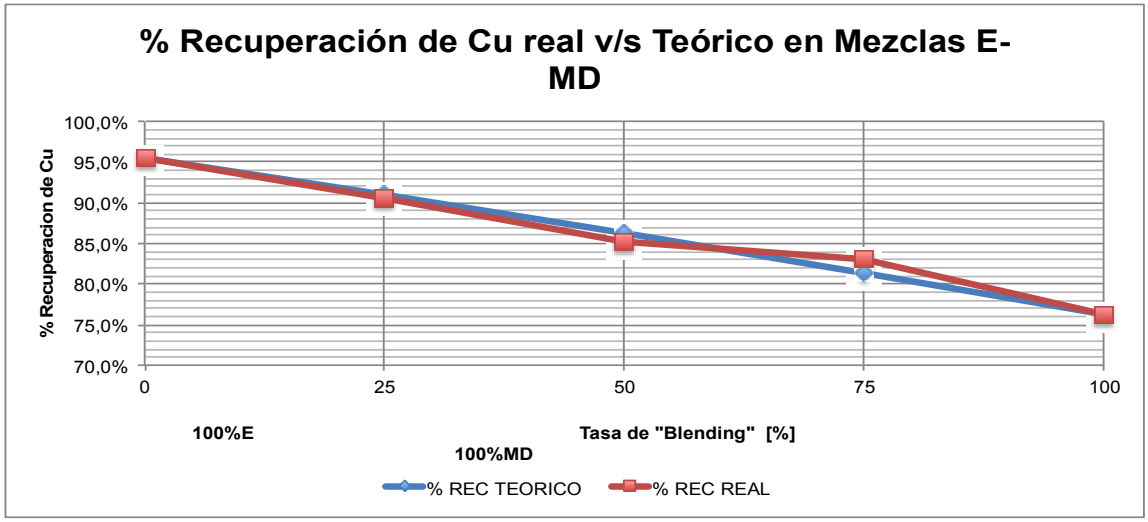




% de Liberación de Molibdenita en Alimentación Según Granulometría
0,300
0,250
0,200
0,150
0,100
0,050
0,000
F-100E-F
F-100E-M
F-100E-G
F-100D-F
F-100D-M
F-100D-G
F-100F-F
F-100F-M
F-100F-G
F-100MD-F
F-100MD-M
F-100MD-G
<=30
30< x <=50
50< x <=80
>80

## D) Gráficos de recuperación teórica versus real de cobre.



# ANEXO E

# TABLAS MINERALÓGICAS

## A) Mineralogia por Qemscan de muestras puras y mezclas, en etapa de alimentación, concentrado y cola.

| | | Name | Alimentación | | | | Concentrado | | | | Cola | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100E | 100D | 100F | 100MD | 100E | 100D | 100F | 100MD | 100E | 100D | 100F | 100MD |
| Minerales de mena | | Calcopirita | 7,29 | 3,80 | 1,75 | 4,45 | 23,24 | 33,76 | 12,70 | 11,70 | 0,22 | 0,25 | 0,22 | 0,66 |
| | | Bornita | 1,00 | 0,00 | 1,54 | 0,10 | 2,12 | 0,15 | 9,80 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,01 |
| | | Molibdenita | 0,03 | 0,09 | 0,03 | 0,02 | 0,23 | 0,13 | 0,31 | 0,19 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 |
| | | Calcocina/Digenita/Covelina | 0,15 | 0,02 | 0,20 | 0,54 | 0,47 | 0,08 | 1,01 | 3,80 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,17 |
| | | Pirita | 9,21 | 4,43 | 0,17 | 21,04 | 17,90 | 13,44 | 0,49 | 24,56 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,94 |
| | | Otros Sulfuros | 0,03 | 0,01 | 0,18 | 0,00 | 0,35 | 0,07 | 0,37 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Oxidos-Cu | 0,05 | 0,01 | 0,07 | 0,06 | 0,11 | 0,05 | 0,21 | 0,26 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| Minerales de ganga no metalicos | Primarios | Cuarzo | 19,84 | 25,64 | 21,45 | 22,12 | 12,90 | 13,38 | 14,60 | 19,12 | 28,00 | 31,17 | 22,89 | 33,32 |
| | | K-Feldespato | 8,31 | 12,51 | 11,92 | 3,47 | 5,74 | 4,89 | 10,24 | 2,54 | 10,53 | 13,15 | 11,69 | 4,95 |
| | | Plagioclasas | 20,07 | 17,48 | 27,59 | 8,88 | 9,40 | 7,20 | 19,11 | 4,67 | 23,67 | 24,92 | 30,87 | 12,50 |
| | | Clorita | 3,67 | 3,25 | 1,78 | 10,85 | 2,76 | 1,69 | 1,32 | 10,11 | 4,10 | 3,03 | 1,75 | 12,89 |
| | | Mica Blanca | 11,75 | 17,17 | 15,27 | 18,41 | 14,60 | 16,27 | 14,60 | 14,53 | 15,72 | 15,31 | 14,77 | 23,27 |
| | | Biotita | 7,55 | 3,99 | 9,67 | 3,10 | 3,86 | 1,71 | 6,95 | 2,25 | 8,78 | 3,71 | 9,37 | 4,16 |
| | | Anhidrita/Yeso | 4,88 | 7,06 | 3,61 | 0,45 | 2,03 | 2,41 | 3,34 | 0,19 | 3,58 | 5,19 | 3,30 | 0,42 |
| | Secundarios | Arcillas | 0,18 | 0,15 | 0,08 | 0,82 | 0,14 | 0,07 | 0,12 | 0,70 | 0,24 | 0,10 | 0,09 | 1,01 |
| | | Carbonatos | 0,12 | 0,04 | 0,34 | 0,01 | 0,09 | 0,03 | 0,28 | 0,01 | 0,23 | 0,06 | 0,24 | 0,18 |
| | | Otros Oxidos | 1,82 | 0,80 | 1,13 | 2,36 | 0,77 | 0,56 | 1,01 | 1,48 | 1,25 | 0,86 | 1,31 | 2,59 |
| | | Otros Sulfatos | 0,50 | 0,55 | 0,12 | 0,71 | 0,97 | 1,96 | 0,57 | 1,32 | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,17 |
| | | Otros Silicatos | 0,89 | 0,80 | 0,71 | 1,03 | 0,46 | 0,25 | 0,62 | 0,49 | 0,66 | 0,71 | 0,79 | 1,08 |
| | | Otros | 2,65 | 2,19 | 2,37 | 1,58 | 1,84 | 1,90 | 2,35 | 1,59 | 2,82 | 1,44 | 2,36 | 1,63 |

| | | Name | Alimentación E-D | | | | | Concentrado E-D | | | | | Cola E-D | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100E | 75E/25D | 50E/50D | 25E/75D | 100D | 100E | 75E/25D | 50E/50D | 25E/75D | 100D | 100E | 75E/25D | 50E/50D | 25E/75D | 100D |
| Minerales de mena | | Calcopirita | 7,29 | 3,51 | 7,54 | 7,83 | 3,80 | 23,24 | 30,12 | 30,12 | 34,00 | 33,76 | 0,22 | 0,17 | 0,24 | 0,10 | 0,25 |
| | | Bornita | 1,00 | 0,16 | 0,33 | 0,13 | 0,01 | 2,12 | 2,04 | 1,55 | 1,17 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Molibdenita | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,23 | 0,39 | 0,27 | 0,33 | 0,13 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| | | Calcocina/Digenita/Covelina | 0,15 | 0,06 | 0,14 | 0,04 | 0,02 | 0,47 | 0,57 | 0,46 | 0,28 | 0,08 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| | | Pirita | 9,21 | 1,92 | 5,28 | 8,33 | 4,43 | 17,90 | 14,29 | 10,89 | 15,19 | 13,44 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,02 |
| | | Otros Sulfuros | 0,03 | 0 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,35 | 0,14 | 0,11 | 0,23 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Oxidos-Cu | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| Minerales de ganga no metalicos | Primarios | Cuarzo | 19,84 | 22,68 | 22,79 | 21,82 | 25,64 | 12,90 | 12,41 | 12,19 | 11,79 | 13,38 | 28,00 | 25,61 | 27,82 | 26,92 | 31,17 |
| | | K-Feldespato | 8,31 | 9,41 | 9,01 | 9,23 | 12,51 | 5,74 | 5,23 | 5,25 | 4,96 | 4,89 | 10,53 | 10,71 | 12,12 | 13,27 | 13,15 |
| | | Plagioclasas | 20,07 | 22,40 | 18,24 | 18,01 | 17,48 | 9,40 | 8,30 | 9,81 | 9,33 | 7,20 | 23,67 | 23,99 | 25,25 | 22,49 | 24,92 |
| | | Clorita | 3,67 | 4,29 | 3,20 | 3,43 | 3,25 | 2,76 | 2,61 | 2,52 | 1,67 | 1,69 | 4,10 | 4,08 | 3,26 | 3,77 | 3,03 |
| | | Mica Blanca | 11,75 | 16,08 | 15,88 | 14,89 | 17,17 | 14,60 | 14,97 | 14,24 | 13,96 | 16,27 | 15,72 | 16,62 | 16,00 | 17,33 | 15,31 |
| | | Biotita | 7,55 | 8,05 | 6,06 | 4,26 | 3,99 | 3,86 | 3,10 | 4,09 | 1,91 | 1,71 | 8,78 | 8,18 | 6,58 | 5,34 | 3,71 |
| | | Anhidrita/Yeso | 4,88 | 5,46 | 5,97 | 6,65 | 7,06 | 2,03 | 1,81 | 3,24 | 2,24 | 2,41 | 3,58 | 5,25 | 4,73 | 6,57 | 5,19 |
| | Secundarios | Arcillas | 0,18 | 0,33 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,14 | 0,05 | 0,07 | 0,24 | 0,21 | 0,14 | 0,15 | 0,10 |
| | | Carbonatos | 0,12 | 0,17 | 0,14 | 0,18 | 0,04 | 0,09 | 0,08 | 0,12 | 0,07 | 0,03 | 0,23 | 0,09 | 0,08 | 0,13 | 0,06 |
| | | Otros Oxidos | 1,82 | 1,62 | 1,54 | 1,38 | 0,80 | 0,77 | 0,69 | 1,06 | 0,47 | 0,56 | 1,25 | 1,36 | 1,03 | 0,94 | 0,86 |
| | | Otros Sulfatos | 0,50 | 0,36 | 0,45 | 0,46 | 0,55 | 0,97 | 1,00 | 1,44 | 0,73 | 1,96 | 0,13 | 0,26 | 0,12 | 0,28 | 0,06 |
| | | Otros Silicatos | 0,89 | 0,95 | 0,87 | 1,25 | 0,80 | 0,46 | 0,38 | 0,39 | 0,25 | 0,25 | 0,66 | 0,85 | 0,73 | 0,63 | 0,71 |
| | | Otros | 2,65 | 2,50 | 2,33 | 1,89 | 2,19 | 1,84 | 1,61 | 2,04 | 1,31 | 1,90 | 2,82 | 2,56 | 1,87 | 1,95 | 1,44 |
| | | Total Min Metalicos | **17,76** | **5,69** | **13,37** | **16,39** | **8,37** | **44,42** | **47,65** | **43,49** | **51,26** | **47,68** | **0,29** | **0,21** | **0,27** | **0,24** | **0,29** |
| | | Total Min Mena de Cu | 8,49 | 3,75 | 8,06 | 8,03 | 3,84 | 25,94 | 32,83 | 32,22 | 35,51 | 34,04 | 0,23 | 0,19 | 0,25 | 0,12 | 0,26 |
| | | Total Min Ganga | **82,23** | **94,3** | **86,64** | **83,6** | **91,63** | **55,56** | **52,31** | **56,53** | **48,74** | **52,32** | **99,71** | **99,77** | **99,73** | **99,77** | **99,71** |
| | | Total Min Ganga Sec | 6,16 | 5,93 | 5,49 | 5,31 | 4,53 | 4,27 | 3,88 | 5,19 | 2,88 | 4,77 | 5,33 | 5,33 | 3,97 | 4,08 | 3,23 |

| | | Name | Alimentación E-F | | | | | Concentrado E-F | | | | | Cola E-F | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100E | 75E/25F | 50E/50F | 25E/75F | 100F | 100E | 75E/25F | 50E/50F | 25E/75F | 100F | 100E | 75E/25F | 50E/50F | 25E/75F | 100F |
| Minerales de mena | | Calcopirita | 7,29 | 4,03 | 2,71 | 2,91 | 1,75 | 23,24 | 28,72 | 18,22 | 16,15 | 12,70 | 0,22 | 0,21 | 0,32 | 0,30 | 0,22 |
| | | Bornita | 1,00 | 1,08 | 1,24 | 1,27 | 1,54 | 2,12 | 6,00 | 5,01 | 8,09 | 9,80 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,18 | 0,22 |
| | | Molibdenita | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,23 | 0,42 | 0,31 | 0,44 | 0,31 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| | | Calcocina/Digenita/Covelina | 0,15 | 0,18 | 0,14 | 0,23 | 0,20 | 0,47 | 0,98 | 0,99 | 1,15 | 1,01 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,03 |
| | | Pirita | 9,21 | 4,36 | 1,41 | 1,50 | 0,17 | 17,90 | 13,85 | 3,82 | 4,21 | 0,49 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | | Otros Sulfuros | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 0,03 | 0,18 | 0,35 | 0,35 | 0,25 | 0,52 | 0,37 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Oxidos-Cu | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,11 | 0,16 | 0,23 | 0,26 | 0,21 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Minerales de ganga no metalicos | Primarios | Cuarzo | 19,84 | 21,44 | 19,35 | 19,78 | 21,45 | 12,90 | 9,44 | 13,55 | 13,22 | 14,60 | 28,00 | 24,74 | 24,10 | 22,31 | 22,89 |
| | | K-Feldespato | 8,31 | 10,29 | 11,25 | 11,23 | 11,92 | 5,74 | 6,15 | 9,36 | 9,72 | 10,24 | 10,53 | 10,32 | 11,10 | 11,29 | 11,69 |
| | | Plagioclasas | 20,07 | 22,00 | 24,28 | 26,23 | 27,59 | 9,40 | 8,17 | 13,76 | 14,24 | 19,11 | 23,67 | 28,80 | 29,30 | 30,28 | 30,87 |
| | | Clorita | 3,67 | 3,67 | 3,47 | 2,33 | 1,78 | 2,76 | 2,02 | 2,48 | 1,96 | 1,32 | 4,10 | 3,51 | 2,93 | 2,37 | 1,75 |
| | | Mica Blanca | 11,75 | 13,56 | 14,95 | 14,52 | 15,27 | 14,60 | 12,36 | 16,91 | 15,84 | 14,60 | 15,72 | 14,75 | 14,68 | 15,12 | 14,77 |
| | | Biotita | 7,55 | 8,69 | 10,17 | 9,87 | 9,67 | 3,86 | 4,01 | 5,61 | 6,25 | 6,95 | 8,78 | 8,93 | 9,25 | 9,64 | 9,37 |
| | | Anhidrita/Yeso | 4,88 | 4,82 | 4,80 | 4,44 | 3,61 | 2,03 | 2,15 | 3,04 | 2,52 | 3,34 | 3,58 | 3,93 | 3,71 | 3,67 | 3,30 |
| | Secundarios | Arcillas | 0,18 | 0,15 | 0,25 | 0,14 | 0,08 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,20 | 0,12 | 0,24 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,09 |
| | | Carbonatos | 0,12 | 0,24 | 0,19 | 0,16 | 0,34 | 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,28 | 0,28 | 0,23 | 0,22 | 0,26 | 0,28 | 0,24 |
| | | Otros Oxidos | 1,82 | 1,77 | 1,35 | 1,20 | 1,13 | 0,77 | 0,77 | 0,98 | 0,93 | 1,01 | 1,25 | 1,25 | 1,32 | 1,39 | 1,31 |
| | | Otros Sulfatos | 0,89 | 0,78 | 1,05 | 0,85 | 0,71 | 0,46 | 0,37 | 0,53 | 0,51 | 0,62 | 0,66 | 0,80 | 0,75 | 0,87 | 0,79 |
| | | Otros Silicatos | 0,50 | 0,37 | 0,30 | 0,26 | 0,12 | 0,97 | 1,57 | 1,68 | 1,03 | 0,57 | 0,13 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| | | Otros | 2,65 | 2,39 | 3,02 | 2,97 | 2,37 | 1,84 | 2,23 | 2,84 | 2,47 | 2,35 | 2,82 | 2,25 | 1,99 | 2,08 | 2,36 |
| | | Total Min Metalicos | **17,76** | **9,83** | **5,60** | **6,03** | **3,94** | **44,42** | **50,48** | **28,83** | **30,82** | **24,89** | **0,29** | **0,30** | **0,43** | **0,56** | **0,52** |
| | | Total Min Mena de Cu | 8,49 | 5,34 | 4,14 | 4,48 | 3,56 | 25,94 | 35,86 | 24,45 | 25,65 | 23,72 | 0,23 | 0,27 | 0,41 | 0,53 | 0,49 |
| | | Total Min Ganga | **82,23** | **90,17** | **94,43** | **93,98** | **96,04** | **55,56** | **49,53** | **71,17** | **69,17** | **75,11** | **99,71** | **99,7** | **99,56** | **99,45** | **99,46** |
| | | Total Min Ganga Sec | 6,16 | 5,70 | 6,16 | 5,58 | 4,75 | 4,27 | 5,23 | 6,46 | 5,42 | 4,95 | 5,33 | 4,72 | 4,49 | 4,77 | 4,82 |

| | | Name | Alimentación E-MD | | | | | Concentrado E-MD | | | | | Cola E-MD | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100E | 75E/25MD | 50E/50MD | 25E/75MD | 100MD | 100E | 75E/25MD | 50E/50MD | 25E/75MD | 100MD | 100E | 75E/25MD | 50E/50MD | 25E/75MD | 100MD |
| Minerales de mena | | Calcopirita | 7,29 | 3,68 | 4,06 | 3,22 | 4,45 | 23,24 | 24,85 | 22,92 | 16,04 | 11,70 | 0,22 | 0,35 | 0,25 | 0,62 | 0,66 |
| | | Bornita | 1,00 | 0,32 | 0,33 | 0,19 | 0,10 | 2,12 | 2,37 | 1,78 | 0,74 | 0,48 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,01 |
| | | Molibdenita | 0,03 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,23 | 0,53 | 0,30 | 0,77 | 0,19 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| | | Calcocina/Digenita/Covelina | 0,15 | 0,30 | 0,29 | 0,40 | 0,54 | 0,47 | 1,53 | 2,64 | 3,01 | 3,80 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,11 | 0,17 |
| | | Pirita | 9,21 | 4,80 | 7,05 | 9,14 | 21,04 | 17,90 | 16,58 | 29,32 | 28,18 | 24,56 | 0,04 | 0,05 | 0,26 | 0,42 | 0,94 |
| | | Otros Sulfuros | 0,03 | 0,08 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,35 | 0,09 | 0,16 | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | Oxidos-Cu | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,11 | 0,16 | 0,19 | 0,38 | 0,26 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| Minerales de ganga no metalicos | Primarios | Cuarzo | 19,84 | 21,94 | 22,97 | 24,96 | 22,12 | 12,90 | 12,42 | 9,29 | 11,04 | 19,12 | 28,00 | 27,67 | 30,35 | 30,27 | 33,32 |
| | | K-Feldespato | 8,31 | 7,85 | 6,40 | 5,57 | 3,47 | 5,74 | 4,83 | 3,18 | 3,33 | 2,54 | 10,53 | 8,49 | 7,81 | 6,21 | 4,95 |
| | | Plagioclasas | 20,07 | 19,03 | 16,58 | 13,42 | 8,88 | 9,40 | 8,02 | 5,33 | 3,84 | 4,67 | 23,67 | 24,18 | 20,97 | 17,06 | 12,50 |
| | | Clorita | 3,67 | 5,97 | 9,17 | 11,24 | 10,85 | 2,76 | 3,61 | 3,95 | 6,13 | 10,11 | 4,10 | 5,98 | 7,85 | 10,97 | 12,89 |
| | | Mica Blanca | 11,75 | 17,86 | 17,57 | 18,13 | 18,41 | 14,60 | 15,45 | 11,82 | 16,93 | 14,53 | 15,72 | 16,47 | 17,82 | 20,73 | 23,27 |
| | | Biotita | 7,55 | 8,90 | 6,62 | 5,17 | 3,10 | 3,86 | 3,40 | 2,90 | 2,86 | 2,25 | 8,78 | 7,96 | 6,58 | 5,79 | 4,16 |
| | | Anhidrita/Yeso | 4,88 | 3,62 | 2,89 | 1,86 | 0,45 | 2,03 | 1,45 | 1,11 | 0,75 | 0,19 | 3,58 | 3,61 | 2,72 | 1,44 | 0,42 |
| | Secundarios | Arcillas | 0,18 | 0,36 | 0,58 | 0,78 | 0,82 | 0,14 | 0,20 | 0,32 | 0,42 | 0,70 | 0,24 | 0,35 | 0,56 | 0,68 | 1,01 |
| | | Carbonatos | 0,12 | 0,17 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,23 | 0,10 | 0,08 | 0,13 | 0,18 |
| | | Otros Oxidos | 1,82 | 1,54 | 2,11 | 2,14 | 2,36 | 0,77 | 0,91 | 1,13 | 1,01 | 1,48 | 1,25 | 1,74 | 1,84 | 2,47 | 2,59 |
| | | Otros Sulfatos | 0,50 | 0,44 | 0,45 | 0,59 | 0,71 | 0,97 | 1,48 | 1,58 | 2,51 | 1,32 | 0,13 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,17 |
| | | Otros Silicatos | 0,89 | 0,74 | 0,84 | 1,25 | 1,03 | 0,46 | 0,34 | 0,45 | 0,23 | 0,49 | 0,66 | 0,87 | 0,89 | 1,15 | 1,08 |
| | | Otros | 2,65 | 2,29 | 1,93 | 1,82 | 1,58 | 1,84 | 1,70 | 1,57 | 1,75 | 1,59 | 2,82 | 1,99 | 1,80 | 1,71 | 1,63 |
| | | Total Min Metalicos | **17,76** | **9,30** | **11,80** | **13,03** | **26,21** | 44,42 | **46,11** | **57,31** | **49,18** | **41,02** | **0,29** | **0,50** | **0,60** | **1,24** | **1,83** |
| | | Total Min Mena de Cu | 8,49 | 4,35 | 4,72 | 3,86 | 5,15 | 25,94 | 28,91 | 27,53 | 20,17 | 16,24 | 0,23 | 0,44 | 0,34 | 0,81 | 0,89 |
| | | Total Min Ganga | **82,23** | **90,71** | **88,19** | **86,97** | **73,79** | **55,56** | **53,9** | **42,7** | **50,82** | **59** | **99,71** | **99,49** | **99,39** | **98,76** | **98,17** |
| | | Total Min Ganga Sec | 6,16 | 5,54 | 5,99 | 6,62 | 6,51 | 4,27 | 4,72 | 5,12 | 5,94 | 5,59 | 5,33 | 5,13 | 5,29 | 6,29 | 6,66 |

## B) Mineralogia por Qemscan de muestras puras y mezclas en etapa de alimentación, segun granulometria.

| Muestra/Mineral | Fina E | Media E | Gruesa E | Fina D | Media D | Gruesa D | Fina F | Media F | Gruesa F | Fina MD | Media MD | Gruesa MD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 3,79 | 8,96 | 6,57 | 5,05 | 5,93 | 8,84 | 1,41 | 2,76 | 5,01 | 2,76 | 5,96 | 2,72 |
| Bornita | 0,38 | 0,92 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 3,53 | 3,85 | 3,03 | 0,08 | 0,24 | 0,07 |
| Molibdenita | 0,13 | 0,05 | 0,13 | 0,24 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,13 | 0,08 |
| Calcocina/Digenita/Cove | 0,09 | 0,22 | 0,30 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,16 | 0,47 | 0,63 | 0,82 | 0,91 | 1,15 |
| Pirita | 4,07 | 7,02 | 1,19 | 2,83 | 3,51 | 1,43 | 0,12 | 0,09 | 0,05 | 7,26 | 20,56 | 1,13 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,26 | 0,04 | 0,07 | 0,00 | 0,02 | 0,62 | 0,09 | 0,20 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Oxidos-Cu | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,15 | 0,10 | 0,11 |
| Cuarzo | 23,16 | 20,75 | 16,83 | 23,48 | 23,29 | 17,36 | 21,63 | 21,44 | 18,57 | 26,25 | 18,21 | 22,23 |
| K-Feldespato | 7,41 | 6,58 | 8,89 | 10,74 | 10,54 | 10,42 | 10,65 | 11,27 | 10,83 | 4,30 | 2,83 | 4,56 |
| Plagioclasas | 17,16 | 15,77 | 13,64 | 20,10 | 19,27 | 14,34 | 23,66 | 21,03 | 16,69 | 6,31 | 6,44 | 7,93 |
| Clorita | 4,41 | 4,64 | 5,44 | 3,47 | 3,29 | 3,47 | 1,84 | 2,64 | 2,13 | 15,40 | 14,00 | 19,32 |
| Mica Blanca | 19,33 | 12,88 | 16,73 | 17,88 | 14,95 | 17,74 | 17,10 | 12,70 | 11,51 | 24,32 | 18,99 | 24,96 |
| Biotita | 8,93 | 6,87 | 10,68 | 4,10 | 4,68 | 3,52 | 8,88 | 8,84 | 13,45 | 3,63 | 3,47 | 5,32 |
| Anhidrita/Yeso | 6,38 | 9,96 | 10,20 | 8,32 | 10,25 | 16,71 | 5,26 | 8,95 | 9,72 | 0,32 | 0,32 | 0,61 |
| Arcillas | 0,30 | 0,26 | 0,48 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 0,07 | 0,13 | 0,15 | 1,57 | 1,25 | 1,93 |
| Carbonatos | 0,08 | 0,16 | 0,18 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,24 | 0,29 | 0,45 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| Otros Oxidos | 1,10 | 1,33 | 1,28 | 0,55 | 0,81 | 0,86 | 1,13 | 1,38 | 1,36 | 2,56 | 2,13 | 2,42 |
| Otros Sulfatos | 0,17 | 0,35 | 1,47 | 0,48 | 0,35 | 0,98 | 0,15 | 0,22 | 0,49 | 1,01 | 1,82 | 2,05 |
| Otros Silicatos | 0,60 | 0,80 | 1,16 | 0,61 | 1,16 | 0,95 | 0,74 | 1,02 | 1,45 | 1,22 | 0,94 | 0,94 |
| Otros | 2,48 | 2,17 | 4,40 | 1,89 | 1,71 | 3,04 | 2,75 | 2,72 | 4,08 | 2,02 | 1,68 | 2,46 |
| Total Min Ganga [%] | 91,51 | 82,52 | 91,38 | 91,78 | 90,51 | 89,62 | 94,10 | 92,63 | 90,88 | 88,91 | 72,10 | 94,73 |
| Min Gan. Normalizado | 34,48 | 31,09 | 34,43 | 33,75 | 33,29 | 32,96 | 33,90 | 33,37 | 32,74 | 34,77 | 28,19 | 37,04 |

| Muestra/Mineral | Fina E75D25 | Media E75D25 | Gruesa E75D25 | Fina E50D50 | Media E50D50 | Gruesa E50D50 | Fina E25D75 | Media E25D75 | Gruesa E25D75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 5,63 | 7,53 | 6,91 | 2,96 | 5,02 | 6,84 | 4 | 8,21 | 8,48 |
| Bornita | 0,07 | 1,07 | 0,32 | 0,61 | 0,24 | 0,35 | 0,04 | 0,3 | 0,15 |
| Molibdenita | 0,04 | 0,07 | 0,03 | 0,26 | 0,04 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,03 |
| Calcocina/Digenita/Cove | 0,08 | 0,33 | 0,18 | 0,14 | 0,15 | 0,26 | 0,02 | 0,05 | 0,09 |
| Pirita | 4,32 | 8,49 | 1,01 | 0,58 | 1,93 | 1,12 | 3,04 | 5,86 | 1,27 |
| Otros Sulfuros | 0 | 0,06 | 0,05 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,02 |
| Oxidos-Cu | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,03 |
| Cuarzo | 22,95 | 20,25 | 17,21 | 22,42 | 23,71 | 16,98 | 23,58 | 21,95 | 17,85 |
| K-Feldespato | 9,29 | 8,34 | 9,19 | 12,74 | 9,55 | 10,62 | 10,62 | 9,11 | 10,89 |
| Plagioclasas | 18,26 | 14,36 | 12,92 | 16,17 | 17,99 | 11,79 | 19,2 | 16,6 | 13,66 |
| Clorita | 4,34 | 4,64 | 5,24 | 3,14 | 4,24 | 4,78 | 3,81 | 3,96 | 3,87 |
| Mica Blanca | 16,1 | 13,25 | 18,71 | 20,41 | 14,83 | 17,29 | 18,11 | 14,79 | 17,62 |
| Biotita | 7,57 | 6,44 | 9,91 | 6,01 | 6,29 | 7,12 | 3,99 | 5,12 | 5,6 |
| Anhidrita/Yeso | 7 | 9,43 | 10,24 | 9,29 | 11,07 | 14 | 8,71 | 9,33 | 13,42 |
| Arcillas | 0,14 | 0,27 | 0,41 | 0,29 | 0,25 | 0,36 | 0,37 | 0,16 | 0,25 |
| Carbonatos | 0,4 | 0,13 | 0,13 | 0,19 | 0,1 | 0,16 | 0,05 | 0,11 | 0,1 |
| Otros Oxidos | 1,11 | 1,36 | 1,17 | 0,84 | 0,99 | 1,11 | 1,04 | 0,83 | 1,15 |
| Otros Sulfatos | 0,22 | 0,55 | 1,13 | 0,28 | 0,42 | 1,29 | 0,21 | 0,46 | 1,17 |
| Otros Silicatos | 0,53 | 1,02 | 1,13 | 0,71 | 0,69 | 1,17 | 1,07 | 1,01 | 1 |
| Otros | 1,91 | 2,33 | 4,06 | 2,92 | 2,45 | 4,64 | 2,11 | 2,04 | 3,35 |
| Total Min Ganga [%] | 89,82 | 82,37 | 91,45 | 95,41 | 92,58 | 91,31 | 92,87 | 85,47 | 89,93 |
| Min Gan. Normalizado | 34,07 | 31,24 | 34,69 | 34,16 | 33,15 | 32,69 | 34,62 | 31,86 | 33,52 |

| Muestra/Mineral | Fina E75F25 | Media E75F25 | Gruesa E75F25 | Fina E50F50 | Media E50F50 | Gruesa E50F50 | Fina E25F75 | Media E25F75 | Gruesa E25F75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 4,01 | 8,81 | 6,5 | 1,56 | 4,87 | 6,67 | 2,97 | 6,07 | 4,27 |
| Bornita | 2,92 | 2,68 | 1,28 | 1,14 | 3,45 | 1,7 | 2,2 | 4,62 | 1,74 |
| Molibdenita | 0,01 | 0,14 | 0,1 | 0,04 | 0,02 | 0,12 | 0,09 | 0,04 | 0,07 |
| Calcocina/Digenita/Cove | 0,18 | 0,31 | 0,35 | 0,11 | 0,36 | 0,49 | 0,1 | 0,36 | 0,39 |
| Pirita | 2,46 | 5,52 | 1 | 2,44 | 2,77 | 0,9 | 3,04 | 2,8 | 0,21 |
| Otros Sulfuros | 0 | 0,26 | 0,05 | 0,01 | 0,1 | 0,06 | 0,11 | 0,25 | 0,06 |
| Oxidos-Cu | 0,04 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,1 | 0,08 |
| Cuarzo | 24,54 | 20,77 | 18,78 | 22,22 | 21,51 | 17,66 | 19,3 | 21,37 | 17,9 |
| K-Feldespato | 8,19 | 7,11 | 8,05 | 9,26 | 8,34 | 9,43 | 10,25 | 8,88 | 10,4 |
| Plagioclasas | 18,08 | 15,03 | 13,9 | 20,24 | 16,75 | 15,9 | 21,4 | 18,09 | 16,55 |
| Clorita | 4,01 | 4,32 | 4,55 | 4 | 3,37 | 3,57 | 1,91 | 2,64 | 3,1 |
| Mica Blanca | 16,56 | 11,42 | 13,75 | 16,81 | 12,51 | 13,08 | 16,06 | 12,72 | 13,61 |
| Biotita | 8,25 | 7,29 | 10,44 | 9,9 | 8,29 | 10,94 | 9,91 | 7,96 | 13,58 |
| Anhidrita/Yeso | 6,79 | 10,87 | 13,01 | 6,64 | 11,84 | 11,87 | 6,97 | 9,38 | 10,83 |
| Arcillas | 0,14 | 0,29 | 0,29 | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,1 | 0,12 | 0,22 |
| Carbonatos | 0,08 | 0,36 | 0,27 | 0,14 | 0,23 | 0,21 | 0,56 | 0,35 | 0,25 |
| Otros Oxidos | 1,05 | 1,35 | 1,6 | 1,42 | 1,58 | 1,57 | 1,2 | 0,99 | 1,4 |
| Otros Sulfatos | 0,13 | 0,36 | 0,79 | 0,11 | 0,31 | 0,73 | 0,1 | 0,24 | 0,56 |
| Otros Silicatos | 0,45 | 0,82 | 1,38 | 1,16 | 0,85 | 1,23 | 1 | 0,68 | 1,13 |
| Otros | 2,1 | 2,24 | 3,81 | 2,55 | 2,53 | 3,55 | 2,67 | 2,33 | 3,66 |
| Total Min Ganga [%] | 90,37 | 82,23 | 90,62 | 94,66 | 88,35 | 89,99 | 91,43 | 85,75 | 93,19 |
| Min Gan. Normalizado | 34,33 | 31,24 | 34,43 | 34,67 | 32,36 | 32,96 | 33,82 | 31,72 | 34,47 |

| Muestra/Mineral | Fina E75MD25 | Media E75MD25 | Gruesa E75MD25 | Fina E50MD50 | Media E50MD50 | Gruesa E50MD50 | Fina E25MD75 | Media E25MD75 | Gruesa E25MD75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calcopirita | 2,65 | 5,35 | 5,2 | 3,73 | 7,33 | 6,14 | 3,32 | 6,69 | 7,41 |
| Bornita | 0,07 | 0,41 | 0,18 | 0,12 | 0,3 | 0,23 | 0,21 | 0,98 | 0,43 |
| Molibdenita | 0,02 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 0,04 | 0,25 | 0,01 | 0,09 | 0,18 |
| Calcocina/Digenita/Cove | 0,45 | 0,8 | 1,04 | 0,42 | 0,74 | 0,96 | 0,29 | 0,52 | 0,52 |
| Pirita | 10,25 | 9,64 | 2,16 | 8,93 | 11,13 | 2,25 | 5,52 | 7,61 | 1,58 |
| Otros Sulfuros | 0 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,08 | 0,04 | 0,09 |
| Oxidos-Cu | 0,07 | 0,1 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,1 | 0,07 |
| Cuarzo | 22,32 | 20,05 | 20,52 | 24,15 | 20,21 | 21,09 | 21,75 | 21,41 | 19,85 |
| K-Feldespato | 4,18 | 4,14 | 5,75 | 5,14 | 4,43 | 5,87 | 6,47 | 5,69 | 7,08 |
| Plagioclasas | 10,85 | 9,11 | 9,81 | 11,54 | 9,32 | 10,42 | 18,02 | 12,34 | 12,1 |
| Clorita | 14,6 | 13,96 | 15,14 | 10,15 | 10,83 | 11,31 | 8,91 | 8,98 | 8,58 |
| Mica Blanca | 20,22 | 20,44 | 20,32 | 21,15 | 17,24 | 17,38 | 17,78 | 16,11 | 16,37 |
| Biotita | 5,18 | 4,94 | 6,23 | 5,06 | 5,15 | 7,17 | 7,75 | 6,02 | 8,85 |
| Anhidrita/Yeso | 1,36 | 2,48 | 3,77 | 2,25 | 5,82 | 7,5 | 3,52 | 6,69 | 8,56 |
| Arcillas | 1,69 | 1,5 | 1,39 | 1,19 | 1,01 | 0,96 | 0,83 | 0,78 | 0,63 |
| Carbonatos | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,1 | 0,04 | 0,19 | 0,12 |
| Otros Oxidos | 1,93 | 2,09 | 2,37 | 1,78 | 2 | 2,18 | 1,58 | 1,89 | 1,8 |
| Otros Sulfatos | 1,25 | 1,5 | 2,02 | 1,21 | 1,26 | 1,61 | 0,65 | 0,92 | 1,31 |
| Otros Silicatos | 0,72 | 0,75 | 0,96 | 0,77 | 1,05 | 1,37 | 0,94 | 0,79 | 1,18 |
| Otros | 2,18 | 2,64 | 2,87 | 2,22 | 2 | 3,12 | 2,27 | 2,16 | 3,28 |
| Total Min Ganga [%] | 86,49 | 83,63 | 91,2 | 86,68 | 80,38 | 90,08 | 90,51 | 83,97 | 89,71 |
| Min Gan. Normalizado | 33,10 | 32,00 | 34,90 | 33,71 | 31,26 | 35,03 | 34,26 | 31,78 | 33,96 |

## C) Asociaciones minerales según Qemscan en muestras puras de alimentacion (F), Concentrado (C) y Cola (T).

| Asociaciones minerales F/100E | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 66,21 | 33,14 | 60,42 | 36,91 | 40,00 | 2,50 | 70,82 | 13,71 | 25,81 | 45,45 | 22,28 | 34,01 | 25,11 | 31,31 | 38,73 | 33,08 | 7,93 | 52,77 | 15,58 | 27,08 | 65,24 | 45,97 | 21,31 | 34,67 | 24,31 | 23,49 |
| Calcopirita | 5,04 | 0,00 | 36,58 | 0,69 | 12,44 | 25,00 | 50,00 | 5,23 | 9,68 | 11,36 | 0,50 | 0,34 | 0,39 | 0,06 | 0,75 | 0,89 | 0,47 | 0,29 | 0,90 | 0,25 | 0,56 | 0,68 | 7,60 | 0,78 | 1,16 | 0,90 | 1,38 |
| Bornita | 0,32 | 4,71 | 0,00 | 0,00 | 20,75 | 0,00 | 2,50 | 0,03 | 0,81 | 11,77 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,27 |
| Molibdenita | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| Calc/Dig/Cov | 0,25 | 1,11 | 14,44 | 0,69 | 0,00 | 10,00 | 15,00 | 0,01 | 1,21 | 7,06 | 0,03 | 0,06 | 0,07 | 0,00 | 0,04 | 0,15 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,01 | 0,10 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,10 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tennantita | 0,00 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Pirita | 3,47 | 3,36 | 0,14 | 9,03 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 39,11 | 0,00 | 0,33 | 0,08 | 0,17 | 0,01 | 0,13 | 0,31 | 0,18 | 0,10 | 0,28 | 0,13 | 0,06 | 0,42 | 11,11 | 0,20 | 0,57 | 1,62 | 0,80 |
| Otros Sulfuros | 0,01 | 0,09 | 0,06 | 0,00 | 0,12 | 5,00 | 12,50 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,06 |
| Oxidos de Cu | 0,09 | 0,51 | 4,09 | 0,00 | 3,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,01 | 0,13 | 0,03 | 0,17 | 0,02 | 0,07 |
| Cuarzo | 19,33 | 2,80 | 1,24 | 2,08 | 2,15 | 0,00 | 0,00 | 2,90 | 2,02 | 11,04 | 0,00 | 16,60 | 10,52 | 8,33 | 8,42 | 7,55 | 5,09 | 0,19 | 5,66 | 1,63 | 9,56 | 7,67 | 4,23 | 1,21 | 11,33 | 14,30 | 12,38 |
| Feldespato Potásico | 10,86 | 2,17 | 1,21 | 0,00 | 4,50 | 0,00 | 0,00 | 0,84 | 1,21 | 7,47 | 19,02 | 0,00 | 26,27 | 6,06 | 4,66 | 27,85 | 14,14 | 5,35 | 3,95 | 0,50 | 9,37 | 4,29 | 4,18 | 6,20 | 1,33 | 8,08 | 8,32 |
| Plagioclasas | 16,53 | 2,47 | 0,90 | 0,00 | 4,74 | 0,00 | 0,00 | 1,68 | 0,00 | 4,38 | 12,03 | 26,21 | 0,00 | 28,99 | 16,62 | 8,27 | 12,58 | 69,41 | 10,41 | 4,59 | 15,10 | 5,29 | 4,07 | 31,85 | 4,31 | 10,79 | 13,87 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,54 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,27 | 1,29 | 0,00 | 1,15 | 0,07 | 0,41 | 1,34 | 1,34 | 0,00 | 0,15 | 0,13 | 0,05 | 11,96 | 0,98 | 0,54 | 0,66 |
| Clorita | 4,51 | 1,43 | 0,25 | 0,69 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,00 | 2,19 | 2,85 | 1,38 | 4,92 | 7,62 | 0,00 | 2,23 | 10,22 | 2,29 | 2,07 | 55,03 | 9,04 | 0,66 | 2,07 | 1,21 | 16,53 | 7,11 | 5,32 |
| Mica Blanca | 13,41 | 4,06 | 1,13 | 0,00 | 7,82 | 0,00 | 0,00 | 2,21 | 0,81 | 9,82 | 6,14 | 19,79 | 5,89 | 1,08 | 5,36 | 0,00 | 9,67 | 0,96 | 2,55 | 3,08 | 15,21 | 1,93 | 9,87 | 1,77 | 0,63 | 10,34 | 6,26 |
| Biotita | 8,05 | 1,50 | 0,51 | 3,47 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 0,00 | 1,38 | 2,91 | 7,07 | 6,30 | 4,59 | 17,29 | 6,80 | 0,00 | 1,05 | 2,04 | 0,19 | 4,42 | 1,00 | 3,98 | 4,04 | 5,10 | 10,80 | 13,89 |
| Epidota | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,41 | 0,18 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,42 | 0,13 | 0,52 | 0,00 | 0,01 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| Otros Silicatos | 0,52 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,08 | 0,21 | 0,61 | 0,14 | 0,07 | 0,08 | 1,43 | 0,00 | 0,25 | 0,07 | 0,11 | 0,04 | 1,32 | 0,55 | 1,42 | 0,44 |
| Turmalina | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 1,68 | 0,04 | 0,00 | 0,19 | 0,11 | 0,00 | 3,28 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,15 |
| Arcillas | 0,40 | 0,11 | 0,73 | 0,00 | 0,93 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 1,06 | 0,33 | 0,29 | 0,46 | 0,10 | 0,93 | 0,65 | 0,27 | 2,68 | 0,11 | 11,06 | 0,00 | 0,06 | 0,08 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,26 |
| Anhidrita/Yeso | 8,78 | 1,19 | 0,23 | 10,42 | 0,28 | 10,00 | 5,00 | 1,16 | 0,00 | 0,24 | 2,43 | 1,18 | 1,46 | 0,82 | 0,61 | 0,75 | 0,55 | 0,10 | 1,48 | 0,44 | 0,50 | 0,00 | 2,26 | 2,68 | 0,33 | 2,68 | 7,83 |
| Alunita-Jarosita | 1,79 | 3,90 | 0,20 | 0,00 | 0,57 | 0,00 | 0,00 | 8,86 | 13,71 | 1,46 | 0,39 | 0,33 | 0,33 | 0,09 | 0,56 | 1,11 | 0,64 | 0,10 | 0,14 | 0,13 | 0,20 | 0,66 | 0,00 | 0,08 | 1,81 | 0,24 | 0,64 |
| Carbonatos | 0,36 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,16 | 0,05 | 0,21 | 1,09 | 9,23 | 0,14 | 0,09 | 0,28 | 1,53 | 2,24 | 0,06 | 0,13 | 0,33 | 0,04 | 0,00 | 0,42 | 0,29 | 1,26 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,52 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,40 | 0,73 | 0,40 | 0,04 | 0,13 | 0,68 | 1,72 | 0,03 | 0,31 | 0,00 | 0,84 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,69 | 0,38 | 0,00 | 0,73 | 1,50 |
| Rutilo/Anatasa | 0,74 | 0,36 | 0,03 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 0,16 | 1,02 | 0,51 | 0,68 | 0,75 | 1,50 | 0,91 | 1,35 | 0,00 | 4,37 | 0,38 | 0,24 | 0,61 | 0,18 | 0,53 | 1,49 | 0,00 | 0,92 |
| Otros | 4,36 | 3,37 | 5,08 | 12,50 | 2,84 | 10,00 | 12,50 | 3,05 | 14,92 | 3,90 | 5,41 | 3,17 | 5,30 | 5,65 | 6,86 | 3,36 | 10,60 | 5,07 | 8,31 | 6,53 | 3,32 | 10,81 | 3,06 | 14,05 | 18,53 | 5,62 | 0,00 |

| Asociaciones minerales C/100E | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 65,35 | 42,80 | 62,30 | 33,76 | 13,42 | 8,02 | 80,00 | 52,51 | 19,11 | 32,12 | 18,67 | 28,64 | 21,69 | 29,01 | 34,57 | 28,24 | 9,14 | 34,60 | 13,01 | 22,61 | 46,63 | 40,83 | 18,71 | 41,92 | 18,49 | 25,99 |
| Calcopirita | 21,17 | 0,00 | 23,79 | 3,27 | 14,38 | 3,28 | 7,16 | 6,36 | 4,84 | 18,08 | 2,24 | 2,56 | 1,92 | 1,04 | 4,09 | 5,25 | 2,91 | 1,61 | 4,18 | 1,85 | 2,80 | 5,23 | 15,28 | 2,50 | 3,96 | 4,90 | 7,09 |
| Bornita | 1,30 | 2,24 | 0,00 | 0,21 | 14,08 | 0,34 | 1,04 | 0,08 | 1,43 | 10,35 | 0,09 | 0,28 | 0,18 | 0,05 | 0,40 | 0,14 | 0,12 | 0,00 | 0,33 | 0,57 | 1,65 | 0,14 | 0,17 | 0,37 | 0,20 | 0,38 | 1,31 |
| Molibdenita | 0,20 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,32 | 0,11 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,13 |
| Calc/Dig/Cov | 0,72 | 0,95 | 9,86 | 0,14 | 0,00 | 5,48 | 6,45 | 0,06 | 5,38 | 8,16 | 0,12 | 0,29 | 0,21 | 0,10 | 0,43 | 0,37 | 0,11 | 0,00 | 0,21 | 0,19 | 2,56 | 0,26 | 0,41 | 0,04 | 0,16 | 0,28 | 0,57 |
| Cu.As (Enargita) | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 1,20 | 0,00 | 66,13 | 0,01 | 2,33 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |
| Tennantita | 0,04 | 0,11 | 0,17 | 0,00 | 1,46 | 68,27 | 0,00 | 0,03 | 4,12 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,25 |
| Pirita | 9,73 | 2,39 | 0,32 | 6,69 | 0,36 | 0,34 | 0,85 | 0,00 | 10,93 | 0,22 | 0,40 | 0,17 | 0,18 | 0,14 | 0,32 | 0,65 | 0,23 | 0,18 | 0,51 | 0,26 | 0,26 | 0,90 | 4,80 | 0,14 | 3,61 | 3,60 | 1,88 |
| Otros Sulfuros | 0,07 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,32 | 0,64 | 1,09 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,20 | 0,00 | 0,06 |
| Oxidos de Cu | 0,16 | 0,47 | 2,87 | 0,00 | 3,22 | 0,24 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 0,19 | 0,23 | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 0,34 | 0,82 | 0,03 | 0,16 | 0,12 | 0,16 | 0,09 | 0,17 |
| Cuarzo | 10,98 | 2,36 | 1,05 | 3,41 | 1,99 | 0,10 | 0,24 | 1,12 | 1,25 | 8,08 | 0,00 | 19,78 | 9,61 | 9,05 | 8,70 | 13,22 | 6,43 | 2,15 | 5,84 | 4,37 | 8,33 | 6,75 | 3,44 | 4,25 | 8,59 | 13,52 | 7,94 |
| Feldespato Potásico | 7,19 | 3,05 | 3,49 | 1,42 | 5,21 | 0,20 | 0,14 | 0,52 | 0,90 | 7,34 | 22,30 | 0,00 | 23,99 | 5,43 | 4,59 | 20,70 | 9,43 | 6,09 | 9,42 | 1,06 | 5,66 | 8,24 | 5,53 | 9,33 | 2,43 | 9,18 | 7,19 |
| Plagioclasas | 8,21 | 1,70 | 1,66 | 0,57 | 2,83 | 0,24 | 0,09 | 0,43 | 0,54 | 3,28 | 8,05 | 17,83 | 0,00 | 26,86 | 10,73 | 6,52 | 11,99 | 55,73 | 9,03 | 1,96 | 9,70 | 4,52 | 2,78 | 27,93 | 6,44 | 9,66 | 8,48 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,21 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,11 | 0,25 | 0,13 | 0,89 | 0,00 | 0,40 | 0,05 | 0,19 | 0,54 | 0,69 | 0,00 | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 7,79 | 0,78 | 0,22 | 0,36 |
| Clorita | 3,73 | 1,62 | 1,70 | 0,21 | 2,57 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,36 | 2,95 | 3,27 | 1,53 | 4,81 | 5,41 | 0,00 | 3,16 | 11,30 | 5,56 | 3,70 | 34,99 | 7,42 | 1,10 | 1,95 | 2,24 | 8,24 | 6,21 | 5,27 |
| Mica Blanca | 16,87 | 7,91 | 2,18 | 1,28 | 8,39 | 0,39 | 0,09 | 2,62 | 0,54 | 13,09 | 18,87 | 26,21 | 11,10 | 2,73 | 12,01 | 0,00 | 17,00 | 4,84 | 8,12 | 5,69 | 15,26 | 7,04 | 12,20 | 5,09 | 2,28 | 16,83 | 10,53 |
| Biotita | 5,04 | 1,60 | 0,70 | 0,28 | 0,88 | 0,00 | 0,14 | 0,34 | 0,36 | 1,60 | 3,36 | 4,37 | 7,46 | 3,57 | 15,69 | 6,22 | 0,00 | 1,43 | 2,14 | 0,23 | 1,84 | 1,60 | 3,37 | 3,55 | 4,12 | 7,15 | 8,45 |
| Epidota | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,25 | 0,07 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,15 | 0,04 | 0,33 | 0,00 | 0,01 | 0,16 | 0,04 | 0,00 | 0,04 |
| Otros Silicatos | 0,26 | 0,10 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,13 | 0,19 | 0,24 | 0,56 | 0,22 | 0,13 | 0,09 | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,42 | 0,08 | 1,15 | 0,04 | 0,54 | 0,46 |
| Turmalina | 0,08 | 0,03 | 0,11 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,24 | 0,08 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 1,65 | 0,07 | 0,01 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 12,98 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,31 |
| Arcillas | 0,28 | 0,11 | 0,67 | 0,14 | 1,48 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,18 | 1,19 | 0,30 | 0,18 | 0,42 | 0,14 | 0,71 | 0,39 | 0,13 | 3,23 | 0,06 | 26,40 | 0,00 | 0,09 | 0,22 | 0,10 | 0,08 | 0,13 | 0,37 |
| Anhidrita/Yeso | 4,96 | 1,72 | 0,48 | 10,74 | 1,31 | 0,05 | 0,00 | 0,79 | 3,05 | 0,43 | 2,10 | 2,27 | 1,68 | 1,35 | 0,91 | 1,53 | 0,96 | 0,18 | 5,87 | 0,23 | 0,80 | 0,00 | 3,89 | 1,42 | 1,57 | 2,63 | 8,28 |
| Alunita-Jarosita | 3,49 | 4,03 | 0,48 | 2,92 | 1,66 | 0,20 | 0,05 | 3,37 | 2,15 | 1,63 | 0,86 | 1,23 | 0,83 | 0,84 | 1,30 | 2,14 | 1,62 | 0,36 | 0,90 | 0,53 | 1,54 | 3,13 | 0,00 | 0,40 | 3,53 | 0,94 | 2,13 |
| Carbonatos | 0,31 | 0,13 | 0,20 | 0,07 | 0,03 | 0,10 | 0,00 | 0,02 | 0,36 | 0,24 | 0,21 | 0,40 | 1,62 | 13,68 | 0,29 | 0,17 | 0,33 | 2,15 | 2,53 | 0,00 | 0,13 | 0,22 | 0,08 | 0,00 | 0,55 | 0,54 | 1,41 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,24 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,90 | 0,11 | 0,15 | 0,04 | 0,13 | 0,48 | 0,37 | 0,03 | 0,13 | 0,18 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,09 | 0,24 | 0,19 | 0,00 | 0,29 | 0,35 |
| Rutilo/Anatasa | 0,54 | 0,44 | 0,36 | 0,14 | 0,39 | 0,00 | 0,05 | 0,86 | 0,00 | 0,33 | 1,15 | 0,69 | 0,98 | 0,68 | 1,40 | 1,00 | 1,16 | 0,00 | 2,08 | 0,23 | 0,30 | 0,72 | 0,32 | 0,93 | 1,45 | 0,00 | 0,79 |
| Otros | 4,14 | 3,48 | 6,84 | 6,19 | 4,25 | 6,66 | 8,35 | 2,46 | 7,89 | 3,28 | 3,70 | 2,97 | 4,71 | 6,03 | 6,53 | 3,43 | 7,54 | 5,56 | 9,60 | 8,07 | 4,75 | 12,40 | 3,96 | 13,52 | 9,65 | 4,35 | 0,00 |

| Asociaciones minerales T/100E | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 41,27 | 28,57 | 10,00 | 38,89 | 65,38 | 42,86 | 16,67 | 72,88 | 28,61 | 38,99 | 34,46 | 38,29 | 45,36 | 37,19 | 16,11 | 53,76 | 33,33 | 35,50 | 67,37 | 50,10 | 24,22 | 35,19 | 24,88 | 32,18 |
| Calcopirita | 0,11 | 0,00 | 7,14 | 0,00 | 11,11 | 0,00 | 0,00 | 9,52 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,11 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 1,15 | 0,11 | 0,00 | 0,30 | 0,18 |
| Bornita | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Molibdenita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Calc/Dig/Cov | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,67 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,05 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| Oxidos de Cu | 0,01 | 1,75 | 0,00 | 0,00 | 5,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,03 | 0,04 |
| Cuarzo | 41,36 | 8,95 | 0,00 | 15,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 11,90 | 0,00 | 14,13 | 9,28 | 6,91 | 8,34 | 10,52 | 6,55 | 0,37 | 5,22 | 2,70 | 7,95 | 4,18 | 2,78 | 2,00 | 12,79 | 15,55 | 11,60 |
| Feldespato Potásico | 9,02 | 7,21 | 7,14 | 15,00 | 11,11 | 1,92 | 0,00 | 9,52 | 7,85 | 0,00 | 20,94 | 5,14 | 4,98 | 20,80 | 9,73 | 4,81 | 6,67 | 1,80 | 5,80 | 5,51 | 7,97 | 11,26 | 1,59 | 8,63 | 7,07 |
| Plagioclasas | 13,94 | 5,46 | 42,86 | 0,00 | 11,11 | 0,96 | 0,00 | 8,33 | 5,85 | 23,75 | 0,00 | 25,60 | 13,97 | 9,49 | 16,76 | 64,07 | 10,80 | 2,70 | 13,34 | 4,14 | 3,07 | 26,70 | 13,05 | 14,29 | 15,00 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,19 | 0,16 | 0,21 | 0,94 | 0,00 | 0,70 | 0,12 | 0,32 | 0,37 | 1,70 | 0,00 | 0,06 | 0,28 | 0,00 | 4,93 | 2,12 | 0,24 | 0,66 |
| Clorita | 4,02 | 3,71 | 0,00 | 0,00 | 5,56 | 1,92 | 0,00 | 5,95 | 1,54 | 1,66 | 4,10 | 5,57 | 0,00 | 2,72 | 8,59 | 1,67 | 2,55 | 40,09 | 15,08 | 1,11 | 1,92 | 1,52 | 14,20 | 7,85 | 4,73 |
| Mica Blanca | 14,19 | 13,32 | 0,00 | 5,00 | 11,11 | 0,96 | 0,00 | 11,90 | 5,80 | 20,64 | 8,30 | 2,76 | 8,12 | 0,00 | 10,42 | 3,15 | 4,85 | 4,95 | 10,03 | 3,41 | 14,40 | 5,33 | 1,32 | 9,18 | 6,85 |
| Biotita | 6,79 | 3,49 | 0,00 | 0,00 | 5,56 | 4,81 | 0,00 | 4,76 | 2,11 | 5,63 | 8,56 | 4,45 | 14,94 | 6,08 | 0,00 | 2,59 | 2,18 | 1,35 | 3,48 | 1,35 | 5,76 | 3,44 | 7,67 | 11,79 | 12,08 |
| Epidota | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,55 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,46 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,44 | 0,00 | 0,08 |
| Otros Silicatos | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,10 | 0,14 | 0,60 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,19 | 0,00 | 0,48 | 0,09 | 0,33 | 0,25 |
| Turmalina | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,48 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| Arcillas | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,38 | 0,14 | 0,18 | 0,36 | 0,04 | 1,40 | 0,31 | 0,19 | 1,48 | 0,24 | 9,01 | 0,00 | 0,07 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,51 |
| Anhidrita/Yeso | 4,31 | 0,66 | 0,00 | 35,00 | 0,00 | 2,88 | 0,00 | 0,00 | 0,47 | 1,12 | 0,74 | 1,38 | 0,68 | 0,70 | 0,47 | 0,74 | 2,67 | 0,00 | 0,46 | 0,00 | 7,29 | 4,85 | 0,09 | 2,05 | 5,41 |
| Alunita-Jarosita | 0,30 | 2,62 | 0,00 | 5,00 | 0,00 | 6,73 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,15 | 0,05 | 0,00 | 0,11 | 0,27 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,67 | 0,00 | 0,04 | 0,53 | 0,00 | 0,20 |
| Carbonatos | 0,37 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,76 | 0,05 | 0,55 | 1,14 | 5,74 | 0,22 | 0,26 | 0,29 | 0,19 | 1,58 | 0,00 | 0,00 | 1,16 | 0,10 | 0,00 | 0,44 | 0,48 | 1,87 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,03 | 0,23 | 1,04 | 0,87 | 0,03 | 0,27 | 0,93 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,58 | 0,19 | 0,00 | 0,45 | 0,50 |
| Rutilo/Anatasa | 0,47 | 2,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,19 | 0,52 | 0,52 | 0,75 | 0,35 | 1,41 | 0,55 | 1,21 | 0,00 | 1,33 | 0,00 | 0,35 | 0,60 | 0,00 | 0,59 | 1,32 | 0,00 | 0,61 |
| Otros | 3,71 | 8,08 | 14,29 | 15,00 | 0,00 | 10,58 | 57,14 | 10,71 | 2,36 | 2,59 | 4,84 | 5,83 | 5,20 | 2,53 | 7,63 | 3,15 | 6,07 | 4,05 | 5,97 | 9,77 | 3,93 | 14,15 | 8,99 | 3,76 | 0,00 |

| Asociaciones minerales F/100D | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 69,03 | 41,67 | 62,36 | 63,73 | 57,69 | 0,00 | 71,08 | 61,11 | 19,75 | 49,69 | 32,52 | 41,57 | 26,03 | 39,34 | 49,40 | 36,59 | 30,41 | 60,76 | 17,89 | 40,77 | 67,47 | 53,33 | 25,82 | 36,92 | 31,28 | 36,01 |
| Calcopirita | 3,28 | 0,00 | 12,50 | 0,56 | 11,76 | 7,69 | 75,00 | 2,77 | 0,00 | 28,40 | 0,48 | 0,27 | 0,33 | 0,10 | 0,56 | 0,86 | 0,42 | 0,00 | 1,15 | 0,00 | 0,28 | 0,54 | 6,19 | 0,17 | 0,27 | 0,67 | 1,29 |
| Bornita | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 2,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Molibdenita | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| Calc/Dig/Cov | 0,07 | 0,27 | 33,33 | 0,00 | 0,00 | 15,38 | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Cu.As (Enargita) | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 1,31 | 0,00 | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Tennantita | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 3,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 1,62 | 1,33 | 0,00 | 6,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,06 | 0,14 | 0,02 | 0,09 | 0,23 | 0,13 | 0,00 | 0,42 | 0,00 | 0,06 | 0,35 | 4,73 | 0,00 | 0,65 | 0,52 | 0,62 |
| Otros Sulfuros | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Oxidos de Cu | 0,01 | 0,34 | 4,17 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Cuarzo | 18,24 | 3,72 | 0,00 | 0,56 | 2,29 | 0,00 | 0,00 | 3,01 | 5,56 | 12,35 | 0,00 | 17,35 | 7,06 | 6,38 | 6,47 | 8,94 | 4,84 | 0,68 | 5,93 | 0,00 | 11,78 | 6,85 | 3,45 | 1,69 | 8,36 | 14,03 | 9,74 |
| Feldespato Potásico | 15,14 | 2,62 | 0,00 | 0,56 | 2,94 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 5,56 | 5,56 | 22,00 | 0,00 | 30,08 | 7,01 | 4,30 | 24,65 | 9,86 | 7,43 | 4,23 | 0,88 | 10,46 | 4,09 | 4,48 | 6,02 | 2,39 | 6,10 | 7,08 |
| Plagioclasas | 13,20 | 2,21 | 0,00 | 3,37 | 3,59 | 0,00 | 0,00 | 1,98 | 0,00 | 4,32 | 6,11 | 20,51 | 0,00 | 29,53 | 9,27 | 5,69 | 3,90 | 35,81 | 4,53 | 2,11 | 7,53 | 5,08 | 2,31 | 20,09 | 4,40 | 4,31 | 7,50 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,45 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,26 | 1,62 | 0,00 | 1,48 | 0,05 | 0,34 | 5,41 | 0,36 | 0,00 | 0,09 | 0,13 | 0,04 | 12,82 | 1,14 | 0,49 | 0,67 |
| Clorita | 3,67 | 1,09 | 0,00 | 0,56 | 1,31 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,00 | 0,62 | 1,65 | 0,86 | 2,73 | 7,89 | 0,00 | 1,45 | 17,50 | 1,35 | 0,91 | 44,39 | 2,55 | 0,79 | 1,85 | 2,56 | 15,64 | 13,98 | 4,23 |
| Mica Blanca | 19,91 | 7,30 | 0,00 | 1,69 | 5,88 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | 5,56 | 16,05 | 9,82 | 21,34 | 7,23 | 1,08 | 6,25 | 0,00 | 12,28 | 0,00 | 4,23 | 6,32 | 17,80 | 2,37 | 14,22 | 2,13 | 1,25 | 8,75 | 6,78 |
| Biotita | 3,68 | 0,89 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 0,00 | 1,85 | 1,33 | 2,13 | 1,23 | 1,93 | 18,83 | 3,06 | 0,00 | 1,35 | 1,15 | 0,35 | 1,35 | 0,54 | 2,57 | 4,48 | 6,57 | 9,25 | 7,17 |
| Epidota | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,06 | 0,16 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Otros Silicatos | 0,35 | 0,14 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,62 | 0,09 | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 2,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,05 | 0,77 | 0,16 | 0,25 | 0,40 |
| Turmalina | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,95 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,75 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,08 |
| Arcillas | 0,47 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,26 | 0,27 | 0,06 | 0,31 | 0,50 | 0,15 | 0,68 | 0,00 | 21,40 | 0,00 | 0,06 | 0,17 | 0,19 | 0,00 | 0,09 | 0,14 |
| Anhidrita/Yeso | 11,88 | 2,02 | 0,00 | 15,17 | 0,00 | 7,69 | 0,00 | 2,72 | 0,00 | 0,62 | 3,29 | 1,55 | 2,82 | 1,34 | 1,50 | 1,04 | 0,94 | 2,03 | 3,69 | 0,18 | 0,98 | 0,00 | 3,45 | 2,63 | 0,65 | 2,87 | 13,77 |
| Alunita-Jarosita | 2,04 | 4,99 | 0,00 | 0,56 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 7,93 | 2,78 | 3,70 | 0,36 | 0,37 | 0,28 | 0,08 | 0,76 | 1,35 | 0,98 | 0,00 | 0,30 | 0,88 | 0,55 | 0,75 | 0,00 | 0,08 | 1,36 | 0,29 | 0,77 |
| Carbonatos | 0,43 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,78 | 1,23 | 0,08 | 0,22 | 1,06 | 12,34 | 0,46 | 0,09 | 0,75 | 10,81 | 2,24 | 0,00 | 0,28 | 0,25 | 0,04 | 0,00 | 1,03 | 2,02 | 2,30 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,24 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,03 | 0,09 | 0,42 | 1,08 | 0,02 | 0,42 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,23 | 0,40 | 0,00 | 0,83 | 0,85 |
| Rutilo/Anatasa | 0,49 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,20 | 0,21 | 0,44 | 2,34 | 0,34 | 1,44 | 0,00 | 0,67 | 0,18 | 0,12 | 0,25 | 0,12 | 1,88 | 2,01 | 0,00 | 0,51 |
| Otros | 4,72 | 3,55 | 8,33 | 7,30 | 1,96 | 7,69 | 0,00 | 3,57 | 16,67 | 3,70 | 3,48 | 1,99 | 3,09 | 5,06 | 5,93 | 2,20 | 9,36 | 2,03 | 8,95 | 5,44 | 1,60 | 10,25 | 2,62 | 17,88 | 17,21 | 4,24 | 0,00 |

| Asociaciones minerales C/100D | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 71,52 | 64,24 | 73,23 | 43,94 | 37,59 | 17,86 | 80,51 | 55,26 | 16,25 | 38,78 | 23,84 | 41,85 | 24,76 | 36,32 | 44,37 | 30,12 | 12,16 | 46,38 | 35,34 | 31,75 | 45,81 | 36,88 | 30,63 | 49,09 | 25,87 | 33,68 |
| Calcopirita | 32,90 | 0,00 | 19,78 | 4,29 | 15,87 | 10,28 | 30,36 | 7,23 | 7,89 | 38,65 | 3,39 | 4,36 | 3,50 | 2,59 | 5,38 | 8,25 | 5,09 | 1,35 | 7,46 | 4,31 | 5,06 | 11,49 | 20,83 | 4,80 | 4,46 | 9,55 | 13,07 |
| Bornita | 0,12 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 3,31 | 1,06 | 0,45 | 0,02 | 0,44 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| Molibdenita | 0,17 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| Calc/Dig/Cov | 0,18 | 0,14 | 7,44 | 0,00 | 0,00 | 15,96 | 4,02 | 0,01 | 3,95 | 0,58 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,26 | 0,17 | 0,17 | 0,03 | 0,00 | 0,09 | 0,15 |
| Cu.As (Enargita) | 0,03 | 0,02 | 0,47 | 0,00 | 3,17 | 0,00 | 20,54 | 0,02 | 4,82 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| Tennantita | 0,01 | 0,04 | 0,16 | 0,00 | 0,63 | 16,31 | 0,00 | 0,05 | 2,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| Pirita | 8,70 | 1,70 | 0,95 | 6,69 | 0,21 | 2,13 | 8,48 | 0,00 | 5,70 | 0,10 | 0,31 | 0,32 | 0,20 | 0,00 | 0,21 | 0,68 | 0,26 | 1,35 | 2,68 | 0,00 | 0,19 | 1,15 | 3,39 | 0,41 | 2,73 | 1,25 | 1,83 |
| Otros Sulfuros | 0,04 | 0,01 | 0,16 | 0,00 | 0,63 | 3,90 | 2,23 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| Oxidos de Cu | 0,05 | 0,25 | 0,47 | 0,00 | 0,42 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,11 | 0,04 | 0,08 | 0,00 | 0,04 | 0,13 | 0,12 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,08 | 0,15 | 0,36 | 0,05 | 0,07 |
| Cuarzo | 9,09 | 1,72 | 0,32 | 1,52 | 1,90 | 0,00 | 0,45 | 0,66 | 2,63 | 8,65 | 0,00 | 21,06 | 7,53 | 9,73 | 6,13 | 11,13 | 4,30 | 0,00 | 7,17 | 2,59 | 9,86 | 4,74 | 2,82 | 1,64 | 7,01 | 17,52 | 5,62 |
| Feldespato Potásico | 6,09 | 2,42 | 0,63 | 0,13 | 4,58 | 0,35 | 0,45 | 0,75 | 0,88 | 3,56 | 22,95 | 0,00 | 22,00 | 5,65 | 3,68 | 16,47 | 6,85 | 0,00 | 5,94 | 0,00 | 7,49 | 6,82 | 6,47 | 7,75 | 1,55 | 4,94 | 6,34 |
| Plagioclasas | 5,73 | 1,04 | 0,32 | 0,38 | 3,39 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 0,88 | 3,56 | 4,40 | 11,78 | 0,00 | 24,76 | 6,19 | 3,74 | 2,71 | 33,78 | 3,26 | 0,00 | 11,33 | 2,27 | 1,67 | 17,35 | 2,82 | 2,94 | 4,10 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,11 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,09 | 0,77 | 0,00 | 0,50 | 0,03 | 0,17 | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,13 | 0,05 | 0,04 | 5,00 | 0,36 | 0,07 | 0,19 |
| Clorita | 2,09 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,77 | 1,51 | 0,83 | 2,61 | 6,73 | 0,00 | 1,83 | 15,39 | 0,00 | 0,87 | 34,48 | 2,94 | 0,70 | 1,02 | 2,43 | 6,92 | 7,03 | 2,69 |
| Mica Blanca | 17,84 | 7,21 | 0,79 | 1,39 | 6,28 | 1,06 | 1,34 | 2,54 | 2,19 | 16,92 | 19,11 | 25,94 | 11,01 | 3,06 | 12,75 | 0,00 | 23,50 | 4,05 | 6,74 | 4,31 | 18,37 | 6,49 | 13,29 | 4,21 | 3,83 | 12,37 | 9,51 |
| Biotita | 1,90 | 0,70 | 0,32 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 2,40 | 1,16 | 1,69 | 1,25 | 2,45 | 16,85 | 3,69 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,00 | 1,09 | 0,59 | 1,60 | 4,24 | 3,37 | 4,44 | 2,87 |
| Epidota | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Otros Silicatos | 0,19 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,19 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,20 | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,15 | 0,06 | 0,35 | 0,09 | 0,47 | 0,34 |
| Turmalina | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,96 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Arcillas | 0,14 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,71 | 0,00 | 0,01 | 0,44 | 0,10 | 0,19 | 0,13 | 0,38 | 0,14 | 0,23 | 0,21 | 0,08 | 14,86 | 0,07 | 12,93 | 0,00 | 0,07 | 0,13 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,12 |
| Anhidrita/Yeso | 5,21 | 2,84 | 0,16 | 5,30 | 4,65 | 0,71 | 0,45 | 1,21 | 1,32 | 0,48 | 2,30 | 3,04 | 1,89 | 1,43 | 1,39 | 1,84 | 1,07 | 0,00 | 4,28 | 1,72 | 1,79 | 0,00 | 5,88 | 3,07 | 1,82 | 4,66 | 11,57 |
| Alunita-Jarosita | 4,65 | 5,71 | 0,47 | 3,66 | 5,08 | 0,35 | 1,79 | 3,96 | 2,63 | 3,37 | 1,52 | 3,19 | 1,54 | 1,16 | 2,23 | 4,17 | 3,21 | 1,35 | 1,81 | 0,00 | 3,65 | 6,51 | 0,00 | 1,08 | 3,37 | 2,54 | 5,51 |
| Carbonatos | 0,30 | 0,10 | 0,16 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,88 | 0,48 | 0,07 | 0,30 | 1,26 | 11,63 | 0,42 | 0,10 | 0,67 | 24,32 | 0,87 | 0,00 | 0,96 | 0,27 | 0,09 | 0,00 | 0,73 | 0,63 | 1,24 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,16 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,38 | 0,10 | 0,02 | 0,07 | 0,27 | 0,38 | 0,03 | 0,17 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,09 | 0,23 | 0,00 | 0,47 | 0,26 |
| Rutilo/Anatasa | 0,32 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,19 | 0,92 | 0,24 | 0,27 | 0,20 | 1,51 | 0,38 | 0,87 | 0,00 | 1,45 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,25 | 0,79 | 1,82 | 0,00 | 0,53 |
| Otros | 3,98 | 3,36 | 3,16 | 3,41 | 4,44 | 8,87 | 11,61 | 2,00 | 7,46 | 2,79 | 2,83 | 2,93 | 3,54 | 5,17 | 5,52 | 2,79 | 5,37 | 6,76 | 9,93 | 4,31 | 3,14 | 12,01 | 5,16 | 14,77 | 9,65 | 5,10 | 0,00 |

| Asociaciones minerales T/100D | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 23,01 | 10,00 | 11,64 | 25,96 | 35,71 | 0,00 | 62,19 | 18,75 | 14,07 | 41,88 | 17,87 | 31,73 | 15,71 | 24,38 | 30,56 | 23,49 | 11,05 | 45,89 | 10,97 | 24,09 | 50,48 | 23,45 | 16,43 | 26,83 | 17,77 | 20,28 |
| Calcopirita | 0,15 | 0,00 | 55,00 | 0,00 | 21,15 | 0,00 | 0,00 | 1,08 | 1,25 | 18,56 | 0,12 | 0,05 | 0,08 | 0,02 | 0,12 | 0,30 | 0,11 | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 5,39 | 0,07 | 0,05 | 0,10 | 0,28 |
| Bornita | 0,00 | 0,58 | 0,00 | 0,00 | 4,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Molibdenita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 1,25 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Calc/Dig/Cov | 0,00 | 0,58 | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 35,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,81 | 0,00 | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tennantita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 0,07 | 0,18 | 0,00 | 2,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,49 | 0,00 | 0,39 | 0,01 | 0,08 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,01 |
| Oxidos de Cu | 0,01 | 1,63 | 5,00 | 0,00 | 1,92 | 7,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,04 |
| Cuarzo | 25,87 | 10,97 | 5,00 | 26,03 | 10,58 | 0,00 | 0,00 | 2,47 | 7,50 | 17,96 | 0,00 | 20,32 | 7,59 | 6,61 | 8,12 | 13,74 | 6,56 | 0,53 | 9,72 | 1,12 | 12,83 | 9,33 | 4,15 | 1,44 | 9,95 | 21,89 | 10,26 |
| Feldespato Potásico | 14,45 | 6,61 | 5,00 | 2,74 | 5,77 | 0,00 | 0,00 | 1,85 | 2,50 | 7,19 | 26,60 | 0,00 | 37,18 | 7,38 | 5,77 | 33,67 | 12,29 | 6,18 | 5,35 | 0,22 | 10,57 | 6,69 | 10,68 | 8,25 | 3,55 | 7,09 | 9,89 |
| Plagioclasas | 20,63 | 7,61 | 2,50 | 0,68 | 7,69 | 0,00 | 0,00 | 1,70 | 17,50 | 4,79 | 8,00 | 29,91 | 0,00 | 35,77 | 16,01 | 10,44 | 7,28 | 49,34 | 9,46 | 1,14 | 15,65 | 7,96 | 2,97 | 31,61 | 7,00 | 6,23 | 10,92 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,45 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,30 | 0,31 | 0,26 | 1,57 | 0,00 | 1,70 | 0,06 | 0,36 | 3,82 | 1,12 | 0,03 | 0,18 | 0,16 | 0,08 | 12,36 | 1,47 | 0,30 | 0,94 |
| Clorita | 3,56 | 2,78 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 0,00 | 0,77 | 0,00 | 0,90 | 1,92 | 1,04 | 3,59 | 8,70 | 0,00 | 1,83 | 20,26 | 4,47 | 1,80 | 65,65 | 7,39 | 0,98 | 4,03 | 2,83 | 18,51 | 12,51 | 5,55 |
| Mica Blanca | 17,53 | 26,55 | 0,00 | 1,37 | 10,58 | 0,00 | 0,00 | 2,01 | 1,25 | 14,37 | 12,76 | 23,89 | 9,21 | 1,29 | 7,19 | 0,00 | 16,26 | 2,50 | 4,06 | 1,31 | 16,55 | 3,71 | 20,61 | 2,75 | 1,12 | 10,56 | 8,98 |
| Biotita | 3,64 | 2,68 | 0,00 | 0,00 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 1,25 | 3,29 | 1,65 | 2,36 | 1,73 | 1,95 | 21,51 | 4,39 | 0,00 | 1,84 | 1,68 | 0,06 | 1,35 | 0,65 | 5,37 | 4,26 | 6,52 | 12,01 | 8,42 |
| Epidota | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,10 | 0,17 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,05 | 0,01 | 0,03 |
| Otros Silicatos | 0,34 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,60 | 0,12 | 0,05 | 0,11 | 0,29 | 0,09 | 0,05 | 0,08 | 1,45 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,23 | 0,00 | 0,62 | 0,18 | 0,37 | 0,50 |
| Turmalina | 0,07 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 2,77 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,18 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,23 |
| Arcillas | 0,32 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,17 | 0,32 | 0,08 | 0,67 | 0,38 | 0,12 | 1,84 | 0,05 | 13,34 | 0,00 | 0,08 | 0,18 | 0,14 | 0,09 | 0,11 | 0,26 |
| Anhidrita/Yeso | 8,11 | 1,63 | 0,00 | 41,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,10 | 11,25 | 0,90 | 2,43 | 1,33 | 1,97 | 0,91 | 1,08 | 1,04 | 0,67 | 0,13 | 4,93 | 0,08 | 0,97 | 0,00 | 11,66 | 1,79 | 0,71 | 2,78 | 17,86 |
| Alunita-Jarosita | 0,20 | 6,95 | 0,00 | 8,22 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 3,70 | 2,50 | 1,20 | 0,06 | 0,11 | 0,04 | 0,02 | 0,23 | 0,30 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,12 | 0,61 | 0,00 | 0,03 | 0,74 | 0,14 | 0,47 |
| Carbonatos | 0,57 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,35 | 1,68 | 14,95 | 0,67 | 0,17 | 0,95 | 12,24 | 2,92 | 0,00 | 0,36 | 0,38 | 0,12 | 0,00 | 0,64 | 2,97 | 3,10 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,26 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,40 | 18,75 | 2,40 | 0,16 | 0,04 | 0,10 | 0,50 | 1,23 | 0,02 | 0,41 | 0,39 | 0,23 | 0,00 | 0,06 | 0,04 | 0,85 | 0,18 | 0,00 | 0,74 | 1,18 |
| Rutilo/Anatasa | 0,46 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,92 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 2,22 | 0,48 | 2,00 | 0,26 | 1,31 | 0,03 | 0,22 | 0,45 | 0,43 | 2,22 | 1,97 | 0,00 | 0,70 |
| Otros | 3,30 | 7,03 | 5,00 | 5,48 | 0,00 | 7,14 | 0,00 | 11,88 | 12,50 | 11,98 | 2,70 | 1,99 | 2,73 | 5,36 | 6,18 | 2,54 | 8,83 | 3,95 | 11,09 | 5,94 | 3,17 | 18,06 | 9,13 | 14,57 | 19,82 | 4,39 | 0,00 |

| Asociaciones minerales F/100F | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 51,28 | 39,60 | 38,75 | 35,92 | 13,62 | 4,35 | 68,86 | 14,58 | 29,37 | 43,14 | 23,02 | 31,15 | 29,02 | 24,63 | 34,99 | 31,24 | 7,55 | 39,38 | 9,85 | 28,77 | 60,85 | 42,94 | 21,40 | 29,70 | 20,13 | 23,91 |
| Calcopirita | 1,54 | 0,00 | 23,00 | 0,00 | 4,31 | 2,23 | 8,58 | 5,14 | 0,00 | 5,60 | 0,18 | 0,20 | 0,15 | 0,03 | 0,36 | 0,56 | 0,20 | 0,00 | 0,35 | 0,24 | 0,95 | 0,25 | 8,39 | 0,64 | 0,17 | 0,50 | 0,76 |
| Bornita | 0,69 | 13,37 | 0,00 | 0,42 | 19,89 | 1,29 | 1,85 | 0,00 | 4,17 | 16,86 | 0,03 | 0,11 | 0,06 | 0,03 | 0,25 | 0,10 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,24 | 2,89 | 0,06 | 0,27 | 0,03 | 0,00 | 0,20 | 0,72 |
| Molibdenita | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 6,25 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,30 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| Calc/Dig/Cov | 0,34 | 1,37 | 10,84 | 0,00 | 0,00 | 15,85 | 11,61 | 0,00 | 0,00 | 5,60 | 0,05 | 0,11 | 0,08 | 0,02 | 0,12 | 0,13 | 0,04 | 0,07 | 0,00 | 0,12 | 1,20 | 0,04 | 0,27 | 0,04 | 0,03 | 0,09 | 0,18 |
| Cu.As (Enargita) | 0,04 | 0,19 | 0,19 | 0,00 | 4,31 | 0,00 | 54,75 | 0,00 | 16,67 | 1,70 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| Tennantita | 0,01 | 0,66 | 0,24 | 0,00 | 2,81 | 48,71 | 0,00 | 0,00 | 25,00 | 1,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| Pirita | 0,07 | 0,18 | 0,00 | 1,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,08 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,36 | 0,01 | 0,14 | 0,00 | 0,04 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 1,25 | 0,00 | 0,94 | 1,58 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oxidos de Cu | 0,14 | 0,90 | 4,66 | 0,00 | 2,84 | 3,17 | 2,11 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 0,01 | 0,12 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,07 |
| Cuarzo | 18,62 | 2,60 | 0,84 | 8,33 | 2,14 | 0,70 | 1,06 | 2,57 | 0,00 | 7,11 | 0,00 | 13,78 | 9,45 | 4,59 | 5,64 | 8,30 | 5,19 | 0,14 | 7,43 | 1,22 | 6,80 | 6,72 | 3,28 | 1,39 | 13,09 | 10,47 | 9,32 |
| Feldespato Potásico | 14,65 | 4,25 | 3,86 | 4,17 | 7,54 | 1,64 | 0,92 | 0,29 | 0,00 | 10,31 | 20,31 | 0,00 | 26,89 | 6,05 | 7,12 | 27,73 | 13,26 | 6,84 | 7,56 | 3,16 | 11,42 | 7,61 | 7,85 | 10,08 | 1,55 | 11,21 | 9,45 |
| Plagioclasas | 21,34 | 3,48 | 2,24 | 2,50 | 5,78 | 0,00 | 0,00 | 6,00 | 0,00 | 5,16 | 15,00 | 28,95 | 0,00 | 34,05 | 21,44 | 14,61 | 20,02 | 74,89 | 15,98 | 2,55 | 19,33 | 6,83 | 3,83 | 38,20 | 17,75 | 17,85 | 16,72 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,59 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,19 | 1,00 | 0,00 | 0,51 | 0,10 | 0,28 | 0,35 | 0,99 | 0,00 | 0,04 | 0,13 | 0,12 | 6,84 | 1,04 | 0,33 | 0,46 |
| Clorita | 2,36 | 1,15 | 1,36 | 0,00 | 1,25 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,94 | 1,25 | 1,07 | 2,99 | 2,39 | 0,00 | 1,16 | 7,49 | 1,48 | 2,20 | 26,28 | 1,73 | 0,44 | 0,58 | 0,93 | 18,27 | 4,23 | 2,90 |
| Mica Blanca | 16,65 | 8,79 | 2,64 | 0,83 | 6,45 | 2,00 | 0,13 | 0,57 | 0,00 | 9,75 | 9,14 | 20,74 | 10,14 | 2,26 | 5,79 | 0,00 | 10,06 | 2,75 | 5,10 | 37,47 | 15,13 | 3,19 | 17,24 | 4,12 | 1,07 | 11,07 | 8,57 |
| Biotita | 9,50 | 2,05 | 1,08 | 0,00 | 1,31 | 0,12 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 2,39 | 3,66 | 6,34 | 8,89 | 4,20 | 23,80 | 6,43 | 0,00 | 1,41 | 3,79 | 0,24 | 4,29 | 1,33 | 5,11 | 2,91 | 8,70 | 15,61 | 15,98 |
| Epidota | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,47 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,29 | 0,24 | 0,08 | 0,01 | 0,03 | 0,14 | 0,07 | 0,00 | 0,05 |
| Otros Silicatos | 0,38 | 0,11 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,11 | 0,22 | 0,47 | 0,22 | 0,10 | 0,12 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,73 | 0,17 | 0,98 | 0,53 |
| Turmalina | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,69 | 0,20 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 3,22 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,11 |
| Arcillas | 0,21 | 0,23 | 1,22 | 0,00 | 0,93 | 0,12 | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 1,07 | 0,12 | 0,13 | 0,21 | 0,02 | 0,13 | 0,23 | 0,10 | 0,14 | 0,00 | 9,49 | 0,00 | 0,03 | 0,09 | 0,06 | 0,10 | 0,09 | 0,08 |
| Anhidrita/Yeso | 6,64 | 0,92 | 0,38 | 26,25 | 0,51 | 0,12 | 0,13 | 4,00 | 6,25 | 0,19 | 1,70 | 1,30 | 1,09 | 0,69 | 0,50 | 0,73 | 0,48 | 0,28 | 1,43 | 1,09 | 0,41 | 0,00 | 5,44 | 1,92 | 0,35 | 1,78 | 6,66 |
| Alunita-Jarosita | 0,43 | 2,79 | 0,16 | 4,17 | 0,29 | 0,12 | 0,00 | 3,43 | 0,00 | 0,25 | 0,08 | 0,12 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,36 | 0,17 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,50 | 0,00 | 0,01 | 0,38 | 0,04 | 0,19 |
| Carbonatos | 0,71 | 0,70 | 0,05 | 0,83 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 20,83 | 0,06 | 0,11 | 0,52 | 1,84 | 11,16 | 0,32 | 0,29 | 0,32 | 1,06 | 2,52 | 0,00 | 0,25 | 0,58 | 0,03 | 0,00 | 0,38 | 0,63 | 1,87 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,26 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,02 | 0,23 | 0,45 | 1,68 | 0,02 | 0,25 | 0,14 | 0,16 | 0,00 | 0,12 | 0,03 | 0,33 | 0,10 | 0,00 | 0,38 | 0,29 |
| Rutilo/Anatasa | 0,63 | 0,53 | 0,37 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,76 | 0,55 | 0,82 | 0,51 | 1,39 | 0,73 | 1,61 | 0,00 | 3,22 | 0,12 | 0,37 | 0,51 | 0,12 | 0,60 | 1,35 | 0,00 | 0,80 |
| Otros | 4,12 | 4,35 | 7,12 | 10,83 | 3,19 | 9,39 | 12,27 | 5,71 | 4,17 | 2,45 | 3,72 | 2,56 | 4,20 | 3,92 | 5,22 | 3,10 | 9,05 | 2,05 | 9,53 | 7,66 | 1,98 | 10,50 | 3,22 | 9,74 | 5,70 | 4,38 | 0,00 |

| Asociaciones minerales C/100F | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 71,18 | 64,55 | 77,13 | 46,41 | 41,54 | 20,31 | 82,23 | 36,96 | 36,11 | 54,60 | 33,54 | 44,55 | 36,92 | 36,19 | 47,50 | 48,49 | 10,89 | 46,08 | 34,46 | 35,08 | 64,68 | 50,16 | 36,32 | 44,61 | 30,16 | 35,96 |
| Calcopirita | 11,90 | 0,00 | 14,48 | 2,13 | 5,82 | 2,97 | 6,99 | 4,88 | 0,00 | 6,47 | 0,98 | 1,53 | 0,98 | 0,74 | 1,89 | 1,73 | 1,46 | 0,56 | 1,58 | 2,70 | 2,59 | 2,67 | 11,89 | 0,93 | 1,35 | 3,30 | 4,32 |
| Bornita | 5,85 | 7,85 | 0,00 | 1,30 | 18,52 | 1,40 | 1,53 | 1,22 | 21,74 | 13,12 | 0,28 | 0,61 | 0,33 | 0,31 | 1,20 | 0,39 | 0,42 | 0,00 | 0,63 | 0,68 | 6,68 | 0,65 | 0,98 | 0,55 | 0,27 | 0,94 | 3,11 |
| Molibdenita | 0,35 | 0,06 | 0,07 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 5,57 | 0,00 | 0,32 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,17 |
| Calc/Dig/Cov | 1,47 | 1,10 | 6,48 | 0,56 | 0,00 | 19,37 | 10,70 | 0,35 | 2,17 | 3,53 | 0,19 | 0,50 | 0,30 | 0,35 | 0,39 | 0,51 | 0,26 | 0,00 | 0,51 | 0,00 | 2,98 | 0,50 | 1,15 | 0,22 | 0,18 | 0,37 | 0,93 |
| Cu.As (Enargita) | 0,20 | 0,09 | 0,07 | 0,00 | 2,95 | 0,00 | 41,92 | 0,00 | 4,35 | 1,45 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,52 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| Tennantita | 0,04 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,65 | 16,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| Pirita | 0,20 | 0,07 | 0,03 | 2,96 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| Otros Sulfuros | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Oxidos de Cu | 0,34 | 0,36 | 1,35 | 0,65 | 1,04 | 2,79 | 1,31 | 0,17 | 2,17 | 0,00 | 0,21 | 0,25 | 0,13 | 0,04 | 0,15 | 0,24 | 0,13 | 0,28 | 0,19 | 0,00 | 1,10 | 0,14 | 0,33 | 0,12 | 0,18 | 0,16 | 0,29 |
| Cuarzo | 12,58 | 1,35 | 0,71 | 0,83 | 1,36 | 0,44 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 5,20 | 0,00 | 11,51 | 5,73 | 3,82 | 3,36 | 6,69 | 2,87 | 0,28 | 4,87 | 0,00 | 4,09 | 3,92 | 1,95 | 1,30 | 8,80 | 6,35 | 4,58 |
| Feldespato Potásico | 11,60 | 3,16 | 2,31 | 1,02 | 5,41 | 1,83 | 1,75 | 0,70 | 2,17 | 9,37 | 17,26 | 0,00 | 20,38 | 4,48 | 6,63 | 20,03 | 8,77 | 6,70 | 7,52 | 4,05 | 9,08 | 7,06 | 7,55 | 8,36 | 2,42 | 10,28 | 8,68 |
| Plagioclasas | 15,40 | 2,02 | 1,28 | 0,56 | 3,30 | 0,70 | 0,87 | 0,35 | 2,17 | 4,84 | 8,59 | 20,38 | 0,00 | 28,70 | 14,89 | 10,33 | 12,51 | 70,67 | 12,07 | 8,11 | 12,84 | 4,38 | 3,28 | 28,79 | 13,46 | 13,92 | 10,25 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,40 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,18 | 0,14 | 0,90 | 0,00 | 0,33 | 0,09 | 0,18 | 0,84 | 1,07 | 0,00 | 0,06 | 0,13 | 0,09 | 5,30 | 0,99 | 0,41 | 0,37 |
| Clorita | 1,88 | 0,59 | 0,69 | 0,19 | 0,64 | 0,26 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,86 | 0,76 | 1,00 | 2,24 | 1,60 | 0,00 | 1,21 | 5,28 | 1,12 | 2,21 | 37,16 | 1,49 | 0,42 | 0,96 | 1,15 | 10,59 | 3,90 | 2,20 |
| Mica Blanca | 15,90 | 3,47 | 1,44 | 0,74 | 5,42 | 2,09 | 0,66 | 0,35 | 4,35 | 8,46 | 9,71 | 19,39 | 9,99 | 2,73 | 7,77 | 0,00 | 10,52 | 1,96 | 5,75 | 3,38 | 14,72 | 3,42 | 9,34 | 3,88 | 1,71 | 11,01 | 8,45 |
| Biotita | 8,34 | 1,51 | 0,80 | 0,09 | 1,40 | 0,09 | 0,00 | 0,52 | 0,00 | 2,49 | 2,15 | 4,37 | 6,23 | 2,88 | 17,47 | 5,41 | 0,00 | 1,40 | 2,84 | 0,68 | 2,85 | 1,40 | 3,81 | 2,45 | 5,39 | 9,98 | 9,28 |
| Epidota | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,03 | 0,31 | 0,12 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,09 | 0,00 | 0,04 |
| Otros Silicatos | 0,31 | 0,06 | 0,05 | 0,00 | 0,11 | 0,09 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,23 | 0,66 | 0,28 | 0,11 | 0,11 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,12 | 0,75 | 0,09 | 0,99 | 0,44 |
| Turmalina | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,44 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| Arcillas | 0,23 | 0,10 | 0,48 | 0,00 | 0,61 | 0,70 | 0,66 | 0,17 | 0,00 | 0,77 | 0,12 | 0,17 | 0,24 | 0,04 | 0,19 | 0,29 | 0,11 | 0,28 | 0,00 | 4,73 | 0,00 | 0,08 | 0,16 | 0,10 | 0,18 | 0,11 | 0,15 |
| Anhidrita/Yeso | 6,05 | 1,49 | 0,67 | 6,11 | 1,47 | 0,26 | 0,44 | 1,22 | 4,35 | 1,36 | 1,59 | 1,91 | 1,19 | 1,09 | 0,76 | 0,96 | 0,76 | 0,84 | 1,58 | 1,35 | 1,17 | 0,00 | 3,61 | 1,60 | 0,90 | 2,20 | 6,88 |
| Alunita-Jarosita | 1,43 | 2,03 | 0,31 | 1,48 | 1,04 | 0,26 | 0,44 | 0,52 | 0,00 | 1,00 | 0,24 | 0,62 | 0,27 | 0,23 | 0,53 | 0,80 | 0,63 | 0,28 | 0,51 | 0,68 | 0,71 | 1,10 | 0,00 | 0,26 | 1,17 | 0,21 | 0,96 |
| Carbonatos | 0,77 | 0,12 | 0,13 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,70 | 0,27 | 0,12 | 0,52 | 1,77 | 10,44 | 0,47 | 0,25 | 0,30 | 0,56 | 2,40 | 0,00 | 0,32 | 0,36 | 0,19 | 0,00 | 0,45 | 0,89 | 1,34 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,21 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,18 | 0,03 | 0,18 | 0,43 | 0,95 | 0,02 | 0,15 | 0,28 | 0,06 | 0,00 | 0,13 | 0,05 | 0,19 | 0,10 | 0,00 | 0,37 | 0,24 |
| Rutilo/Anatasa | 0,55 | 0,36 | 0,19 | 0,09 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,51 | 0,55 | 0,74 | 0,70 | 1,38 | 0,60 | 1,06 | 0,00 | 2,72 | 0,68 | 0,32 | 0,43 | 0,13 | 0,77 | 1,44 | 0,00 | 0,73 |
| Otros | 3,96 | 2,85 | 3,78 | 4,17 | 3,24 | 8,29 | 12,01 | 1,39 | 10,87 | 3,39 | 2,19 | 2,77 | 3,27 | 3,74 | 4,65 | 2,78 | 5,94 | 2,79 | 7,21 | 1,35 | 2,46 | 8,12 | 3,71 | 6,94 | 5,75 | 4,40 | 0,00 |

| Asociaciones minerales T/100F | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 17,10 | 11,25 | 23,30 | 9,67 | 5,56 | 0,00 | 82,99 | 0,00 | 6,98 | 34,29 | 13,45 | 22,07 | 18,28 | 13,95 | 21,69 | 17,59 | 7,68 | 28,67 | 12,10 | 21,52 | 42,39 | 28,72 | 11,89 | 18,61 | 10,93 | 16,85 |
| Calcopirita | 0,12 | 0,00 | 21,26 | 0,00 | 6,01 | 1,85 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 7,19 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,09 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | 0,08 | 0,17 | 0,18 | 0,10 | 5,56 | 0,09 | 0,24 | 0,19 | 0,21 |
| Bornita | 0,06 | 16,00 | 0,00 | 1,14 | 26,05 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 16,40 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,15 | 0,08 | 0,64 | 0,03 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,22 |
| Molibdenita | 0,01 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,43 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 |
| Calc/Dig/Cov | 0,03 | 2,57 | 14,79 | 0,00 | 0,00 | 33,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,25 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,30 | 0,01 | 0,25 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,05 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 1,40 | 0,00 | 66,67 | 0,00 | 12,50 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Tennantita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita | 0,09 | 0,07 | 0,04 | 3,98 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,27 | 0,00 | 0,03 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oxidos de Cu | 0,02 | 2,37 | 7,17 | 0,57 | 3,28 | 5,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,30 | 0,02 | 0,03 |
| Cuarzo | 23,18 | 5,90 | 1,95 | 2,27 | 2,65 | 1,85 | 0,00 | 0,61 | 25,00 | 11,44 | 0,00 | 15,72 | 10,54 | 5,50 | 6,40 | 11,26 | 6,35 | 0,44 | 7,99 | 1,02 | 8,20 | 9,37 | 2,78 | 1,45 | 10,79 | 11,19 | 10,88 |
| Feldespato Potásico | 13,01 | 9,17 | 10,19 | 5,11 | 15,68 | 16,67 | 0,00 | 0,20 | 12,50 | 15,08 | 22,49 | 0,00 | 27,71 | 5,04 | 7,14 | 32,90 | 14,47 | 6,20 | 7,79 | 4,06 | 10,66 | 11,20 | 11,43 | 10,75 | 2,00 | 12,62 | 10,02 |
| Plagioclasas | 25,26 | 10,97 | 7,57 | 2,84 | 11,86 | 1,85 | 0,00 | 0,00 | 12,50 | 12,25 | 17,83 | 32,79 | 0,00 | 39,71 | 26,21 | 19,71 | 28,83 | 72,84 | 21,14 | 8,88 | 28,54 | 11,16 | 5,26 | 44,74 | 20,72 | 20,14 | 21,58 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,69 | 0,10 | 0,04 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,31 | 0,20 | 1,31 | 0,00 | 0,72 | 0,11 | 0,50 | 0,85 | 1,22 | 0,00 | 0,18 | 0,24 | 0,15 | 7,48 | 1,88 | 0,41 | 0,72 |
| Clorita | 2,05 | 2,07 | 1,90 | 0,57 | 2,18 | 1,85 | 0,00 | 0,41 | 12,50 | 2,53 | 1,39 | 1,09 | 3,37 | 2,80 | 0,00 | 1,34 | 8,78 | 0,92 | 2,77 | 34,09 | 3,14 | 0,66 | 1,16 | 1,28 | 21,94 | 5,41 | 2,90 |
| Mica Blanca | 15,10 | 12,43 | 4,47 | 1,70 | 10,69 | 3,70 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 8,60 | 11,59 | 23,68 | 11,99 | 1,97 | 6,35 | 0,00 | 10,34 | 2,62 | 3,99 | 9,90 | 12,23 | 4,80 | 16,48 | 4,83 | 1,19 | 11,36 | 8,58 |
| Biotita | 8,00 | 3,90 | 3,06 | 0,00 | 2,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,76 | 4,27 | 6,80 | 11,45 | 6,06 | 27,14 | 6,75 | 0,00 | 2,27 | 4,86 | 1,10 | 5,29 | 1,62 | 5,71 | 3,56 | 7,38 | 17,04 | 15,75 |
| Epidota | 0,10 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,81 | 0,29 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,21 | 0,02 | 0,05 | 0,44 | 0,23 | 0,03 | 0,13 |
| Otros Silicatos | 0,39 | 0,17 | 0,40 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,40 | 0,16 | 0,11 | 0,25 | 0,44 | 0,25 | 0,08 | 0,14 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,15 | 0,15 | 0,68 | 0,09 | 1,53 | 0,51 |
| Turmalina | 0,03 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,62 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,50 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,10 |
| Arcillas | 0,27 | 0,33 | 1,59 | 0,00 | 1,33 | 1,85 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 2,02 | 0,15 | 0,14 | 0,31 | 0,06 | 0,27 | 0,22 | 0,15 | 0,21 | 0,07 | 16,58 | 0,00 | 0,06 | 0,30 | 0,11 | 0,08 | 0,06 | 0,16 |
| Anhidrita/Yeso | 5,27 | 1,83 | 0,75 | 32,39 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 2,25 | 12,50 | 0,20 | 1,72 | 1,44 | 1,21 | 0,79 | 0,56 | 0,86 | 0,44 | 0,16 | 1,35 | 0,93 | 0,59 | 0,00 | 11,73 | 1,27 | 0,21 | 2,48 | 7,23 |
| Alunita-Jarosita | 0,13 | 3,67 | 0,09 | 2,27 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,11 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,11 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,71 | 0,02 | 0,12 |
| Carbonatos | 0,74 | 0,80 | 0,80 | 0,57 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 12,50 | 0,71 | 0,13 | 0,70 | 2,45 | 12,43 | 0,54 | 0,43 | 0,49 | 2,18 | 3,14 | 0,17 | 0,54 | 0,64 | 0,05 | 0,00 | 0,44 | 0,83 | 2,41 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,28 | 0,53 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,69 | 0,00 | 2,02 | 0,24 | 0,03 | 0,27 | 0,75 | 2,23 | 0,03 | 0,24 | 0,27 | 0,10 | 0,17 | 0,09 | 0,03 | 2,38 | 0,10 | 0,00 | 0,65 | 0,58 |
| Rutilo/Anatasa | 0,55 | 1,43 | 0,53 | 1,14 | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,40 | 0,84 | 0,66 | 0,89 | 0,55 | 1,87 | 0,83 | 1,90 | 0,11 | 5,76 | 0,76 | 0,23 | 1,01 | 0,25 | 0,67 | 2,22 | 0,00 | 0,92 |
| Otros | 4,63 | 8,47 | 11,91 | 22,16 | 4,45 | 9,26 | 33,33 | 6,35 | 0,00 | 4,15 | 4,42 | 2,84 | 5,18 | 5,28 | 5,40 | 3,38 | 9,51 | 2,87 | 10,43 | 9,90 | 3,39 | 15,95 | 7,23 | 10,55 | 10,64 | 4,96 | 0,00 |

| Asociaciones minerales F/100MD | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 55,07 | 20,61 | 54,48 | 44,00 | 33,33 | 4,76 | 70,18 | 20,00 | 29,51 | 45,70 | 22,37 | 37,57 | 18,32 | 43,66 | 48,55 | 27,13 | 9,17 | 48,21 | 21,69 | 33,67 | 67,18 | 53,67 | 10,85 | 33,61 | 26,83 | 29,20 |
| Calcopirita | 2,14 | 0,00 | 40,46 | 0,00 | 24,73 | 11,11 | 30,95 | 4,24 | 6,67 | 14,10 | 0,24 | 0,16 | 0,09 | 0,10 | 0,31 | 0,45 | 0,18 | 0,00 | 0,71 | 0,07 | 0,19 | 0,69 | 2,51 | 0,00 | 0,19 | 0,42 | 1,32 |
| Bornita | 0,07 | 3,72 | 0,00 | 0,00 | 7,38 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 1,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| Molibdenita | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| Calc/Dig/Cov | 0,63 | 9,13 | 29,68 | 0,00 | 0,00 | 16,67 | 9,52 | 0,11 | 6,67 | 11,97 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,00 | 0,06 | 0,20 | 0,07 | 0,00 | 0,18 | 0,09 | 0,42 | 0,13 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,49 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 2,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Tennantita | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 5,56 | 0,00 | 0,04 | 3,33 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Pirita | 6,35 | 9,86 | 1,62 | 4,48 | 0,69 | 5,56 | 23,81 | 0,00 | 36,67 | 0,41 | 0,52 | 0,12 | 0,36 | 0,10 | 0,41 | 0,83 | 0,33 | 0,14 | 1,07 | 0,24 | 0,23 | 2,65 | 16,68 | 0,00 | 2,67 | 2,18 | 4,28 |
| Otros Sulfuros | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 2,38 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Oxidos de Cu | 0,10 | 1,22 | 0,95 | 0,00 | 2,80 | 0,00 | 2,38 | 0,02 | 3,33 | 0,00 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,10 | 0,04 | 0,07 | 0,04 | 0,86 | 0,00 | 0,02 | 0,20 | 0,03 | 0,05 | 1,06 | 0,06 | 0,04 | 0,21 |
| Cuarzo | 24,34 | 3,24 | 1,05 | 10,45 | 2,61 | 0,00 | 0,00 | 3,08 | 3,33 | 11,26 | 0,00 | 31,70 | 14,53 | 31,16 | 12,76 | 15,44 | 10,15 | 1,58 | 4,82 | 5,45 | 6,23 | 10,62 | 5,42 | 1,59 | 18,52 | 24,80 | 18,12 |
| Feldespato Potásico | 5,36 | 0,99 | 0,29 | 1,49 | 1,09 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 1,42 | 14,25 | 0,00 | 10,43 | 1,88 | 1,87 | 13,16 | 6,14 | 3,15 | 1,79 | 0,34 | 1,40 | 2,25 | 0,97 | 11,11 | 0,68 | 4,65 | 2,97 |
| Plagioclasas | 8,72 | 0,55 | 0,00 | 0,75 | 0,83 | 11,11 | 2,38 | 0,93 | 0,00 | 2,03 | 6,34 | 10,11 | 0,00 | 11,72 | 8,39 | 3,99 | 11,59 | 67,34 | 10,54 | 1,29 | 11,26 | 2,37 | 2,06 | 46,03 | 4,99 | 5,07 | 10,38 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,19 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,30 | 0,60 | 0,08 | 0,52 | 0,00 | 0,81 | 0,03 | 0,18 | 0,43 | 1,96 | 0,00 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 5,29 | 0,41 | 0,16 | 0,33 |
| Clorita | 14,87 | 2,73 | 0,76 | 2,99 | 1,52 | 0,00 | 0,00 | 1,54 | 0,00 | 4,26 | 8,16 | 2,65 | 12,30 | 26,60 | 0,00 | 7,88 | 17,52 | 4,87 | 8,21 | 49,51 | 20,43 | 1,74 | 5,32 | 4,76 | 23,00 | 11,26 | 11,05 |
| Mica Blanca | 23,78 | 5,66 | 1,53 | 2,99 | 6,83 | 0,00 | 0,00 | 4,51 | 0,00 | 10,24 | 14,20 | 26,93 | 8,41 | 1,62 | 11,34 | 0,00 | 18,50 | 2,29 | 5,71 | 3,96 | 12,37 | 3,22 | 7,36 | 4,76 | 1,81 | 15,60 | 6,84 |
| Biotita | 3,16 | 0,53 | 0,19 | 0,75 | 0,55 | 0,00 | 2,38 | 0,43 | 0,00 | 1,32 | 2,22 | 2,99 | 5,81 | 2,05 | 6,00 | 4,40 | 0,00 | 1,15 | 2,86 | 0,05 | 0,96 | 1,10 | 1,27 | 5,29 | 2,71 | 3,40 | 6,26 |
| Epidota | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,01 | 0,03 | 0,69 | 0,10 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,10 |
| Otros Silicatos | 0,09 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,09 | 0,36 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 2,12 | 0,00 | 0,23 | 0,13 |
| Turmalina | 0,68 | 0,05 | 0,10 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,20 | 0,32 | 0,04 | 0,17 | 0,00 | 4,58 | 0,25 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,18 | 0,15 | 0,28 | 0,00 | 0,06 | 0,29 | 1,66 |
| Arcillas | 1,65 | 0,24 | 0,29 | 0,00 | 1,45 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 2,94 | 0,57 | 0,29 | 2,38 | 0,33 | 2,94 | 1,24 | 0,40 | 4,58 | 0,36 | 11,17 | 0,00 | 0,05 | 0,44 | 0,79 | 0,17 | 0,36 | 2,14 |
| Anhidrita/Yeso | 0,90 | 0,24 | 0,00 | 9,70 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,10 | 0,27 | 0,13 | 0,14 | 0,07 | 0,07 | 0,09 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,80 |
| Alunita-Jarosita | 2,18 | 2,62 | 0,67 | 5,22 | 1,07 | 0,00 | 2,38 | 7,50 | 3,33 | 0,61 | 0,41 | 0,17 | 0,36 | 0,17 | 0,64 | 0,61 | 0,44 | 0,00 | 0,54 | 0,36 | 0,36 | 0,77 | 0,00 | 0,00 | 1,37 | 0,30 | 0,86 |
| Carbonatos | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,06 | 0,26 | 0,66 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,00 | 1,43 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,73 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,00 | 0,41 | 0,75 | 0,06 | 0,46 | 0,86 | 1,46 | 0,08 | 0,50 | 0,43 | 0,00 | 0,04 | 0,08 | 0,00 | 0,73 | 0,00 | 0,00 | 1,29 | 1,58 |
| Rutilo/Anatasa | 1,06 | 0,43 | 0,00 | 1,49 | 0,47 | 0,00 | 0,00 | 0,95 | 0,00 | 0,51 | 1,83 | 0,76 | 0,86 | 0,63 | 1,30 | 1,25 | 1,15 | 0,00 | 4,82 | 0,36 | 0,29 | 0,66 | 0,29 | 0,00 | 2,35 | 0,00 | 1,05 |
| Otros | 2,93 | 3,41 | 1,81 | 5,22 | 3,44 | 16,67 | 16,67 | 4,74 | 16,67 | 6,19 | 3,41 | 1,25 | 4,48 | 3,20 | 3,25 | 1,40 | 5,39 | 4,01 | 6,79 | 5,29 | 4,37 | 6,02 | 2,13 | 6,35 | 7,34 | 2,69 | 0,00 |

| Asociaciones minerales C/100MD | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 72,59 | 26,54 | 89,21 | 61,70 | 38,46 | 58,33 | 88,01 | 33,33 | 47,76 | 75,90 | 33,30 | 57,09 | 35,05 | 61,68 | 64,43 | 49,48 | 24,55 | 62,77 | 41,78 | 54,06 | 69,28 | 59,24 | 67,69 | 57,26 | 39,43 | 46,95 |
| Calcopirita | 7,03 | 0,00 | 35,84 | 0,00 | 17,81 | 3,85 | 16,67 | 1,35 | 14,29 | 8,87 | 0,33 | 0,61 | 0,56 | 0,16 | 0,86 | 1,22 | 0,86 | 0,00 | 0,35 | 0,09 | 0,81 | 1,62 | 4,50 | 0,00 | 0,63 | 0,68 | 3,29 |
| Bornita | 0,24 | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 5,30 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 1,16 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,12 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 |
| Molibdenita | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,12 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| Calc/Dig/Cov | 3,15 | 9,38 | 30,04 | 0,00 | 0,00 | 46,15 | 8,33 | 0,13 | 4,76 | 12,46 | 0,15 | 0,48 | 0,24 | 0,16 | 0,31 | 0,70 | 0,43 | 0,00 | 0,35 | 0,09 | 0,92 | 1,12 | 1,14 | 0,00 | 0,19 | 0,53 | 3,10 |
| Cu.As (Enargita) | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| Tennantita | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Pirita | 8,68 | 1,37 | 0,43 | 2,16 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,57 | 0,27 | 0,19 | 0,15 | 0,18 | 0,16 | 0,23 | 0,64 | 0,23 | 0,00 | 0,71 | 0,47 | 0,30 | 1,74 | 8,35 | 0,77 | 1,52 | 2,84 | 4,32 |
| Otros Sulfuros | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| Oxidos de Cu | 0,34 | 0,66 | 0,93 | 0,36 | 1,75 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,00 | 0,21 | 0,23 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,38 | 0,50 | 0,26 | 0,00 | 0,25 | 0,04 | 0,29 |
| Cuarzo | 29,57 | 1,31 | 0,57 | 0,36 | 1,12 | 0,00 | 0,00 | 0,77 | 0,00 | 5,02 | 0,00 | 26,55 | 10,74 | 23,15 | 8,16 | 8,03 | 4,72 | 1,82 | 6,03 | 3,59 | 4,27 | 7,09 | 3,11 | 0,00 | 10,73 | 20,61 | 10,74 |
| Feldespato Potásico | 3,05 | 0,58 | 0,29 | 0,00 | 0,87 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 1,25 | 6,24 | 0,00 | 6,03 | 1,29 | 1,55 | 7,55 | 3,15 | 1,82 | 1,77 | 0,76 | 1,65 | 3,23 | 1,40 | 0,00 | 0,38 | 2,92 | 2,47 |
| Plagioclasas | 5,21 | 0,52 | 0,07 | 0,00 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 1,34 | 2,52 | 6,01 | 0,00 | 9,00 | 4,06 | 2,16 | 3,26 | 54,55 | 3,19 | 0,95 | 6,71 | 1,37 | 1,49 | 12,31 | 2,59 | 3,07 | 4,67 |
| Piroxeno-Anfiboles | 0,14 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,06 | 0,39 | 0,00 | 0,44 | 0,03 | 0,14 | 0,91 | 1,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 2,31 | 0,19 | 0,19 | 0,10 |
| Clorita | 12,50 | 1,81 | 0,64 | 0,36 | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 5,82 | 4,25 | 3,43 | 9,02 | 22,35 | 0,00 | 7,01 | 14,96 | 6,36 | 7,09 | 36,11 | 13,66 | 1,12 | 5,18 | 1,54 | 14,58 | 12,05 | 9,40 |
| Mica Blanca | 18,73 | 3,65 | 1,29 | 1,08 | 3,97 | 0,00 | 8,33 | 1,90 | 4,76 | 9,50 | 5,99 | 23,96 | 6,87 | 2,41 | 10,05 | 0,00 | 17,52 | 4,55 | 3,90 | 3,02 | 10,98 | 4,85 | 10,40 | 2,31 | 2,78 | 11,29 | 6,15 |
| Biotita | 2,86 | 0,51 | 0,29 | 0,00 | 0,49 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,81 | 0,70 | 1,99 | 2,07 | 2,09 | 4,26 | 3,48 | 0,00 | 2,73 | 1,06 | 0,09 | 0,87 | 0,50 | 1,26 | 1,54 | 2,40 | 2,01 | 2,98 |
| Epidota | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,42 | 0,16 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| Otros Silicatos | 0,11 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,64 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 1,54 | 0,06 | 0,08 | 0,29 |
| Turmalina | 0,28 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,00 | 1,21 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,92 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,06 | 0,19 | 0,70 |
| Arcillas | 1,29 | 0,20 | 0,36 | 0,00 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 1,25 | 0,26 | 0,43 | 1,75 | 0,00 | 1,60 | 0,90 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 6,71 | 0,00 | 0,12 | 0,48 | 0,00 | 0,32 | 0,42 | 0,92 |
| Anhidrita/Yeso | 0,36 | 0,09 | 0,07 | 3,24 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,36 | 0,09 | 0,18 | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 0,09 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,26 | 1,54 | 0,06 | 0,04 | 0,36 |
| Alunita-Jarosita | 2,53 | 1,99 | 0,79 | 1,08 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 3,62 | 0,00 | 1,52 | 0,34 | 0,65 | 0,70 | 0,32 | 1,09 | 1,53 | 0,93 | 0,00 | 1,42 | 0,47 | 0,87 | 2,11 | 0,00 | 0,00 | 2,08 | 0,91 | 1,41 |
| Carbonatos | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,48 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,12 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 0,58 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,36 | 0,28 | 0,04 | 0,29 | 0,48 | 0,73 | 0,10 | 0,42 | 0,00 | 0,35 | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,50 | 0,77 | 0,00 | 0,72 | 0,52 |
| Rutilo/Anatasa | 0,67 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 0,00 | 0,09 | 0,90 | 0,54 | 0,57 | 0,80 | 1,01 | 0,66 | 0,59 | 0,00 | 0,71 | 0,47 | 0,30 | 0,12 | 0,36 | 0,00 | 1,20 | 0,00 | 0,66 |
| Otros | 2,42 | 1,75 | 1,86 | 2,16 | 3,14 | 11,54 | 8,33 | 2,26 | 14,29 | 2,06 | 1,42 | 1,39 | 2,64 | 1,29 | 2,40 | 1,09 | 2,66 | 2,73 | 8,16 | 5,29 | 2,00 | 3,61 | 1,70 | 7,69 | 2,65 | 2,01 | 0,00 |

| Asociaciones minerales T/100MD | Background | Calcopirita | Bornita | Molibdenita | Calc/Dig/Cov | Cu.As (Enargita) | Tennantita | Pirita | Otros Sulfuros | Oxidos de Cu | Cuarzo | Feldespato Potásico | Plagioclasas | Piroxeno-Anfiboles | Clorita | Mica Blanca | Biotita | Epidota | Otros Silicatos | Turmalina | Arcillas | Anhidrita/Yeso | Alunita-Jarosita | Carbonatos | Oxidos e Hidroxidos Fe | Rutilo/Anatasa | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Background | 0,00 | 27,21 | 8,97 | 25,56 | 19,39 | 25,00 | 43,90 | 14,29 | 13,07 | 29,40 | 11,56 | 25,40 | 12,41 | 26,41 | 30,70 | 15,97 | 8,14 | 32,01 | 16,52 | 19,46 | 58,72 | 28,48 | 55,53 | 19,27 | 14,84 | 15,09 | 46,95 |
| Calcopirita | 0,35 | 0,00 | 31,31 | 0,00 | 14,63 | 25,00 | 4,02 | 0,00 | 8,04 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,00 | 0,19 | 0,31 | 0,15 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,31 | 5,58 | 0,06 | 0,09 | 0,19 | 0,51 | 3,29 |
| Bornita | 0,01 | 1,98 | 0,00 | 0,00 | 3,94 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,32 |
| Molibdenita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 |
| Calc/Dig/Cov | 0,13 | 7,83 | 33,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 21,43 | 13,40 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,20 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,32 | 0,07 | 0,78 | 0,09 | 0,00 | 0,05 | 0,25 | 3,10 |
| Cu.As (Enargita) | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| Tennantita | 0,38 | 2,68 | 0,15 | 4,44 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,14 | 0,02 | 0,00 | 0,16 | 0,02 | 0,01 | 0,09 | 8,64 | 0,02 | 0,28 | 0,64 | 0,42 | 0,01 |
| Pirita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,32 |
| Otros Sulfuros | 0,06 | 2,62 | 3,65 | 0,00 | 8,15 | 0,00 | 0,03 | 14,29 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,10 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,17 | 0,03 | 0,28 | 1,61 | 0,07 | 0,02 | 0,17 | 0,07 |
| Oxidos de Cu | 29,74 | 6,64 | 3,19 | 15,56 | 7,79 | 0,00 | 5,86 | 14,29 | 11,93 | 0,00 | 38,49 | 18,58 | 35,42 | 20,14 | 23,43 | 12,61 | 1,08 | 12,11 | 5,34 | 9,07 | 15,25 | 9,29 | 1,59 | 27,03 | 33,82 | 23,54 | 0,29 |
| Cuarzo | 6,02 | 3,52 | 0,76 | 1,11 | 3,10 | 0,00 | 1,09 | 0,00 | 4,36 | 19,83 | 0,00 | 13,76 | 2,33 | 2,53 | 18,31 | 7,45 | 3,59 | 3,82 | 0,38 | 2,55 | 3,30 | 2,73 | 3,93 | 1,06 | 5,45 | 4,15 | 10,74 |
| Feldespato Potásico | 11,19 | 2,88 | 0,91 | 0,00 | 1,52 | 0,00 | 0,47 | 0,00 | 5,92 | 8,09 | 11,64 | 0,00 | 11,88 | 11,08 | 4,90 | 13,90 | 63,52 | 10,45 | 1,76 | 14,33 | 3,73 | 4,66 | 15,01 | 6,77 | 5,43 | 14,45 | 2,47 |
| Plagioclasas | 0,31 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,87 | 0,11 | 0,67 | 0,00 | 1,16 | 0,07 | 0,29 | 0,24 | 1,31 | 0,01 | 0,07 | 0,14 | 0,06 | 4,22 | 0,95 | 0,26 | 0,51 | 4,67 |
| Piroxeno-Anfiboles | 14,45 | 8,01 | 3,95 | 3,33 | 4,82 | 0,00 | 2,69 | 7,14 | 4,62 | 10,89 | 2,66 | 13,76 | 25,51 | 0,00 | 10,03 | 20,08 | 4,86 | 10,21 | 47,19 | 23,80 | 1,59 | 9,53 | 1,97 | 25,60 | 12,92 | 13,44 | 0,10 |
| Clorita | 25,46 | 20,09 | 5,78 | 11,11 | 23,56 | 0,00 | 13,87 | 0,00 | 18,96 | 19,21 | 29,14 | 9,22 | 2,26 | 15,21 | 0,00 | 20,74 | 3,12 | 5,67 | 6,10 | 15,57 | 4,39 | 16,23 | 3,58 | 3,84 | 17,75 | 9,87 | 9,40 |
| Mica Blanca | 3,74 | 2,77 | 0,46 | 2,22 | 1,13 | 0,00 | 0,56 | 0,00 | 3,83 | 2,92 | 3,34 | 7,38 | 2,71 | 8,59 | 5,85 | 0,00 | 1,14 | 4,52 | 0,09 | 1,25 | 1,16 | 2,62 | 2,14 | 4,71 | 3,44 | 8,85 | 6,15 |
| Biotita | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,92 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,29 | 0,01 | 0,51 | 0,03 | 0,00 | 0,34 | 0,06 | 0,01 | 0,26 | 2,98 |
| Epidota | 0,15 | 0,02 | 0,00 | 1,11 | 0,02 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,03 | 0,11 | 0,24 | 0,09 | 0,03 | 0,09 | 0,22 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,15 | 0,57 | 0,26 | 0,27 | 0,32 | 0,04 |
| Otros Silicatos | 0,61 | 0,12 | 0,15 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,18 | 0,20 | 0,03 | 0,15 | 0,01 | 3,19 | 0,27 | 0,01 | 0,04 | 0,13 | 0,00 | 7,09 | 0,06 | 0,28 | 0,03 | 0,04 | 0,28 | 1,40 | 0,29 |
| Turmalina | 1,60 | 0,44 | 1,22 | 0,00 | 3,74 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 3,27 | 0,74 | 0,40 | 2,67 | 0,23 | 3,57 | 1,54 | 0,44 | 6,63 | 0,13 | 15,73 | 0,00 | 0,13 | 0,83 | 0,35 | 0,27 | 0,46 | 2,58 | 0,70 |
| Arcillas | 0,73 | 0,30 | 0,15 | 17,78 | 0,13 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,09 | 0,19 | 0,08 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,27 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,84 | 0,96 | 0,01 | 0,14 | 0,66 | 0,92 |
| Anhidrita/Yeso | 0,35 | 5,23 | 1,22 | 10,00 | 1,36 | 0,00 | 12,15 | 0,00 | 0,80 | 0,11 | 0,06 | 0,13 | 0,03 | 0,21 | 0,24 | 0,14 | 0,00 | 0,40 | 0,09 | 0,12 | 0,82 | 0,00 | 0,02 | 0,84 | 0,11 | 0,44 | 0,36 |
| Alunita-Jarosita | 0,45 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 3,09 | 0,01 | 0,06 | 0,28 | 1,38 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,43 | 0,99 | 0,01 | 0,03 | 0,63 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,39 | 1,41 |
| Carbonatos | 0,66 | 0,24 | 0,15 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 1,12 | 0,00 | 0,56 | 0,92 | 0,07 | 0,53 | 1,31 | 1,61 | 0,16 | 0,69 | 0,31 | 1,90 | 0,04 | 0,11 | 0,03 | 2,37 | 0,21 | 0,00 | 1,19 | 1,31 | 0,12 |
| Oxidos e Hidroxidos Fe | 1,17 | 1,16 | 0,61 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 5,87 | 0,00 | 0,35 | 2,64 | 0,83 | 0,97 | 0,83 | 1,86 | 1,69 | 1,16 | 0,08 | 4,54 | 0,61 | 0,44 | 0,88 | 0,73 | 0,12 | 2,74 | 0,00 | 1,35 | 0,52 |
| Rutilo/Anatasa | 2,39 | 6,23 | 3,95 | 7,78 | 5,59 | 25,00 | 7,64 | 21,43 | 6,42 | 3,68 | 1,26 | 5,19 | 3,22 | 3,89 | 1,88 | 5,98 | 6,53 | 10,98 | 5,98 | 4,97 | 8,38 | 5,75 | 7,66 | 6,05 | 2,70 | 0,00 | 0,66 |
| Otros | 2,42 | 1,75 | 1,86 | 2,16 | 3,14 | 11,54 | 8,33 | 2,26 | 14,29 | 2,06 | 1,42 | 1,39 | 2,64 | 1,29 | 2,40 | 1,09 | 2,66 | 2,73 | 8,16 | 5,29 | 2,00 | 3,61 | 1,70 | 7,69 | 2,65 | 2,01 | 0,00 |

## C) Tablas de liberación de sulfuros en muestras puras de alimentación (F), concentrado (C) y cola (T).

| Rango de Liberación | | 0% | <= 10% | <= 20% | <= 30% | <= 40% | <= 50% | <= 60% | <= 70% | <= 80% | <= 90% | < 100% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Liberación de Calcopirita [% masa] | T/100MD | 0,000 | 0,228 | 0,077 | 0,091 | 0,031 | 0,050 | 0,015 | 0,028 | 0,020 | 0,024 | 0,078 | 0,014 |
| | T/100F | 0,000 | 0,179 | 0,036 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |
| | T/100D | 0,000 | 0,167 | 0,056 | 0,015 | 0,009 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,004 |
| | T/100E | 0,000 | 0,075 | 0,086 | 0,001 | 0,009 | 0,001 | 0,038 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,005 |
| | C/100MD | 0,000 | 0,454 | 0,555 | 0,439 | 0,395 | 0,429 | 0,414 | 0,576 | 1,300 | 1,196 | 2,881 | 3,055 |
| | C/100F | 0,000 | 0,995 | 1,594 | 0,540 | 0,511 | 0,550 | 0,197 | 0,473 | 0,332 | 0,618 | 2,021 | 4,868 |
| | C/100D | 0,000 | 1,154 | 0,970 | 2,466 | 3,734 | 1,200 | 0,678 | 0,685 | 0,893 | 1,277 | 7,394 | 13,306 |
| | C/100E | 0,000 | 1,447 | 1,897 | 1,727 | 0,800 | 0,743 | 0,531 | 0,549 | 0,595 | 1,265 | 7,862 | 5,824 |
| | F/100MD | 0,000 | 0,318 | 0,117 | 0,148 | 0,247 | 0,134 | 0,200 | 0,143 | 0,539 | 0,460 | 1,971 | 0,169 |
| | F/100F | 0,000 | 0,336 | 0,161 | 0,111 | 0,176 | 0,164 | 0,035 | 0,189 | 0,107 | 0,195 | 0,135 | 0,142 |
| | F/100D | 0,000 | 0,564 | 0,317 | 0,266 | 0,197 | 0,356 | 0,201 | 0,141 | 0,268 | 0,459 | 0,780 | 0,254 |
| | F/100E | 0,000 | 0,622 | 0,283 | 0,217 | 0,327 | 0,193 | 0,354 | 0,503 | 0,254 | 0,489 | 3,517 | 0,537 |

| Rango de Liberación | | 0% | <= 10% | <= 20% | <= 30% | <= 40% | <= 50% | <= 60% | <= 70% | <= 80% | <= 90% | < 100% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Liberación de Bornita [% masa] | T/100MD | 0,000 | 0,015 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100F | 0,000 | 0,149 | 0,035 | 0,034 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100D | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100E | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | C/100MD | 0,000 | 0,347 | 0,070 | 0,022 | 0,009 | 0,009 | 0,002 | 0,009 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,008 |
| | C/100F | 0,000 | 0,755 | 0,492 | 0,372 | 0,329 | 0,453 | 0,291 | 0,601 | 0,378 | 1,867 | 3,405 | 0,856 |
| | C/100D | 0,000 | 0,012 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,011 | 0,045 | 0,068 | 0,005 |
| | C/100E | 0,000 | 0,334 | 0,189 | 0,077 | 0,039 | 0,129 | 0,060 | 0,053 | 0,188 | 0,525 | 0,500 | 0,028 |
| | F/100MD | 0,000 | 0,076 | 0,012 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| | F/100F | 0,000 | 0,220 | 0,148 | 0,080 | 0,007 | 0,038 | 0,021 | 0,082 | 0,050 | 0,613 | 0,261 | 0,021 |
| | F/100D | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | F/100E | 0,000 | 0,111 | 0,033 | 0,074 | 0,012 | 0,038 | 0,077 | 0,039 | 0,233 | 0,239 | 0,139 | 0,003 |

| Rango de Liberación | | 0% | <= 10% | <= 20% | <= 30% | <= 40% | <= 50% | <= 60% | <= 70% | <= 80% | <= 90% | < 100% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Liberación de Calc/Dig/Cov [% masa] | T/100MD | 0,000 | 0,136 | 0,018 | 0,005 | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| | T/100F | 0,000 | 0,032 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100D | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100E | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | C/100MD | 0,000 | 0,367 | 0,454 | 0,276 | 0,275 | 0,246 | 0,277 | 0,274 | 0,508 | 0,349 | 0,163 | 0,611 |
| | C/100F | 0,000 | 0,522 | 0,126 | 0,066 | 0,051 | 0,046 | 0,007 | 0,014 | 0,037 | 0,008 | 0,035 | 0,098 |
| | C/100D | 0,000 | 0,054 | 0,006 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,007 |
| | C/100E | 0,000 | 0,255 | 0,045 | 0,048 | 0,047 | 0,006 | 0,009 | 0,015 | 0,008 | 0,014 | 0,000 | 0,022 |
| | F/100MD | 0,000 | 0,153 | 0,053 | 0,049 | 0,093 | 0,037 | 0,043 | 0,027 | 0,018 | 0,023 | 0,017 | 0,025 |
| | F/100F | 0,000 | 0,118 | 0,020 | 0,008 | 0,003 | 0,020 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,017 | 0,009 |
| | F/100D | 0,000 | 0,009 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,005 |
| | F/100E | 0,000 | 0,087 | 0,013 | 0,019 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | 0,008 | 0,001 | 0,000 | 0,005 |

| Rango de Liberación | | 0% | <= 10% | <= 20% | <= 30% | <= 40% | <= 50% | <= 60% | <= 70% | <= 80% | <= 90% | < 100% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Liberación de Molibdenita [% masa] | T/100MD | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100F | 0,000 | 0,017 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100D | 0,000 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | T/100E | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | C/100MD | 0,000 | 0,001 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,004 | 0,005 | 0,064 | 0,067 | 0,043 |
| | C/100F | 0,000 | 0,049 | 0,010 | 0,005 | 0,004 | 0,025 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,017 | 0,083 | 0,106 |
| | C/100D | 0,000 | 0,021 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,003 | 0,020 | 0,060 | 0,019 |
| | C/100E | 0,000 | 0,033 | 0,001 | 0,000 | 0,018 | 0,009 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,027 | 0,128 | 0,014 |
| | F/100MD | 0,000 | 0,015 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,005 | 0,000 | 0,003 |
| | F/100F | 0,000 | 0,014 | 0,010 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,001 |
| | F/100D | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,085 | 0,000 | 0,002 |
| | F/100E | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,003 | 0,026 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |

| Rango de Liberación | | 0% | <= 10% | <= 20% | <= 30% | <= 40% | <= 50% | <= 60% | <= 70% | <= 80% | <= 90% | < 100% | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Liberación de Pirita [% masa] | T/100MD | 0,000 | 0,093 | 0,043 | 0,034 | 0,059 | 0,098 | 0,012 | 0,078 | 0,044 | 0,029 | 0,412 | 0,040 |
| | T/100F | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,010 |
| | T/100D | 0,000 | 0,010 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,006 |
| | T/100E | 0,000 | 0,005 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,023 | 0,000 | 0,008 |
| | C/100MD | 0,000 | 0,269 | 0,189 | 0,068 | 0,147 | 0,152 | 0,085 | 0,163 | 0,176 | 1,329 | 17,145 | 4,835 |
| | C/100F | 0,000 | 0,017 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,184 | 0,276 |
| | C/100D | 0,000 | 0,744 | 0,119 | 0,033 | 0,065 | 0,089 | 0,106 | 0,185 | 0,158 | 0,384 | 6,564 | 4,990 |
| | C/100E | 0,000 | 0,402 | 0,105 | 0,254 | 0,166 | 0,192 | 0,233 | 0,176 | 0,427 | 0,877 | 11,802 | 3,269 |
| | F/100MD | 0,000 | 0,284 | 0,094 | 0,334 | 0,082 | 0,243 | 0,496 | 0,385 | 0,468 | 2,687 | 15,699 | 0,268 |
| | F/100F | 0,000 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,013 | 0,000 | 0,005 | 0,144 | 0,002 |
| | F/100D | 0,000 | 0,166 | 0,135 | 0,118 | 0,197 | 0,027 | 0,014 | 0,017 | 0,404 | 0,678 | 2,623 | 0,054 |
| | F/100E | 0,000 | 0,201 | 0,096 | 0,194 | 0,205 | 0,537 | 0,223 | 0,225 | 0,813 | 1,224 | 5,329 | 0,158 |

## D) Tablas de cálculo de recuperación de cobre, en muestras piras y mezclas.

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/100E/0.5 | 0,5 | 25,93 | 1,00 | 0,259 | 0,259 | 0,0206 | 2,1% |
| C1/100E/1 | 1 | 17,14 | 1,90 | 0,326 | 0,585 | 0,0464 | 4,6% |
| C1/100E/3 | 3 | 78,77 | 10,95 | 8,625 | 9,210 | 0,7303 | 73,0% |
| C1/100E/5 | 5 | 38,64 | 5,75 | 2,222 | 11,432 | 0,9064 | 90,6% |
| C1/100E/10 | 10 | 20,70 | 2,81 | 0,582 | 12,014 | 0,9525 | 95,3% |
| C1/100E/16 | 16 | 12,08 | 1,14 | 0,138 | 12,151 | 0,9635 | 96,3% |
| C1/100E/20 | 20 | 7,79 | 0,59 | 0,046 | 12,197 | 0,9671 | 96,7% |
| T/100E | | 829,70 | 0,05 | 0,415 | 12,612 | | |
| TOTAL | | 1030,75 | | 12,612 | 12,612 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/100E/0.5 | 0,5 | 26,29 | 0,89 | 0,234 | 0,234 | 0,0200 | 2,0% |
| C2/100E/1 | 1 | 14,03 | 1,35 | 0,189 | 0,423 | 0,0362 | 3,6% |
| C2/100E/3 | 3 | 66,35 | 11,68 | 7,750 | 8,173 | 0,6986 | 69,9% |
| C2/100E/5 | 5 | 46,38 | 5,33 | 2,472 | 10,645 | 0,9099 | 91,0% |
| C2/100E/10 | 10 | 26,86 | 2,10 | 0,564 | 11,209 | 0,9581 | 95,8% |
| C2/100E/16 | 16 | 19,05 | 0,66 | 0,126 | 11,335 | 0,9688 | 96,9% |
| C2/100E/20 | 20 | 8,55 | 0,40 | 0,034 | 11,369 | 0,9717 | 97,2% |
| T/100E | | 826,40 | 0,04 | 0,331 | 11,700 | | |
| TOTAL | | 1033,91 | | 11,700 | 11,700 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/75E/25D/0.5 | 0,5 | 4,22 | 4,28 | 0,181 | 0,181 | 0,0151 | 1,5% |
| C1/75E/25D/1 | 1 | 23,59 | 19,13 | 4,513 | 4,693 | 0,3925 | 39,3% |
| C1/75E/25D/3 | 3 | 38,80 | 14,28 | 5,541 | 10,234 | 0,8559 | 85,6% |
| C1/75E/25D/5 | 5 | 14,56 | 4,64 | 0,676 | 10,910 | 0,9124 | 91,2% |
| C1/75E/25D/10 | 10 | 15,93 | 2,43 | 0,387 | 11,297 | 0,9448 | 94,5% |
| C1/75E/25D/16 | 16 | 12,10 | 1,21 | 0,146 | 11,443 | 0,9570 | 95,7% |
| C1/75E/25D/20 | 20 | 10,61 | 0,56 | 0,059 | 11,503 | 0,9620 | 96,2% |
| T/75E/25D | | 908,90 | 0,05 | 0,454 | 11,957 | | |
| TOTAL | | 1028,71 | | 11,957 | 11,957 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/75E/25D/0.5 | 0,5 | 4,20 | 2,08 | 0,087 | 0,087 | 0,0071 | 0,7% |
| C2/75E/25D/1 | 1 | 16,85 | 17,01 | 2,866 | 2,954 | 0,2401 | 24,0% |
| C2/75E/25D/3 | 3 | 44,15 | 15,90 | 7,020 | 9,973 | 0,8108 | 81,1% |
| C2/75E/25D/5 | 5 | 19,57 | 6,03 | 1,180 | 11,153 | 0,9067 | 90,7% |
| C2/75E/25D/10 | 10 | 24,59 | 2,06 | 0,507 | 11,660 | 0,9479 | 94,8% |
| C2/75E/25D/16 | 16 | 19,52 | 0,74 | 0,144 | 11,804 | 0,9596 | 96,0% |
| C2/75E/25D/20 | 20 | 15,10 | 0,34 | 0,051 | 11,856 | 0,9638 | 96,4% |
| T/75E/25D | | 890,90 | 0,05 | 0,445 | 12,301 | | |
| TOTAL | | 1034,88 | | 12,301 | 12,301 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/50E/50D/0.5 | 0,5 | 4,47 | 9,09 | 0,406 | 0,406 | 0,0348 | 3,5% |
| C1/50E/50D/1 | 1 | 27,99 | 17,40 | 4,870 | 5,277 | 0,4522 | 45,2% |
| C1/50E/50D/3 | 3 | 37,53 | 12,98 | 4,871 | 10,148 | 0,8696 | 87,0% |
| C1/50E/50D/5 | 5 | 13,23 | 4,93 | 0,652 | 10,800 | 0,9255 | 92,6% |
| C1/50E/50D/10 | 10 | 15,48 | 2,15 | 0,333 | 11,133 | 0,9541 | 95,4% |
| C1/50E/50D/16 | 16 | 11,63 | 1,02 | 0,119 | 11,252 | 0,9642 | 96,4% |
| C1/50E/50D/20 | 20 | 7,64 | 0,65 | 0,050 | 11,301 | 0,9685 | 96,8% |
| T/50E/50D | | 919,40 | 0,04 | 0,368 | 11,669 | | |
| TOTAL | | 1037,37 | | 11,669 | 11,669 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/50E/50D/0.5 | 0,5 | 2,80 | 17,80 | 0,498 | 0,498 | 0,0423 | 4,2% |
| C2/50E/50D/1 | 1 | 23,84 | 20,02 | 4,773 | 5,271 | 0,4476 | 44,8% |
| C2/50E/50D/3 | 3 | 26,15 | 16,29 | 4,260 | 9,531 | 0,8092 | 80,9% |
| C2/50E/50D/5 | 5 | 11,68 | 9,13 | 1,066 | 10,597 | 0,8998 | 90,0% |
| C2/50E/50D/10 | 10 | 17,25 | 3,36 | 0,580 | 11,177 | 0,9490 | 94,9% |
| C2/50E/50D/16 | 16 | 12,50 | 1,37 | 0,171 | 11,348 | 0,9635 | 96,4% |
| C2/50E/50D/20 | 20 | 8,26 | 0,69 | 0,057 | 11,405 | 0,9684 | 96,8% |
| T/50E/50D | | 931,40 | 0,04 | 0,373 | 11,778 | | |
| TOTAL | | 1033,88 | | 11,778 | 11,778 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/25E/75D/0.5 | 0,5 | 7,35 | 18,30 | 1,345 | 1,345 | 0,1256 | 12,6% |
| C1/25E/75D/1 | 1 | 19,67 | 17,42 | 3,427 | 4,771 | 0,4458 | 44,6% |
| C1/25E/75D/3 | 3 | 30,47 | 12,66 | 3,858 | 8,629 | 0,8062 | 80,6% |
| C1/25E/75D/5 | 5 | 9,66 | 9,08 | 0,877 | 9,506 | 0,8881 | 88,8% |
| C1/25E/75D/10 | 10 | 14,18 | 4,15 | 0,588 | 10,094 | 0,9431 | 94,3% |
| C1/25E/75D/16 | 16 | 12,79 | 1,36 | 0,174 | 10,268 | 0,9594 | 95,9% |
| C1/25E/75D/20 | 20 | 10,82 | 0,59 | 0,064 | 10,332 | 0,9653 | 96,5% |
| T/25E/75D | | 927,60 | 0,04 | 0,371 | 10,703 | | |
| TOTAL | | 1032,54 | | 0,000 | 10,703 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/25E/75D/0.5 | 0,5 | 7,24 | 19,45 | 1,408 | 1,408 | 0,1166 | 11,7% |
| C2/25E/75D/1 | 1 | 23,77 | 19,20 | 4,564 | 5,972 | 0,4944 | 49,4% |
| C2/25E/75D/3 | 3 | 29,49 | 15,13 | 4,462 | 10,434 | 0,8637 | 86,4% |
| C2/25E/75D/5 | 5 | 11,65 | 6,64 | 0,774 | 11,207 | 0,9278 | 92,8% |
| C2/25E/75D/10 | 10 | 12,70 | 2,59 | 0,329 | 11,536 | 0,9550 | 95,5% |
| C2/25E/75D/16 | 16 | 11,22 | 1,07 | 0,120 | 11,656 | 0,9649 | 96,5% |
| C2/25E/75D/20 | 20 | 6,41 | 0,77 | 0,049 | 11,706 | 0,9690 | 96,9% |
| T/25E/75D | | 936,00 | 0,04 | 0,374 | 12,080 | | |
| TOTAL | | 1038,48 | | 12,080 | 12,080 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/0E/100D/0.5 | 0,5 | 18,28 | 16,30 | 2,980 | 2,980 | 0,2771 | 27,7% |
| C1/0E/100D/1 | 1 | 18,00 | 15,77 | 2,839 | 5,818 | 0,5411 | 54,1% |
| C1/0E/100D/3 | 3 | 23,70 | 14,50 | 3,437 | 9,255 | 0,8606 | 86,1% |
| C1/0E/100D/5 | 5 | 8,24 | 8,96 | 0,738 | 9,993 | 0,9293 | 92,9% |
| C1/0E/100D/10 | 10 | 13,70 | 3,24 | 0,444 | 10,437 | 0,9706 | 97,1% |
| C1/0E/100D/16 | 16 | 13,51 | 0,75 | 0,101 | 10,538 | 0,9800 | 98,0% |
| C1/0E/100D/20 | 20 | 5,18 | 0,55 | 0,028 | 10,567 | 0,9826 | 98,3% |
| T/0E/100D | | 933,20 | 0,02 | 0,187 | 10,753 | | |
| TOTAL | | 1033,81 | | 10,753 | 10,753 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/0E/100D/0.5 | 0,5 | 16,76 | 17,84 | 2,990 | 2,990 | 0,2701 | 27,0% |
| C2/0E/100D/1 | 1 | 18,41 | 16,69 | 3,073 | 6,063 | 0,5477 | 54,8% |
| C2/0E/100D/3 | 3 | 26,71 | 13,16 | 3,515 | 9,578 | 0,8652 | 86,5% |
| C2/0E/100D/5 | 5 | 16,06 | 4,72 | 0,758 | 10,336 | 0,9337 | 93,4% |
| C2/0E/100D/10 | 10 | 18,11 | 1,61 | 0,292 | 10,627 | 0,9600 | 96,0% |
| C2/0E/100D/16 | 16 | 30,92 | 0,45 | 0,139 | 10,766 | 0,9726 | 97,3% |
| C2/0E/100D/20 | 20 | 10,08 | 0,34 | 0,034 | 10,801 | 0,9757 | 97,6% |
| T/0E/100D | | 897,70 | 0,03 | 0,269 | 11,070 | | |
| TOTAL | | 1034,75 | | 11,070 | 11,070 | | |

| RECUPERACION REAL COBRE % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muestra\Tiempo | 100E | 75E/25D | 50E/50D | 25E/75D | 100D |
| 0,5 | 2,0% | 1,1% | 3,9% | 12,1% | 27,4% |
| 1 | 4,1% | 31,6% | 45,0% | 47,0% | 54,4% |
| 3 | 71,4% | 83,3% | 83,9% | 83,5% | 86,3% |
| 5 | 90,8% | 91,0% | 91,3% | 90,8% | 93,1% |
| 10 | 95,5% | 94,6% | 95,2% | 94,9% | 96,5% |
| 16 | 96,6% | 95,8% | 96,4% | 96,2% | 97,6% |
| 20 | 96,9% | 96,3% | 96,8% | 96,7% | 97,9% |

| RECUPERACION TEORICO COBRE [%] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muestra\Tiempo | 100E | 75E/25D | 50E/50D | 25E/75D | 100D |
| 0,5 | 2,0% | 7,9% | 14,0% | 20,5% | 27,4% |
| 1 | 4,1% | 15,7% | 27,9% | 40,8% | 54,4% |
| 3 | 71,4% | 74,9% | 78,5% | 82,3% | 86,3% |
| 5 | 90,8% | 91,4% | 91,9% | 92,5% | 93,1% |
| 10 | 95,5% | 95,8% | 96,0% | 96,3% | 96,5% |
| 16 | 96,6% | 96,8% | 97,1% | 97,4% | 97,6% |
| 20 | 96,9% | 97,2% | 97,4% | 97,7% | 97,9% |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/75E/25F/0.5 | 0,5 | 1,44 | 1,40 | 0,020 | 0,020 | 0,0016 | 0,2% |
| C1/75E/25F/1 | 1 | 3,00 | 13,48 | 0,404 | 0,425 | 0,0329 | 3,3% |
| C1/75E/25F/3 | 3 | 44,13 | 20,36 | 8,985 | 9,409 | 0,7292 | 72,9% |
| C1/75E/25F/5 | 5 | 14,61 | 11,43 | 1,670 | 11,079 | 0,8587 | 85,9% |
| C1/75E/25F/10 | 10 | 26,76 | 3,49 | 0,934 | 12,013 | 0,9310 | 93,1% |
| C1/75E/25F/16 | 16 | 16,16 | 1,24 | 0,200 | 12,214 | 0,9466 | 94,7% |
| C1/75E/25F/20 | 20 | 10,80 | 1,28 | 0,138 | 12,352 | 0,9573 | 95,7% |
| T/75E/25F | | 918,50 | 0,06 | 0,551 | 12,903 | | |
| TOTAL | | 1035,40 | | 12,903 | 12,903 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/75E/25F/0.5 | 0,5 | 1,64 | 1,44 | 0,024 | 0,024 | 0,0019 | 0,2% |
| C2/75E/25F/1 | 1 | 3,04 | 19,10 | 0,581 | 0,604 | 0,0480 | 4,8% |
| C2/75E/25F/3 | 3 | 47,14 | 18,81 | 8,867 | 9,471 | 0,7529 | 75,3% |
| C2/75E/25F/5 | 5 | 20,05 | 7,93 | 1,590 | 11,061 | 0,8793 | 87,9% |
| C2/75E/25F/10 | 10 | 19,28 | 3,51 | 0,677 | 11,738 | 0,9331 | 93,3% |
| C2/75E/25F/16 | 16 | 14,46 | 1,47 | 0,213 | 11,951 | 0,9500 | 95,0% |
| C2/75E/25F/20 | 20 | 11,79 | 0,68 | 0,080 | 12,031 | 0,9563 | 95,6% |
| T/75E/25F | | 915,70 | 0,06 | 0,549 | 12,580 | | |
| TOTAL | | 1033,10 | | 12,580 | 12,580 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/50E/50F/0.5 | 0,5 | 9,89 | 4,41 | 0,436 | 0,436 | 0,0345 | 3,4% |
| C1/50E/50F/1 | 1 | 22,17 | 18,20 | 4,035 | 4,471 | 0,3533 | 35,3% |
| C1/50E/50F/3 | 3 | 30,95 | 16,83 | 5,209 | 9,680 | 0,7650 | 76,5% |
| C1/50E/50F/5 | 5 | 11,45 | 11,07 | 1,268 | 10,947 | 0,8652 | 86,5% |
| C1/50E/50F/10 | 10 | 18,02 | 4,68 | 0,843 | 11,791 | 0,9318 | 93,2% |
| C1/50E/50F/16 | 16 | 14,06 | 1,61 | 0,226 | 12,017 | 0,9497 | 95,0% |
| C1/50E/50F/20 | 20 | 9,82 | 0,89 | 0,087 | 12,105 | 0,9566 | 95,7% |
| T/50E/50F | | 915,20 | 0,06 | 0,549 | 12,654 | | |
| TOTAL | | 1031,56 | | 12,654 | 12,654 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/50E/50F/0.5 | 0,5 | 2,59 | 1,31 | 0,034 | 0,034 | 0,0026 | 0,3% |
| C2/50E/50F/1 | 1 | 2,91 | 19,07 | 0,555 | 0,589 | 0,0446 | 4,5% |
| C2/50E/50F/3 | 3 | 39,61 | 21,93 | 8,686 | 9,275 | 0,7025 | 70,3% |
| C2/50E/50F/5 | 5 | 12,86 | 13,91 | 1,789 | 11,064 | 0,8380 | 83,8% |
| C2/50E/50F/10 | 10 | 16,24 | 7,17 | 1,164 | 12,229 | 0,9262 | 92,6% |
| C2/50E/50F/16 | 16 | 14,94 | 2,16 | 0,323 | 12,551 | 0,9507 | 95,1% |
| C2/50E/50F/20 | 20 | 18,91 | 0,53 | 0,100 | 12,652 | 0,9583 | 95,8% |
| T/50E/50F | | 918,40 | 0,06 | 0,551 | 13,203 | | |
| TOTAL | | 1026,46 | | 13,203 | 13,203 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/25E/75F/0.5 | 0,5 | 2,57 | 2,29 | 0,059 | 0,059 | 0,0045 | 0,4% |
| C1/25E/75F/1 | 1 | 11,44 | 24,52 | 2,805 | 2,864 | 0,2180 | 21,8% |
| C1/25E/75F/3 | 3 | 33,05 | 19,89 | 6,574 | 9,438 | 0,7184 | 71,8% |
| C1/25E/75F/5 | 5 | 12,30 | 13,96 | 1,717 | 11,155 | 0,8491 | 84,9% |
| C1/25E/75F/10 | 10 | 14,76 | 6,87 | 1,014 | 12,169 | 0,9263 | 92,6% |
| C1/25E/75F/16 | 16 | 11,96 | 2,59 | 0,310 | 12,478 | 0,9498 | 95,0% |
| C1/25E/75F/20 | 20 | 6,36 | 1,49 | 0,095 | 12,573 | 0,9571 | 95,7% |
| T/25E/75F | | 940,20 | 0,06 | 0,564 | 13,137 | | |
| TOTAL | | 1032,64 | | 13,137 | 13,137 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/25E/75F/0.5 | 0,5 | 1,69 | 1,96 | 0,033 | 0,033 | 0,0024 | 0,2% |
| C2/25E/75F/1 | 1 | 5,27 | 21,12 | 1,113 | 1,146 | 0,0838 | 8,4% |
| C2/25E/75F/3 | 3 | 35,49 | 24,55 | 8,713 | 9,859 | 0,7206 | 72,1% |
| C2/25E/75F/5 | 5 | 13,63 | 14,09 | 1,920 | 11,779 | 0,8610 | 86,1% |
| C2/25E/75F/10 | 10 | 14,12 | 6,94 | 0,980 | 12,759 | 0,9326 | 93,3% |
| C2/25E/75F/16 | 16 | 10,32 | 2,64 | 0,272 | 13,032 | 0,9525 | 95,3% |
| C2/25E/75F/20 | 20 | 4,80 | 1,63 | 0,078 | 13,110 | 0,9583 | 95,8% |
| T/25E/75F | | 951,70 | 0,06 | 0,571 | 13,681 | | |
| TOTAL | | 1037,02 | | 13,681 | 13,681 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/0E/100F/0.5 | 0,5 | 1,67 | 1,77 | 0,030 | 0,030 | 0,0022 | 0,2% |
| C1/0E/100F/1 | 1 | 4,75 | 16,87 | 0,801 | 0,831 | 0,0614 | 6,1% |
| C1/0E/100F/3 | 3 | 38,75 | 23,59 | 9,141 | 9,972 | 0,7365 | 73,7% |
| C1/0E/100F/5 | 5 | 15,22 | 12,38 | 1,884 | 11,856 | 0,8757 | 87,6% |
| C1/0E/100F/10 | 10 | 17,61 | 4,18 | 0,736 | 12,592 | 0,9301 | 93,0% |
| C1/0E/100F/16 | 16 | 10,62 | 2,64 | 0,280 | 12,873 | 0,9508 | 95,1% |
| C1/0E/100F/20 | 20 | 9,03 | 1,15 | 0,104 | 12,977 | 0,9585 | 95,8% |
| T/0E/100F | | 937,10 | 0,06 | 0,562 | 13,539 | | |
| TOTAL | | 1034,75 | | 13,539 | 13,539 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/0E/100F/0.5 | 0,5 | 4,07 | 1,44 | 0,059 | 0,059 | 0,0041 | 0,4% |
| C2/0E/100F/1 | 1 | 8,58 | 8,24 | 0,707 | 0,765 | 0,0537 | 5,4% |
| C2/0E/100F/3 | 3 | 42,86 | 23,90 | 10,244 | 11,009 | 0,7723 | 77,2% |
| C2/0E/100F/5 | 5 | 15,15 | 10,97 | 1,662 | 12,671 | 0,8889 | 88,9% |
| C2/0E/100F/10 | 10 | 20,76 | 3,57 | 0,741 | 13,412 | 0,9409 | 94,1% |
| C2/0E/100F/16 | 16 | 13,06 | 1,69 | 0,221 | 13,633 | 0,9563 | 95,6% |
| C2/0E/100F/20 | 20 | 5,99 | 1,14 | 0,068 | 13,701 | 0,9611 | 96,1% |
| T/0E/100F | | 923,30 | 0,06 | 0,554 | 14,255 | | |
| TOTAL | | 1033,77 | | 14,255 | 14,255 | | |

| RECUPERACION REAL COBRE % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muestra\Tiempo | 100E | 75E/25F | 50E/50F | 25E/75F | 100F |
| 0,5 | 2,0% | 0,2% | 1,9% | 0,3% | 0,3% |
| 1 | 4,1% | 4,0% | 19,9% | 15,1% | 5,8% |
| 3 | 71,4% | 74,1% | 73,4% | 72,0% | 75,4% |
| 5 | 90,8% | 86,9% | 85,2% | 85,5% | 88,2% |
| 10 | 95,5% | 93,2% | 92,9% | 92,9% | 93,5% |
| 16 | 96,6% | 94,8% | 95,0% | 95,1% | 95,4% |
| 20 | 96,9% | 95,7% | 95,7% | 95,8% | 96,0% |

| RECUPERACION TEORICO COBRE [%] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muestra\Tiempo | 100E | 75E/25F | 50E/50F | 25E/75F | 100F |
| 0,5 | 2,0% | 1,6% | 1,1% | 0,7% | 0,3% |
| 1 | 4,1% | 4,6% | 5,0% | 5,4% | 5,8% |
| 3 | 71,4% | 72,5% | 73,6% | 74,5% | 75,4% |
| 5 | 90,8% | 90,1% | 89,4% | 88,8% | 88,2% |
| 10 | 95,5% | 95,0% | 94,5% | 94,0% | 93,5% |
| 16 | 96,6% | 96,3% | 95,9% | 95,6% | 95,4% |
| 20 | 96,9% | 96,7% | 96,4% | 96,2% | 96,0% |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/75E/25MD/0.5 | 0,5 | 0,82 | 13,15 | 0,108 | 0,108 | 0,0091 | 0,9% |
| C1/75E/25MD/1 | 1 | 9,18 | 24,07 | 2,210 | 2,317 | 0,1946 | 19,5% |
| C1/75E/25MD/3 | 3 | 40,48 | 15,73 | 6,368 | 8,685 | 0,7291 | 72,9% |
| C1/75E/25MD/5 | 5 | 16,54 | 8,39 | 1,388 | 10,073 | 0,8456 | 84,6% |
| C1/75E/25MD/10 | 10 | 18,11 | 3,52 | 0,637 | 10,710 | 0,8992 | 89,9% |
| C1/75E/25MD/16 | 16 | 13,16 | 1,54 | 0,203 | 10,913 | 0,9162 | 91,6% |
| C1/75E/25MD/20 | 20 | 6,54 | 1,00 | 0,065 | 10,978 | 0,9217 | 92,2% |
| T/75E/25MD | | 933,10 | 0,10 | 0,933 | 11,911 | | |
| TOTAL | | 1037,93 | | 11,911 | 11,911 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C3/75E/25MD/0.5 | 0,5 | 12,72 | 7,83 | 0,996 | 0,996 | 0,0818 | 8,2% |
| C3/75E/25MD/1 | 1 | 27,49 | 17,66 | 4,855 | 5,851 | 0,4804 | 48,0% |
| C3/75E/25MD/3 | 3 | 32,91 | 12,98 | 4,272 | 10,122 | 0,8312 | 83,1% |
| C3/75E/25MD/5 | 5 | 9,06 | 6,10 | 0,553 | 10,675 | 0,8766 | 87,7% |
| C3/75E/25MD/10 | 10 | 13,25 | 3,18 | 0,421 | 11,096 | 0,9112 | 91,1% |
| C3/75E/25MD/16 | 16 | 9,86 | 1,55 | 0,153 | 11,249 | 0,9237 | 92,4% |
| C3/75E/25MD/20 | 20 | 13,64 | 0,72 | 0,098 | 11,347 | 0,9318 | 93,2% |
| T3/75E/25MD | | 922,90 | 0,09 | 0,831 | 12,178 | | |
| TOTAL | | 1041,83 | | 12,178 | 12,178 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/50E/50MD/0.5 | 0,5 | 6,70 | 1,32 | 0,088 | 0,088 | 0,0073 | 0,7% |
| C1/50E/50MD/1 | 1 | 8,63 | 7,44 | 0,642 | 0,731 | 0,0605 | 6,1% |
| C1/50E/50MD/3 | 3 | 60,46 | 11,58 | 7,001 | 7,732 | 0,6408 | 64,1% |
| C1/50E/50MD/5 | 5 | 24,96 | 7,29 | 1,820 | 9,551 | 0,7916 | 79,2% |
| C1/50E/50MD/10 | 10 | 28,41 | 3,35 | 0,952 | 10,503 | 0,8704 | 87,0% |
| C1/50E/50MD/16 | 16 | 19,07 | 1,27 | 0,242 | 10,745 | 0,8905 | 89,1% |
| C1/50E/50MD/20 | 20 | 11,44 | 0,75 | 0,086 | 10,831 | 0,8976 | 89,8% |
| T/50E/50MD | | 882,30 | 0,14 | 1,235 | 12,066 | | |
| TOTAL | | 1041,97 | | 12,066 | 12,066 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C3/50E/50MD/0.5 | 0,5 | 21,44 | 7,87 | 1,687 | 1,687 | 0,1895 | 18,9% |
| C3/50E/50MD/1 | 1 | 23,34 | 12,24 | 2,857 | 4,544 | 0,5103 | 51,0% |
| C3/50E/50MD/3 | 3 | 33,14 | 7,63 | 2,529 | 7,073 | 0,7942 | 79,4% |
| C3/50E/50MD/5 | 5 | 14,14 | 1,49 | 0,211 | 7,283 | 0,8179 | 81,8% |
| C3/50E/50MD/10 | 10 | 24,04 | 0,57 | 0,137 | 7,420 | 0,8333 | 83,3% |
| C3/50E/50MD/16 | 16 | 21,04 | 0,15 | 0,032 | 7,452 | 0,8368 | 83,7% |
| C3/50E/50MD/20 | 20 | 19,64 | 0,57 | 0,112 | 7,564 | 0,8494 | 84,9% |
| T/50E/50MD | | 894,30 | 0,15 | 1,341 | 8,905 | | |
| TOTAL | | 1051,08 | | 8,905 | 8,905 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1/25E/75MD/0.5 | 0,5 | 8,00 | 1,24 | 0,099 | 0,099 | 0,0080 | 0,8% |
| C1/25E/75MD/1 | 1 | 8,22 | 8,13 | 0,668 | 0,767 | 0,0621 | 6,2% |
| C1/25E/75MD/3 | 3 | 60,11 | 10,85 | 6,522 | 7,289 | 0,5902 | 59,0% |
| C1/25E/75MD/5 | 5 | 41,11 | 5,13 | 2,109 | 9,398 | 0,7609 | 76,1% |
| C1/25E/75MD/10 | 10 | 30,62 | 2,80 | 0,857 | 10,256 | 0,8303 | 83,0% |
| C1/25E/75MD/16 | 16 | 21,75 | 1,45 | 0,315 | 10,571 | 0,8558 | 85,6% |
| C1/25E/75MD/20 | 20 | 11,03 | 1,03 | 0,114 | 10,685 | 0,8650 | 86,5% |
| T/25E/75MD | | 877,40 | 0,19 | 1,667 | 12,352 | | |
| TOTAL | | 1053,37 | | 12,352 | 12,352 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C2/25E/75MD/0.5 | 0,5 | 4,44 | 2,24 | 0,099 | 0,099 | 0,0080 | 0,8% |
| C2/25E/75MD/1 | 1 | 7,32 | 13,97 | 1,023 | 1,122 | 0,0905 | 9,1% |
| C2/25E/75MD/3 | 3 | 59,06 | 10,82 | 6,390 | 7,512 | 0,6061 | 60,6% |
| C2/25E/75MD/5 | 5 | 39,68 | 5,09 | 2,020 | 9,532 | 0,7691 | 76,9% |
| C2/25E/75MD/10 | 10 | 30,57 | 2,54 | 0,776 | 10,309 | 0,8318 | 83,2% |
| C2/25E/75MD/16 | 16 | 27,53 | 1,14 | 0,314 | 10,622 | 0,8571 | 85,7% |
| C2/25E/75MD/20 | 20 | 11,16 | 0,85 | 0,095 | 10,717 | 0,8647 | 86,5% |
| T/25E/75MD | | 882,30 | 0,19 | 1,676 | 12,394 | | |
| TOTAL | | 1055,31 | | 12,394 | 12,394 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C3/0E/100MD/0.5 | 0,5 | 22,81 | 2,55 | 0,582 | 0,582 | 0,0499 | 5,0% |
| C3/0E/100MD/1 | 1 | 23,58 | 4,38 | 1,033 | 1,614 | 0,1386 | 13,9% |
| C3/0E/100MD/3 | 3 | 34,72 | 10,48 | 3,639 | 5,253 | 0,4509 | 45,1% |
| C3/0E/100MD/5 | 5 | 13,17 | 14,94 | 1,968 | 7,221 | 0,6198 | 62,0% |
| C3/0E/100MD/10 | 10 | 19,29 | 8,24 | 1,589 | 8,810 | 0,7562 | 75,6% |
| C3/0E/100MD/16 | 16 | 18,44 | 3,54 | 0,653 | 9,463 | 0,8122 | 81,2% |
| C3/0E/100MD/20 | 20 | 10,74 | 2,13 | 0,229 | 9,692 | 0,8319 | 83,2% |
| T3/0E/100MD | | 932,80 | 0,21 | 1,959 | 11,651 | | |
| TOTAL | | 1075,55 | | 11,651 | 11,651 | | |

| Muestra | Tiempo | Masa | %Cu | M Cu | MA Cu | R Cu | R CU % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C4/0E/100MD/0.5 | 0,5 | 19,84 | 3,08 | 0,611 | 0,611 | 0,0526 | 5,3% |
| C4/0E/100MD/1 | 1 | 39,34 | 4,91 | 1,932 | 2,543 | 0,2189 | 21,9% |
| C4/0E/100MD/3 | 3 | 37,94 | 7,84 | 2,974 | 5,517 | 0,4750 | 47,5% |
| C4/0E/100MD/5 | 5 | 15,14 | 12,98 | 1,965 | 7,482 | 0,6442 | 64,4% |
| C4/0E/100MD/10 | 10 | 17,14 | 8,50 | 1,457 | 8,939 | 0,7696 | 77,0% |
| C4/0E/100MD/16 | 16 | 17,64 | 3,56 | 0,628 | 9,567 | 0,8236 | 82,4% |
| C4/0E/100MD/20 | 20 | 12,14 | 1,89 | 0,229 | 9,797 | 0,8434 | 84,3% |
| T4/0E/100MD | | 909,50 | 0,20 | 1,819 | 11,616 | | |
| TOTAL | | 1068,68 | | 11,616 | 11,616 | | |

| RECUPERACION REAL COBRE % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Muestra\Tiempo** | **100E** | **75E/25MD** | **50E/50MD** | **25E/75MD** | **100MD** |
| 0,5 | 2,0% | 4,5% | 9,8% | 0,8% | 5,1% |
| 1 | 4,1% | 33,7% | 28,5% | 7,6% | 17,9% |
| 3 | 71,4% | 78,0% | 71,7% | 59,8% | 46,3% |
| 5 | 90,8% | 86,1% | 80,5% | 76,5% | 63,2% |
| 10 | 95,5% | 90,5% | 85,2% | 83,1% | 76,3% |
| 16 | 96,6% | 92,0% | 86,4% | 85,6% | 81,8% |
| 20 | 96,9% | 92,7% | 87,3% | 86,5% | 83,8% |

| RECUPERACION TEORICO COBRE [%] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Muestra\Tiempo** | **100E** | **75E/25MD** | **50E/50MD** | **25E/75FMD** | **100MD** |
| 0,5 | 2,0% | 2,8% | 3,5% | 4,3% | 5,1% |
| 1 | 4,1% | 7,4% | 10,8% | 14,3% | 17,9% |
| 3 | 71,4% | 65,5% | 59,3% | 52,9% | 46,3% |
| 5 | 90,8% | 84,3% | 77,5% | 70,5% | 63,2% |
| 10 | 95,5% | 91,0% | 86,3% | 81,4% | 76,3% |
| 16 | 96,6% | 93,1% | 89,5% | 85,7% | 81,8% |
| 20 | 96,9% | 93,8% | 90,6% | 87,2% | 83,8% |

# ANEXO F

# ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

## A) Semicuantificación de fases mediante conteos por segundo en difractogramas de fraccion menor a 2 micrones.

| | Pick y conteos por segundo de fases | | | Factores de intensidad | | | | Reflexion 3 | | | Balance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ~4,7 | ~3,33 | ~2,36 | | | | | | | | |
| | Chl 003 | Mic 003 | Kao 003 | I Chl | I Mic | I Kao | I Scm | % Chl | % Mic | % Kao | Total |
| F-100E-0D | 21,05 | 42,70 | 16,70 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 26,17 | 53,08 | 20,76 | 100 |
| F-75E-25D | 13,80 | 30,80 | 14,44 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 23,37 | 52,17 | 24,46 | 100 |
| F-50E-50D | 13,42 | 31,23 | 13,87 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 22,93 | 53,37 | 23,70 | 100 |
| F-25E-75D | 13,02 | 28,03 | 14,73 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 23,34 | 50,25 | 26,41 | 100 |
| F-0E-100D | 13,39 | 24,14 | 15,60 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 25,20 | 45,44 | 29,36 | 100 |
| F-75E-25F | 14,05 | 38,20 | 15,43 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 20,76 | 56,44 | 22,80 | 100 |
| F-50E-50F | 15,55 | 41,40 | 14,81 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 21,67 | 57,69 | 20,64 | 100 |
| F-25E-75F | 14,82 | 39,24 | 14,33 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 21,67 | 57,38 | 20,95 | 100 |
| F-0E-100F | 14,60 | 41,25 | 15,57 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 20,44 | 57,76 | 21,80 | 100 |
| F-75E-25MD | 16,56 | 41,70 | 16,52 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 22,14 | 55,76 | 22,09 | 100 |
| F-50E-50MD | 16,49 | 38,37 | 16,78 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 23,02 | 53,56 | 23,42 | 100 |
| F-25E-75MD | 15,78 | 42,28 | 16,63 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 21,13 | 56,61 | 22,27 | 100 |
| F-0E-100MD | 28,01 | 65,03 | 17,36 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 25,37 | 58,90 | 15,72 | 100 |

| | Pick y conteos por segundo de fases | | | Factores de intensidad | | | | Reflexion 3 | | | Balance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ~4,7 | ~3,33 | ~2,36 | | | | | | | | |
| | Chl 003 | Mic 003 | Kao 003 | I Chl | I Mic | I Kao | I Scm | % Chl | % Mic | % Kao | Total |
| C-100E-0D | 22,19 | 35,34 | 17,05 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,75 | 47,39 | 22,86 | 100 |
| C-75E-25D | 20,38 | 35,55 | 16,33 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,20 | 49,20 | 22,60 | 100 |
| C-50E-50D | 18,95 | 35,63 | 16,01 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 26,85 | 50,47 | 22,68 | 100 |
| C-25E-75D | 17,98 | 35,71 | 15,46 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 26,00 | 51,64 | 22,36 | 100 |
| C-0E-100D | 17,80 | 35,78 | 15,41 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 25,80 | 51,86 | 22,34 | 100 |
| C-75E-25F | 20,48 | 34,93 | 15,67 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,81 | 49,14 | 22,05 | 100 |
| C-50E-50F | 18,97 | 34,89 | 15,89 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 27,20 | 50,02 | 22,78 | 100 |
| C-25E-75F | 18,87 | 35,12 | 17,57 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 26,37 | 49,08 | 24,55 | 100 |
| C-0E-100F | 19,86 | 30,94 | 18,90 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,49 | 44,39 | 27,12 | 100 |
| C-75E-25MD | 24,26 | 41,77 | 17,08 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,19 | 50,26 | 20,55 | 100 |
| C-50E-50MD | 27,38 | 45,84 | 16,47 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,53 | 51,11 | 18,36 | 100 |
| C-25E-75MD | 28,02 | 48,79 | 16,09 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,16 | 52,52 | 17,32 | 100 |
| C-0E-100MD | 31,62 | 50,96 | 15,95 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 32,09 | 51,72 | 16,19 | 100 |

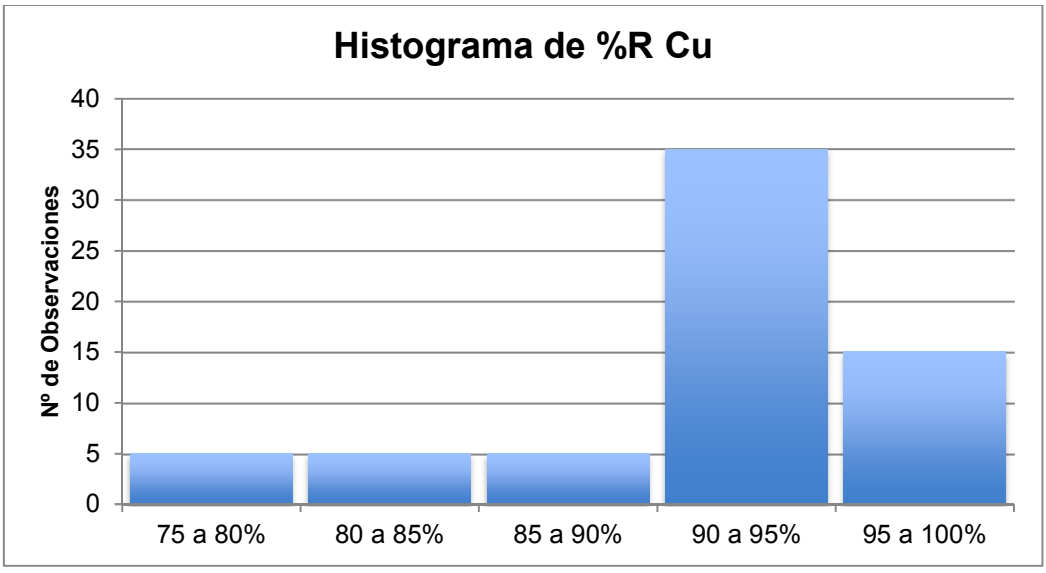
| | Pick y conteos por segundo de fases | | | Factores de intensidad | | | | Reflexion 3 | | | Balance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ~4,7 | ~3,33 | ~2,36 | | | | | | | | |
| | Chl 003 | Mic 003 | Kao 003 | I Chl | I Mic | I Kao | I Scm | % Chl | % Mic | % Kao | Total |
| T1-100E-0D | 28,46 | 42,00 | 15,00 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 33,30 | 49,15 | 17,55 | 100 |
| T1-75E-25D | 29,26 | 52,31 | 14,70 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,39 | 54,34 | 15,27 | 100 |
| T1-50E-50D | 27,82 | 56,39 | 13,87 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,36 | 57,49 | 14,14 | 100 |
| T1-25E-75D | 24,95 | 60,69 | 14,53 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 24,91 | 60,59 | 14,51 | 100 |
| T1-0E-100D | 22,39 | 65,69 | 14,26 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 21,88 | 64,19 | 13,93 | 100 |
| T1-75E-25F | 29,12 | 57,93 | 14,73 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,61 | 56,92 | 14,47 | 100 |
| T1-50E-50F | 28,16 | 54,11 | 14,70 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,04 | 55,80 | 15,16 | 100 |
| T1-25E-75F | 25,54 | 46,69 | 14,37 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,49 | 53,91 | 16,59 | 100 |
| T1-0E-100F | 24,24 | 39,52 | 12,71 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 31,70 | 51,68 | 16,62 | 100 |
| T1-75E-25MD | 25,68 | 52,11 | 14,98 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 27,68 | 56,17 | 16,15 | 100 |
| T1-50E-50MD | 32,11 | 58,28 | 14,72 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,55 | 55,45 | 14,00 | 100 |
| T1-25E-75MD | 32,83 | 58,2 | 15,27 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,88 | 54,75 | 14,37 | 100 |
| T1-0E-100MD | 35,01 | 47,3 | 16,32 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 35,50 | 47,96 | 16,55 | 100 |

| | Pick y conteos por segundo de fases | | | Factores de intensidad | | | | Reflexion 3 | | | Balance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ~4,7 | ~3,33 | ~2,36 | | | | | | | | |
| | Chl 003 | Mic 003 | Kao 003 | I Chl | I Mic | I Kao | I Scm | % Chl | % Mic | % Kao | Total |
| T2-100E-0D | 28,74 | 46,79 | 13,75 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 32,19 | 52,41 | 15,40 | 100 |
| T2-75E-25D | 27,52 | 59,32 | 15,50 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 26,89 | 57,96 | 15,15 | 100 |
| T2-50E-50D | 23,83 | 56,45 | 13,25 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 25,48 | 60,35 | 14,17 | 100 |
| T2-25E-75D | 22,79 | 60,12 | 14,35 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 23,43 | 61,81 | 14,75 | 100 |
| T2-0E-100D | 22,40 | 66,63 | 14,19 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 21,70 | 64,55 | 13,75 | 100 |
| T2-75E-25F | 26,39 | 55,39 | 13,44 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 27,71 | 58,17 | 14,11 | 100 |
| T2-50E-50F | 25,45 | 50,97 | 14,94 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 27,86 | 55,79 | 16,35 | 100 |
| T2-25E-75F | 25,05 | 45,66 | 13,73 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,67 | 54,07 | 16,26 | 100 |
| T2-0E-100F | 24,58 | 42,65 | 13,13 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,59 | 53,07 | 16,34 | 100 |
| T2-75E-25MD | 30,05 | 63,89 | 15,65 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 27,42 | 58,30 | 14,28 | 100 |
| T2-50E-50MD | 24,48 | 47,90 | 14,93 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,04 | 54,86 | 17,10 | 100 |
| T2-25E-75MD | 34,77 | 57,58 | 15,35 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 32,28 | 53,46 | 14,25 | 100 |
| T2-0E-100MD | 35,15 | 49,84 | 15,77 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 34,88 | 49,46 | 15,65 | 100 |

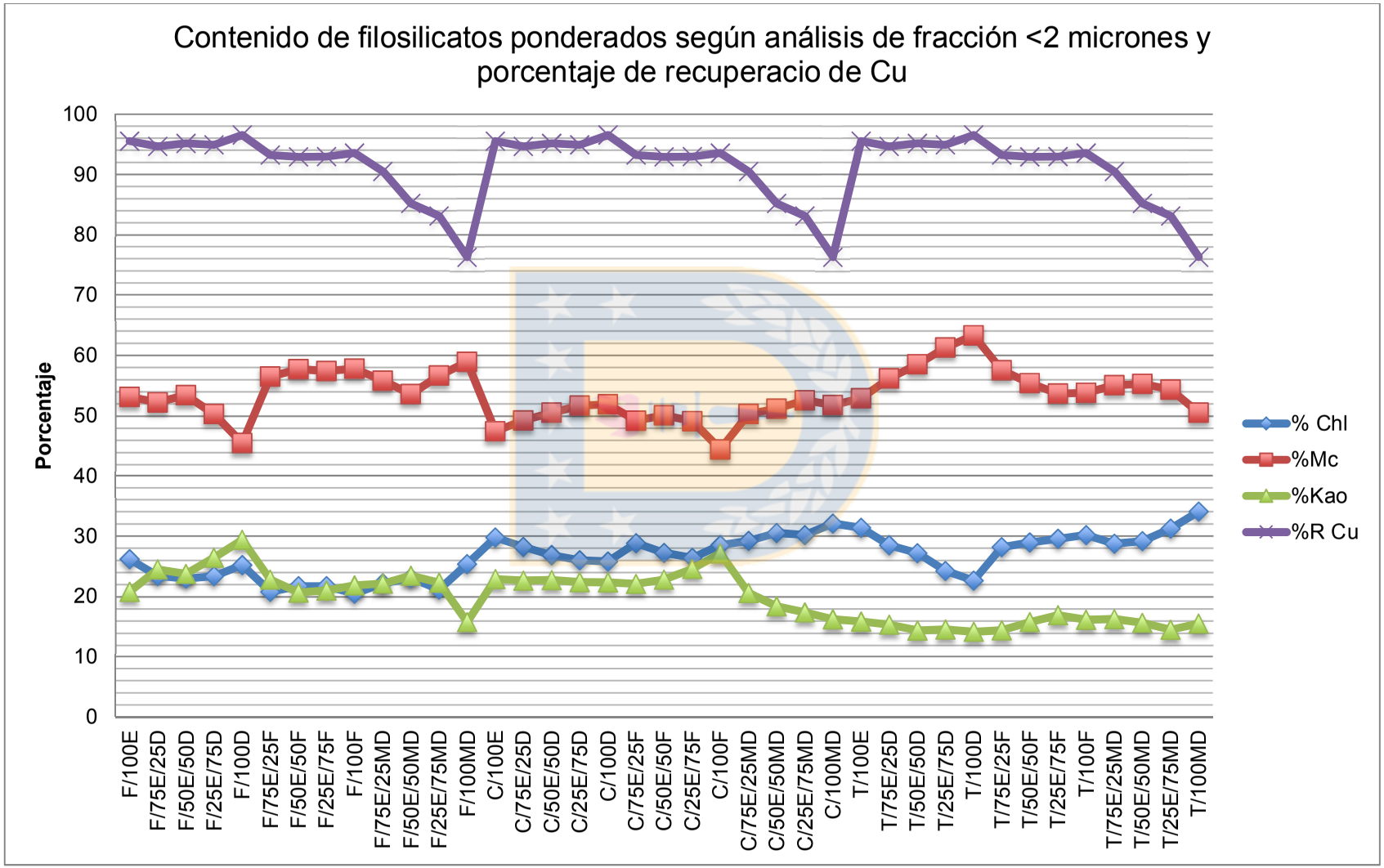
| | Pick y conteos por segundo de fases | | | Factores de intensidad | | | | Reflexion 3 | | | Balance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ~4,7 | ~3,33 | ~2,36 | | | | | | | | |
| | Chl 003 | Mic 003 | Kao 003 | I Chl | I Mic | I Kao | I Scm | % Chl | % Mic | % Kao | Total |
| T3-100E-0D | 25,99 | 51,84 | 13,13 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,57 | 56,99 | 14,43 | 100 |
| T3-75E-25D | 23,65 | 47,11 | 13,02 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,23 | 56,23 | 15,54 | 100 |
| T3-50E-50D | 25,71 | 53,39 | 13,66 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 27,72 | 57,56 | 14,73 | 100 |
| T3-25E-75D | 23,60 | 59,72 | 13,84 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 24,29 | 61,47 | 14,24 | 100 |
| T3-0E-100D | 21,81 | 55,10 | 13,21 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 24,20 | 61,14 | 14,66 | 100 |
| T3-75E-25F | 26,64 | 54,48 | 13,75 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,08 | 57,43 | 14,49 | 100 |
| T3-50E-50F | 27,69 | 50,42 | 14,47 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,91 | 54,46 | 15,63 | 100 |
| T3-25E-75F | 23,22 | 41,61 | 13,95 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 29,47 | 52,82 | 17,71 | 100 |
| T3-0E-100F | 27,66 | 55,43 | 15,02 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,19 | 56,50 | 15,31 | 100 |
| T3-75E-25MD | 28,46 | 46,16 | 16,72 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 31,16 | 50,54 | 18,31 | 100 |
| T3-50E-50MD | 28,82 | 55,29 | 15,72 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 28,87 | 55,38 | 15,75 | 100 |
| T3-25E-75MD | 29,51 | 52,71 | 14,28 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 30,58 | 54,62 | 14,80 | 100 |
| T3-0E-100MD | 32,98 | 55,85 | 14,78 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | 31,83 | 53,90 | 14,27 | 100 |

## B) Histograma de recuperacion de Cu.

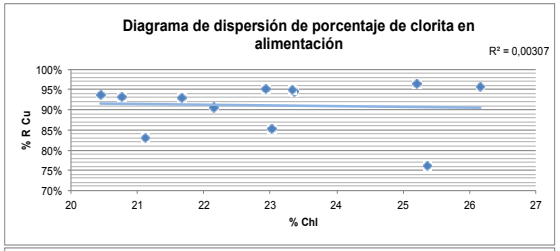
| Re Cu | Nº obs | Nº obs Ac. | % | % Ac. |
|---|---|---|---|---|
| 75% a 80% | 5 | 5 | 7,7% | 0,07692 |
| 80% a 85% | 5 | 10 | 7,7% | 15,39% |
| 85% a 90% | 5 | 15 | 7,7% | 23,08% |
| 90% a 95% | 35 | 50 | 53,8% | 76,92% |
| 95% a 100% | 15 | 65 | 23,1% | 100,00% |

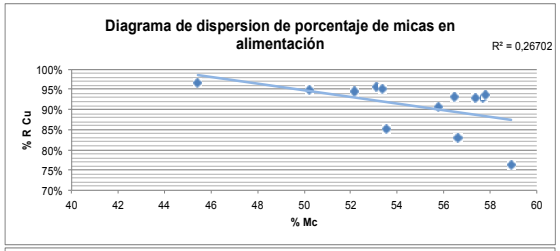


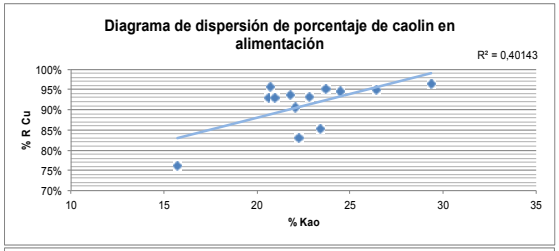
**C) Gráfico de contenido de filosilicatos ponderados.**

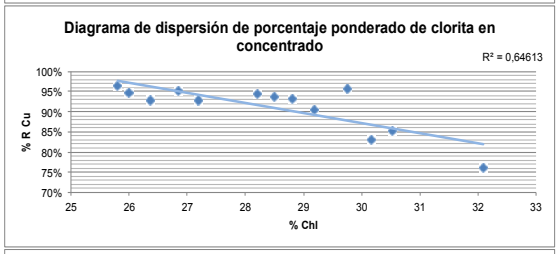


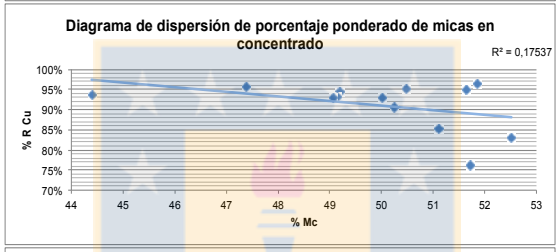
## D) Gráficos de dispersion según análisis de fracción menor a 2 micrones.

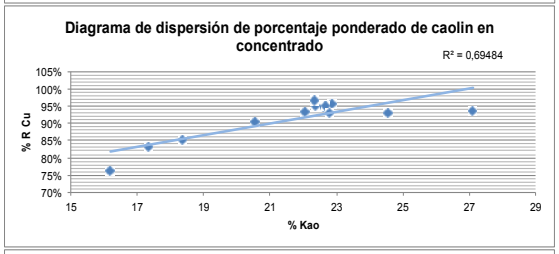


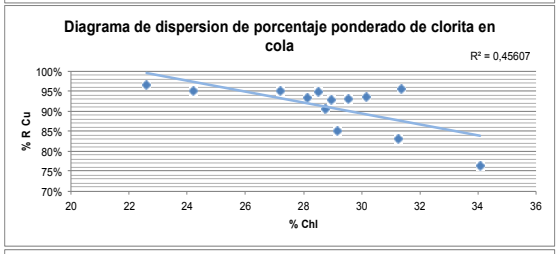



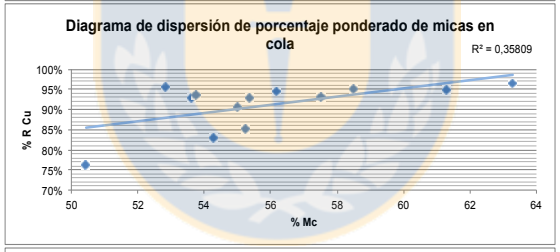



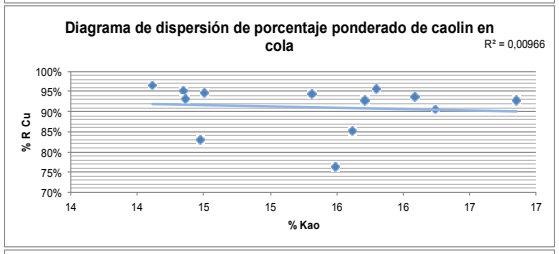



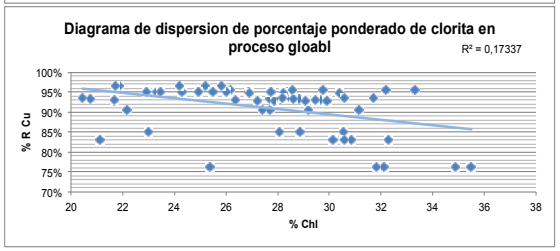



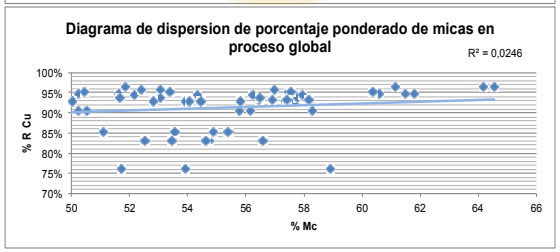



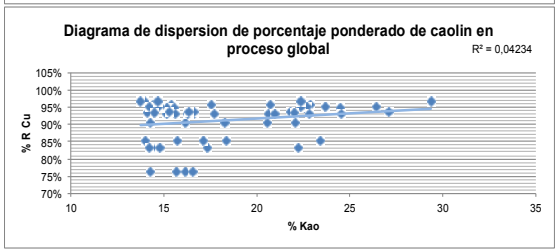



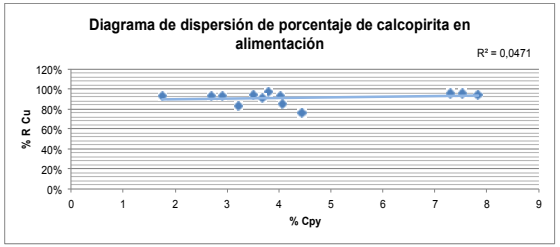



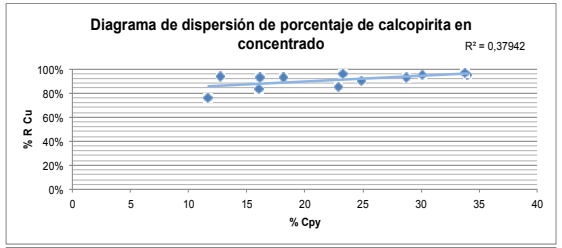



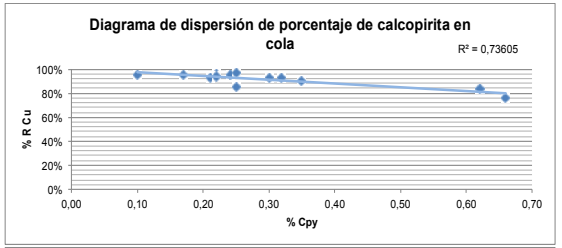



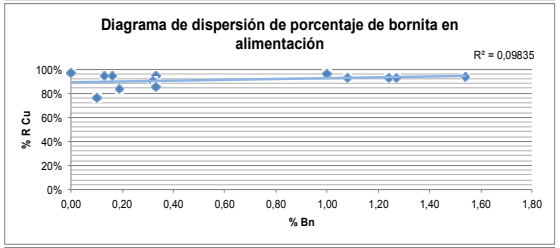



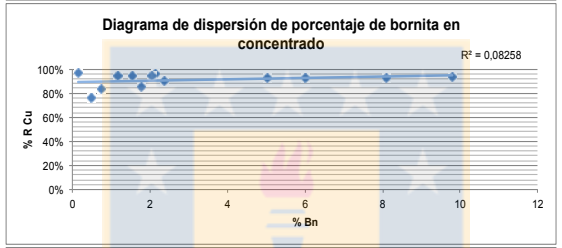
## E) Gráficos de dispersión según análisis de mineralogía por Qemscan.

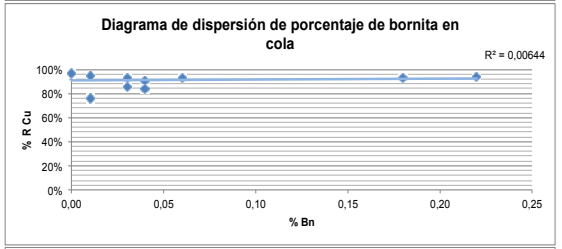


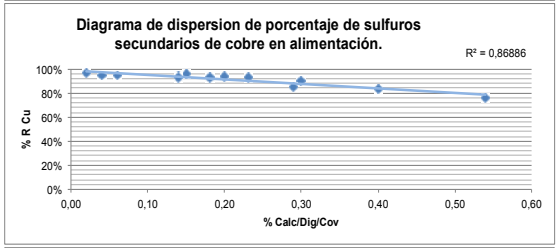



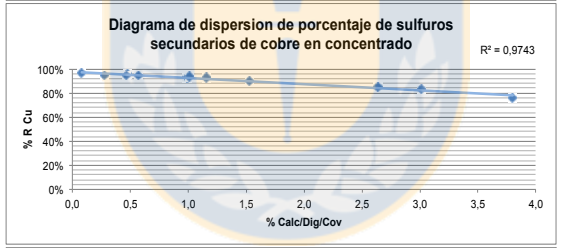



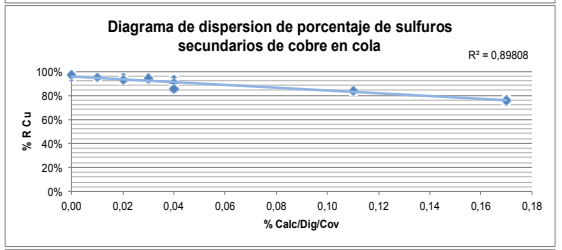



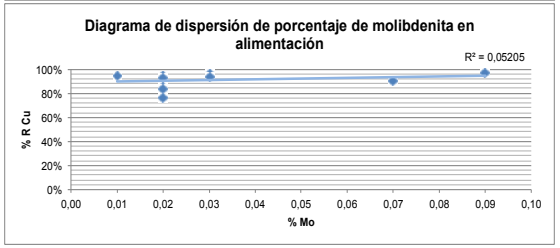



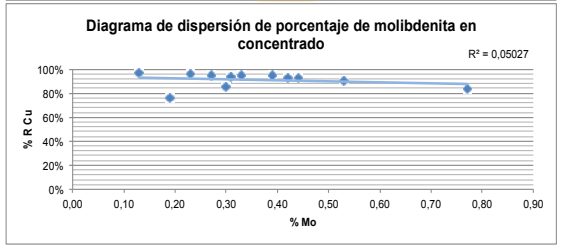



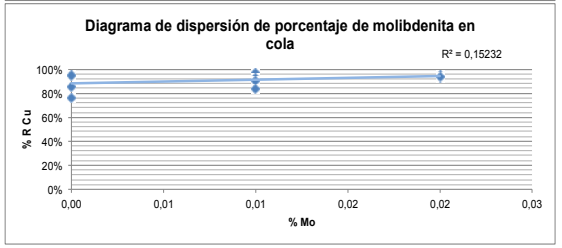



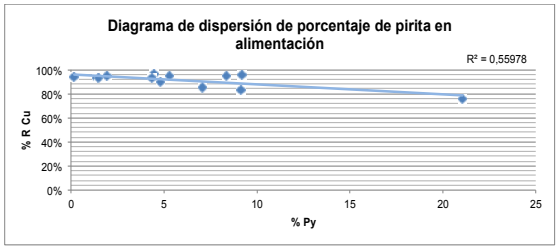


Diagrama de dispersión de porcentaje de pirita en alimentación
R² = 0,55978
% R Cu
% Py

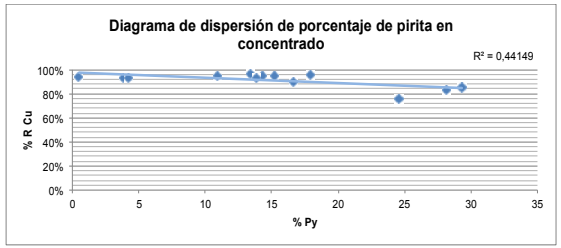


Diagrama de dispersión de porcentaje de pirita en concentrado
R² = 0,44149
% R Cu
% Py

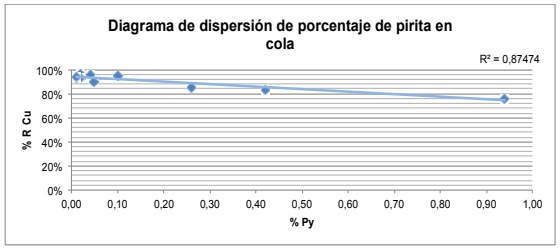


Diagrama de dispersión de porcentaje de pirita en cola
R² = 0,87474
% R Cu
% Py

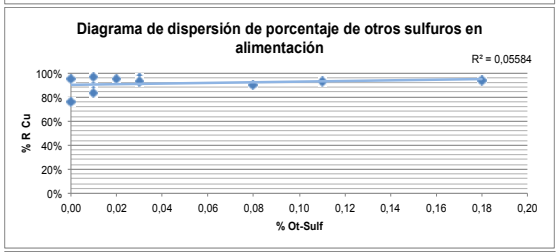


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros sulfuros en alimentación
R² = 0,05584
% R Cu
% Ot-Sulf

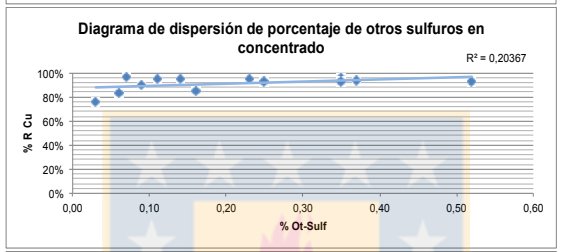


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros sulfuros en concentrado
R² = 0,20367
% R Cu
% Ot-Sulf

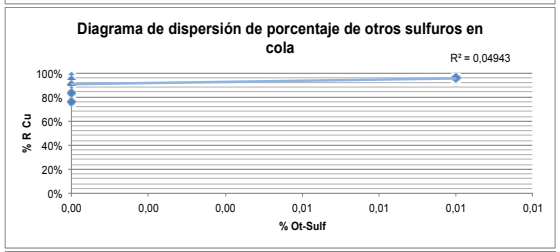


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros sulfuros en cola
R² = 0,04943
% R Cu
% Ot-Sulf

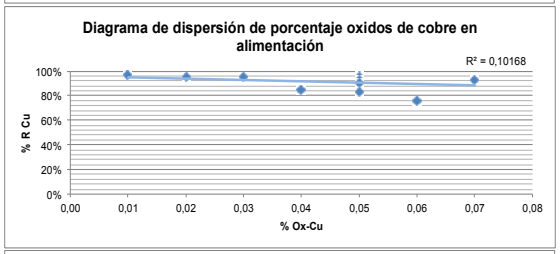


Diagrama de dispersión de porcentaje oxidos de cobre en alimentación
R² = 0,10168
% R Cu
% Ox-Cu

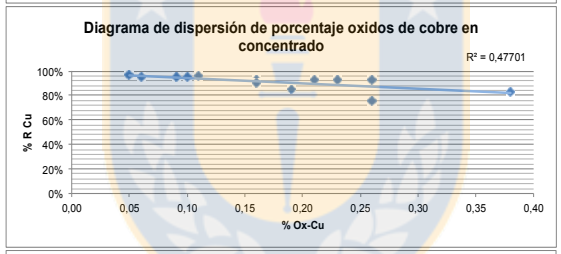


Diagrama de dispersión de porcentaje oxidos de cobre en concentrado
R² = 0,47701
% R Cu
% Ox-Cu

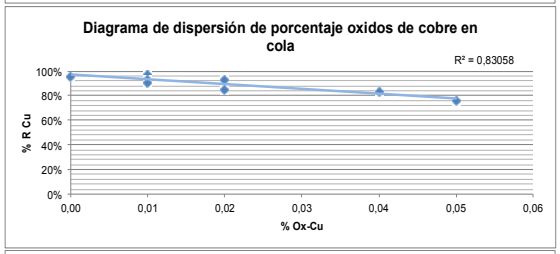


Diagrama de dispersión de porcentaje oxidos de cobre en cola
R² = 0,83058
% R Cu
% Ox-Cu

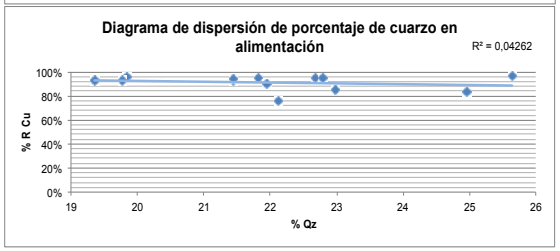


Diagrama de dispersión de porcentaje de cuarzo en alimentación
R² = 0,04262
% R Cu
% Qz

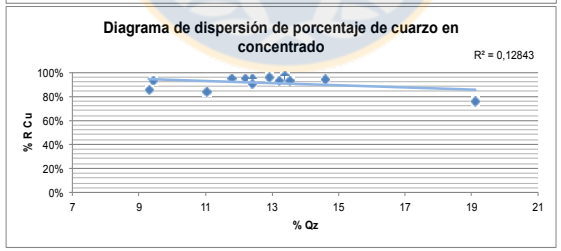


Diagrama de dispersión de porcentaje de cuarzo en concentrado
R² = 0,12843
% R Cu
% Qz

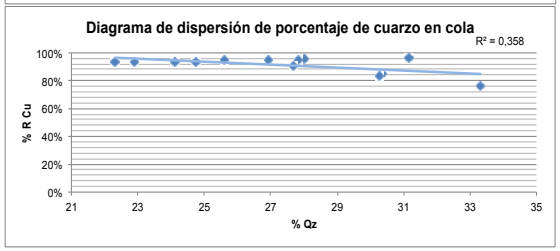


Diagrama de dispersión de porcentaje de cuarzo en cola
R² = 0,358
% R Cu
% Qz

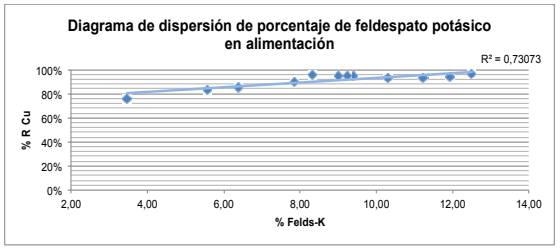


Diagrama de dispersión de porcentaje de feldespato potásico en alimentación
R² = 0,73073
% R Cu
% Felds-K

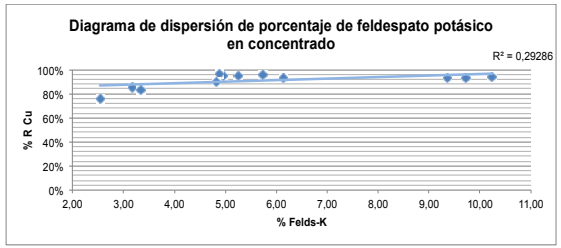


Diagrama de dispersión de porcentaje de feldespato potásico en concentrado
R² = 0,29286
% R Cu
% Felds-K

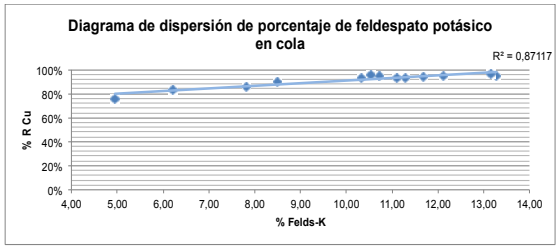


Diagrama de dispersión de porcentaje de feldespato potásico en cola
R² = 0,87117
% R Cu
% Felds-K

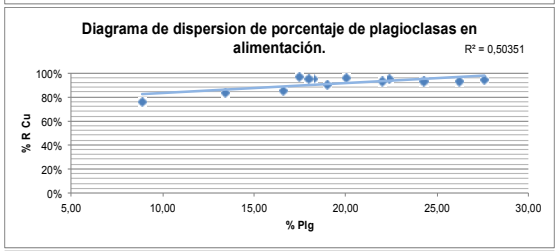


Diagrama de dispersion de porcentaje de plagioclasas en alimentación.
R² = 0,50351
% R Cu
% Plg

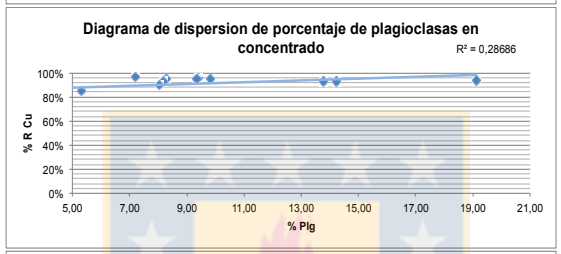


Diagrama de dispersion de porcentaje de plagioclasas en concentrado
R² = 0,28686
% R Cu
% Plg

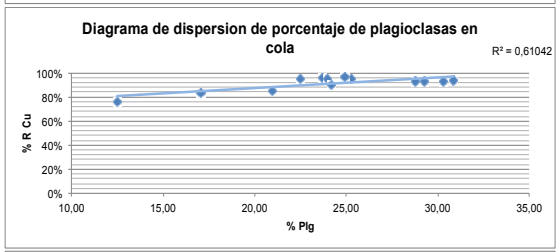


Diagrama de dispersion de porcentaje de plagioclasas en cola
R² = 0,61042
% R Cu
% Plg

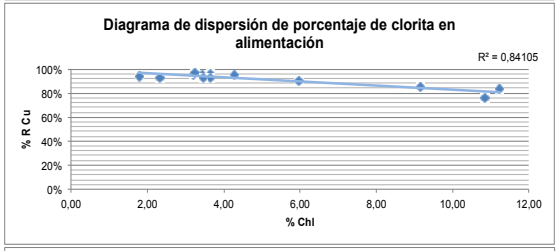


Diagrama de dispersión de porcentaje de clorita en alimentación
R² = 0,84105
% R Cu
% Chl

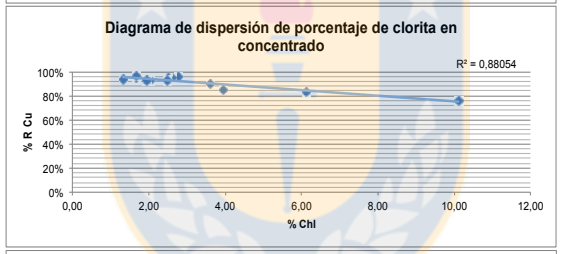


Diagrama de dispersión de porcentaje de clorita en concentrado
R² = 0,88054
% R Cu
% Chl

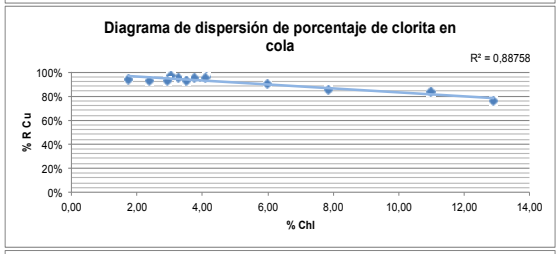


Diagrama de dispersión de porcentaje de clorita en cola
R² = 0,88758
% R Cu
% Chl

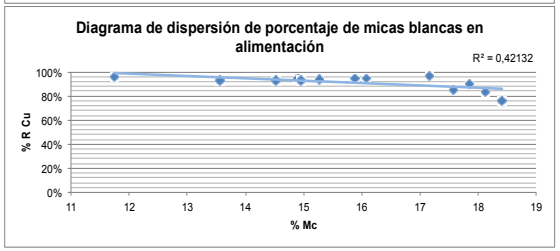


Diagrama de dispersión de porcentaje de micas blancas en alimentación
R² = 0,42132
% R Cu
% Mc

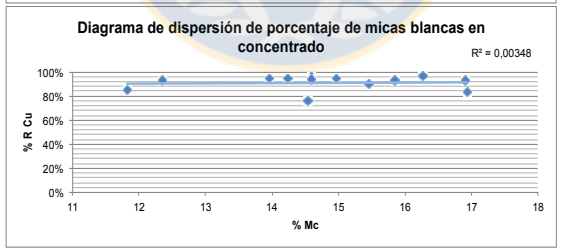


Diagrama de dispersión de porcentaje de micas blancas en concentrado
R² = 0,00348
% R Cu
% Mc

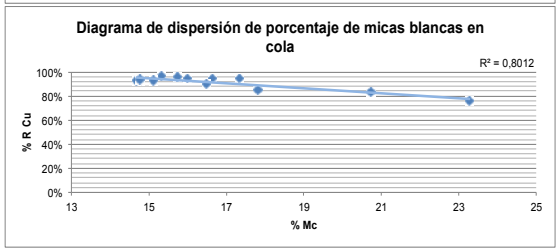


Diagrama de dispersión de porcentaje de micas blancas en cola
R² = 0,8012
% R Cu
% Mc

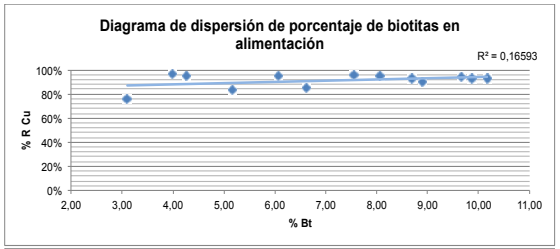


Diagrama de dispersión de porcentaje de biotitas en alimentación
R² = 0,16593
% R Cu
% Bt

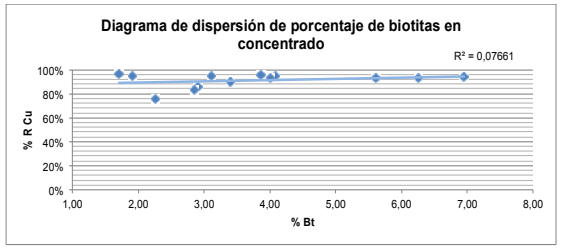


Diagrama de dispersión de porcentaje de biotitas en concentrado
R² = 0,07661
% R Cu
% Bt

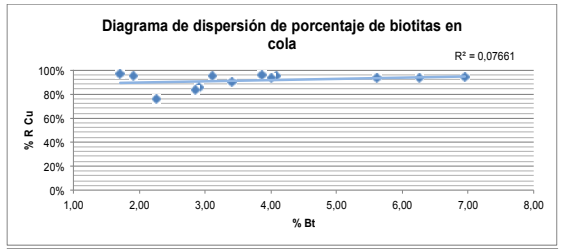


Diagrama de dispersión de porcentaje de biotitas en cola
R² = 0,07661
% R Cu
% Bt

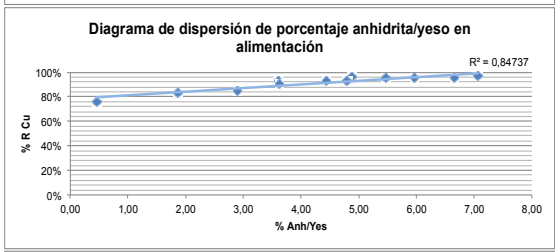


Diagrama de dispersión de porcentaje anhidrita/yeso en alimentación
R² = 0,84737
% R Cu
% Anh/Yes

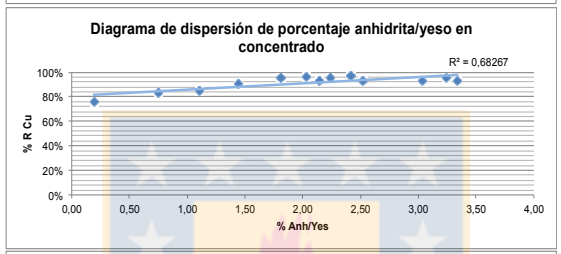


Diagrama de dispersión de porcentaje anhidrita/yeso en concentrado
R² = 0,68267
% R Cu
% Anh/Yes

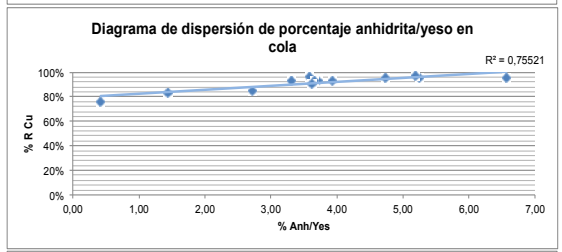


Diagrama de dispersión de porcentaje anhidrita/yeso en cola
R² = 0,75521
% R Cu
% Anh/Yes

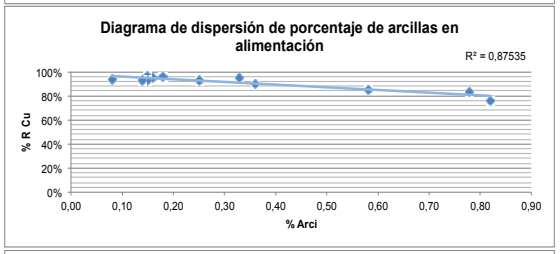


Diagrama de dispersión de porcentaje de arcillas en alimentación
R² = 0,87535
% R Cu
% Arci

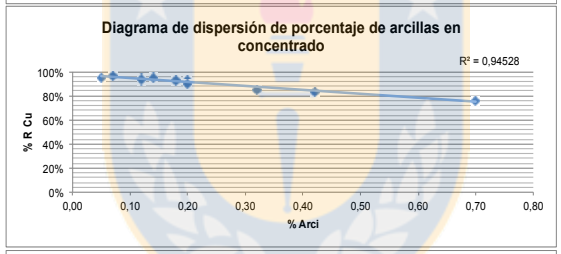


Diagrama de dispersión de porcentaje de arcillas en concentrado
R² = 0,94528
% R Cu
% Arci

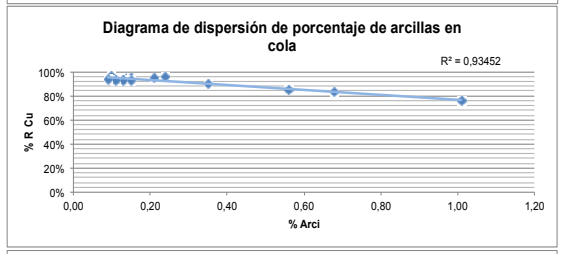


Diagrama de dispersión de porcentaje de arcillas en cola
R² = 0,93452
% R Cu
% Arci

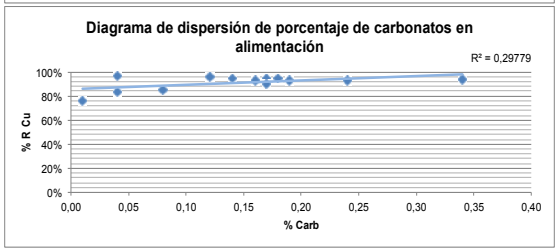


Diagrama de dispersión de porcentaje de carbonatos en alimentación
R² = 0,29779
% R Cu
% Carb

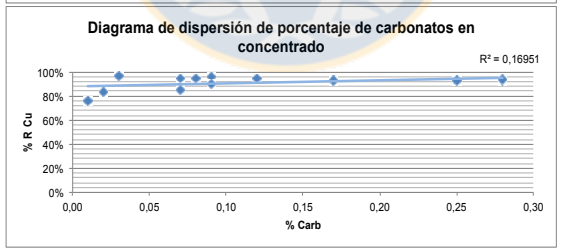


Diagrama de dispersión de porcentaje de carbonatos en concentrado
R² = 0,16951
% R Cu
% Carb

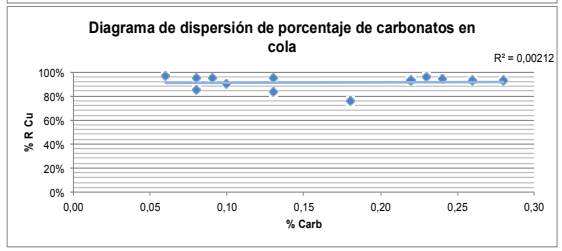


Diagrama de dispersión de porcentaje de carbonatos en cola
R² = 0,00212
% R Cu
% Carb

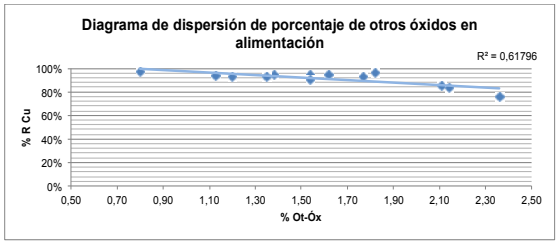


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros óxidos en alimentación
R² = 0,61796
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,50 0,70 0,90 1,10 1,30 1,50 1,70 1,90 2,10 2,30 2,50
% Ot-Óx

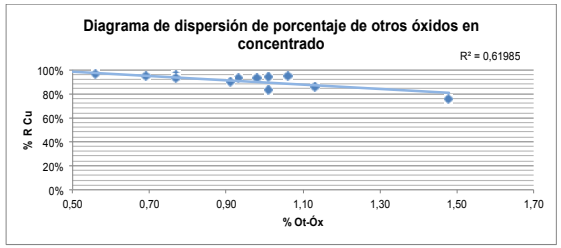


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros óxidos en concentrado
R² = 0,61985
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,50 0,70 0,90 1,10 1,30 1,50 1,70
% Ot-Óx

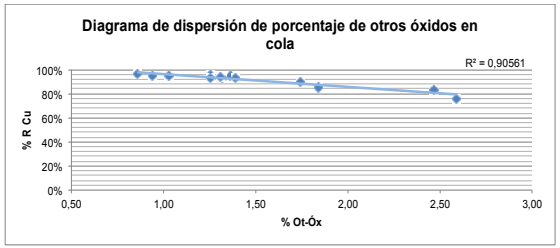


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros óxidos en cola
R² = 0,90561
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00
% Ot-Óx

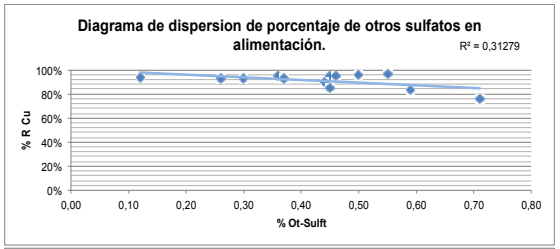


Diagrama de dispersion de porcentaje de otros sulfatos en alimentación.
R² = 0,31279
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80
% Ot-Sulft

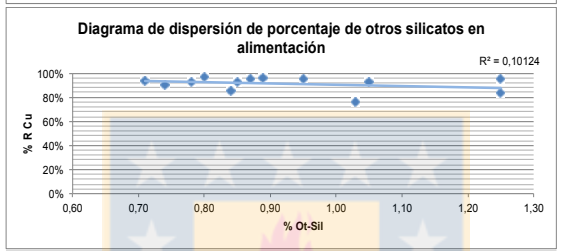


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros silicatos en alimentación
R² = 0,10124
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30
% Ot-Sil

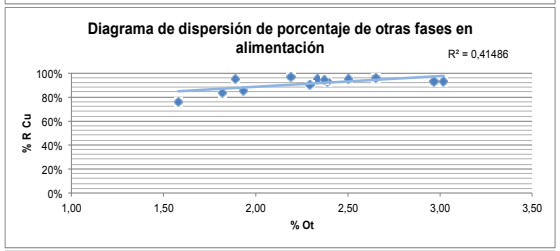


Diagrama de dispersión de porcentaje de otras fases en alimentación
R² = 0,41486
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50
% Ot

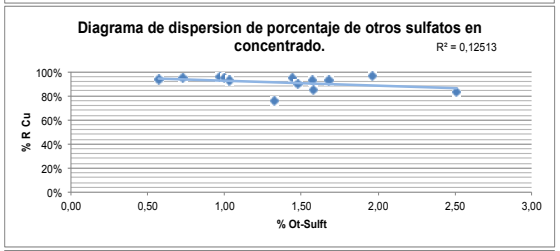


Diagrama de dispersion de porcentaje de otros sulfatos en concentrado.
R² = 0,12513
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00
% Ot-Sulft

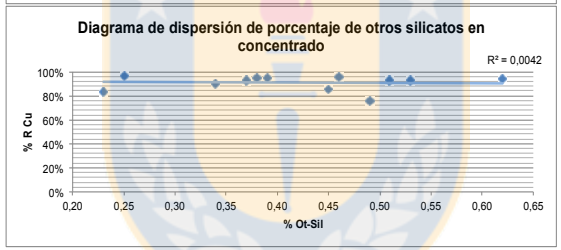


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros silicatos en concentrado
R² = 0,0042
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,20 0,25 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60 0,65
% Ot-Sil

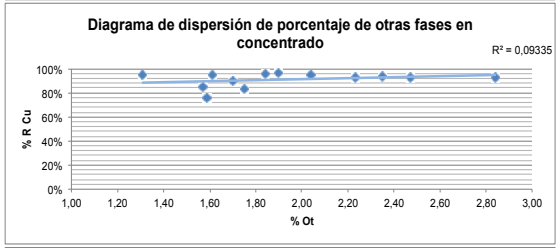


Diagrama de dispersión de porcentaje de otras fases en concentrado
R² = 0,09335
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1,00 1,20 1,40 1,60 1,80 2,00 2,20 2,40 2,60 2,80 3,00
% Ot

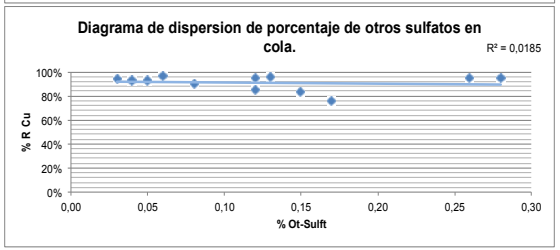


Diagrama de dispersion de porcentaje de otros sulfatos en cola.
R² = 0,0185
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,00 0,05 0,10 0,15 0,20 0,25 0,30
% Ot-Sulft

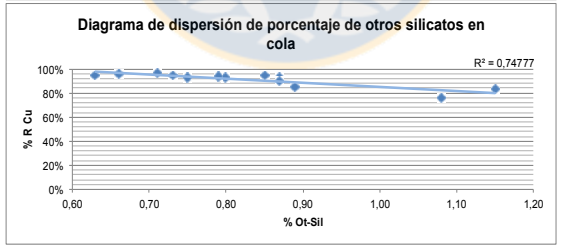


Diagrama de dispersión de porcentaje de otros silicatos en cola
R² = 0,74777
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20
% Ot-Sil

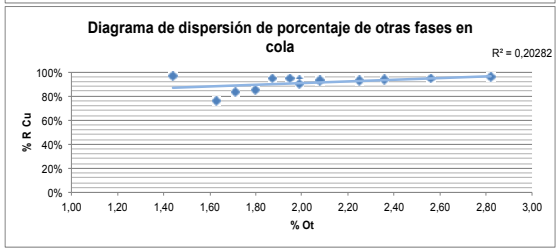


Diagrama de dispersión de porcentaje de otras fases en cola
R² = 0,20282
% R Cu
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1,00 1,20 1,40 1,60 1,80 2,00 2,20 2,40 2,60 2,80 3,00
% Ot